



Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

COPIA SIMPLE DEL ACTA DE OTORGAMIENTO DE NIVEL LICENCIATURA

UNIDAD ACADÉMICA DE
ECONOMÍA

ACTA NO. 83744

ACTA DE OTORGAMIENTO
DE NIVEL LICENCIATURA EN
LICENCIATURA EN
ECONOMÍA

A la C. MARTINEZ OLVERA GUADALUPE VIRIDIANA.

En la ciudad de Zacatecas, Zac., a veintisiete días del mes de junio del año dos mil veinticuatro, reunidos en Jurado de Examen los CC. M. EN C. PEDRO PLATA PEREZ, M. EN C. SANDRA VERONICA GARCIA CABRERA, LIC. CLAUDIA LUCÍA ESPARZA VELA, M. EN C. MARIA DEL CARMEN ARREOLA MEDINA, LIC. LAURA LILIANA VILLA VAZQUEZ. Bajo la presidencia del último y en cumplimiento del Acuerdo de la Rectoría de la Universidad Autónoma de Zacatecas, "Francisco García Salinas", de fecha veinte del mes de junio del año dos mil veinticuatro, se procedió a practicar EXAMEN PROFESIONAL DE TESIS DE LA LICENCIATURA EN LICENCIATURA EN ECONOMÍA.

A la C. MARTINEZ OLVERA GUADALUPE VIRIDIANA.

De conformidad con lo dispuesto por los artículos 188 fracción I del Estatuto General Vigente; 149 al 165 del Reglamento Escolar General; y una vez que se cumplió con la evaluación, el jurado tuvo a bien:


APROBARLA POR UNANIMIDAD

Otorgando a la C. MARTINEZ OLVERA GUADALUPE VIRIDIANA el nivel de LICENCIATURA EN LICENCIATURA EN ECONOMÍA.

Lo que hizo saber al sustentante, firmando las personas que formaron parte del jurado:


LIC. LAURA LILIANA VILLA VAZQUEZ
CED. PROF. 7244269
PRESIDENTE

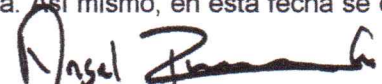

M. EN C. MARIA DEL CARMEN ARREOLA MEDINA
CED. PROF. 12337218
SECRETARIA


LIC. CLAUDIA LUCÍA ESPARZA VELA
CED. PROF. 7942112
VOCAL


M. EN C. SANDRA VERONICA GARCIA CABRERA
CED. PROF. 7585661
VOCAL


M. EN C. PEDRO PLATA PEREZ
CED. PROF. 8125363
VOCAL

Leída que fue el acta anterior y habiendo sido protestado al sustentante en forma, para el fiel y leal desempeño del nivel, cuyo título en esta fecha adquiere, habiendo aceptado las responsabilidades inherentes a éste, los miembros del jurado acordaron hacer entrega de la documentación respectiva. Así mismo, en esta fecha se entregó copia certificada de la presente acta.


DR. ANGEL ROMAN GUTIERREZ
SECRETARIO GENERAL DE LA U.A.Z.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

“Francisco García Salinas”

UNIDAD ACADÉMICA DE ECONOMÍA

**INCORPORACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS A LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA EN MÉXICO, 2000-2023**

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN ECONOMÍA

PRESENTA:

GUADALUPE VIRIDIANA MARTÍNEZ OLVERA

ASESORA:

DRA. LAURA LILIANA VILLA VÁZQUEZ

ZACATECAS, ZAC., JUNIO DE 2024

Dra. Samanta Deciré Bernal Ayala
Coordinadora del Departamento Escolar Central
Universidad Autónoma de Zacatecas
P r e s e n t e

Los que suscriben, revisores y asesora del trabajo de investigación de la C. Guadalupe Viridiana Martínez Olvera, titulado **“Incorporación de las nanotecnologías a la industria alimentaria en México, 2000-2023”**, hacemos de su conocimiento que se han atendido las sugerencias y recomendaciones que el Comité de Revisión le ha formulado a su trabajo, por lo que se autoriza su impresión para que en la fecha que se disponga, sea presentada ante el jurado nombrado para tal efecto.

Sin otro particular, le reiteramos las seguridades de nuestra mayor consideración.

ATENTAMENTE
Zacatecas, Zac., a 10 de junio del 2024.



M.C. María del Carmen Arreola Medina
Revisora



M.D.G.P.T. Claudia Lucía Esparza Vela
Revisora



M.C. Sandra Verónica García Cabrera
Revisora



Dr. Pedro Plata Pérez
Revisor



Dra. Laura Liliana Villa Vázquez
Asesora

Agradecimientos

La educación es el mejor aliado de todo ser humano, su camino no es sencillo. A lo largo del mismo, te encuentras barreras, situaciones no planeadas entre otras cosas. Pero existen personas especiales que te hacen recordar por qué vale la pena continuar.

Por eso quiero agradecer a mi familia con mucho cariño. Principalmente, a Laura Patricia mi madre, Antonia Olvera, mi segunda madre, y Héctor Alonso mi esposo, quienes me han acompañado en todos los aspectos desde el inicio de formación universitaria. Agradezco todos los momentos en que me apoyaron incondicionalmente y sus palabras llenas de motivación que me alentaron a continuar hasta el final.

A mis hermanos, Mauricio Antonio y Wendy Nayely, por sus consejos y palabras, por motivarme y hacerme sentir que yo podría con cualquier obstáculo. A mí tía, Fátima del Rosario, porque gracias a su ayuda inicie esta trayectoria llamada universidad. A mis sobrinos Keyli Yareli y Yoab Neftalí por motivarme.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a la Fundación BBVA, por otorgarme la oportunidad de ser una de sus becarias, con lo que me abrió la posibilidad de continuar estudiando.

De igual manera agradezco enormemente a mis profesores y amigos, quienes han estado conmigo cada día durante mi estancia en esta universidad.

Un agradecimiento especial para la Dra. Laura Liliana Villa Vázquez, por asesorarme, ayudarme y apoyarme a lo largo de este proyecto. Su experiencia, dedicación y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo del presente trabajo.

Gracias todos y cada uno de ustedes por estar conmigo en esta trayectoria y contar siempre con su motivación y apoyo. Siempre estaré agradecida.

Este trabajo es el fruto de una investigación, la cual ha sido posible gracias al apoyo proporcionado por el proyecto Ciencia de Frontera 2019, número 304320, “Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México” apoyado por el Fondo FORDECYT-PRONACES/CONAHCYT.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a CONAHCYT por su generoso financiamiento y respaldo, sin los cuales esta investigación no habría sido posible. Su apoyo ha sido fundamental para llevar a cabo este proyecto, permitiéndome avanzar en el conocimiento y contribuir al desarrollo científico en nuestra área de estudio.

Agradezco también a todas las personas y entidades involucradas por su colaboración y dedicación en este proceso.

Índice General

Introducción	10
Planteamiento del problema	11
Preguntas de Investigación	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Justificación.....	16
Hipótesis	17
Marco Conceptual.....	17
Diseño de Investigación	19
Tipo de Estudio:	19
Área de Estudio:.....	19
Definición y Medición de Variables	20
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	20
CAPÍTULO 1. Industria Alimentaria y la Incorporación de las Nanotecnologías: Oportunidades y Desafíos	21
1.1 Evolución de la Industria Alimentaria en México	21
1.2 Soberanía y Seguridad Alimentaria.....	27
1.3 Las Nanotecnologías; Significado e Implicaciones Económicas, Sociales y Ambientales.....	31
1.4 Las Nanotecnologías en la Industria Alimentaria	38
CAPÍTULO 2. Las Nanotecnologías en México (2000-2023).....	45
2.1 Perspectivas de las Nanotecnologías a nivel internacional.....	45
2.2 Las Nanotecnologías en México: de la Teoría a la Realidad	50

2.3 Empresas que Integran las Nanotecnologías en México	54
2.4 Nano Patentes en México	57
CAPITULO 3. Aplicaciones Nanotecnológicas en la Industria Alimentaria en México, 2000-2023.	63
3.1 Empresas Nano Vanguardistas: Revolucionando el Mercado	63
3.2 Los Nanomateriales Transformando el Mundo de los Alimentos	67
3.3 Resultados y Análisis	72
Conclusiones	82
Referencias.....	86
ANEXO	97

Índice de Tablas

Tabla 1. Definición de variables de estudio	20
Tabla 2. Sectores de la producción de alimentos y aplicación de las Nanotecnologías	41
Tabla 3. Empresas nanotecnológicas según su ubicación en la cadena de valor	55
Tabla 4. Empresas según producción de medios de consumo o producción	56
Tabla 5. Patentes otorgadas en México.....	59
Tabla 6. Patentes de Nanotecnología en México de acuerdo a su concordancia con el sector económico.	61
Tabla 7. Material identificado en productos con Nanotecnología.....	70
Tabla 8. Empresas en sector alimentario.....	72
Tabla 9. Características de empresas que utilizan Nanotecnología en territorio mexicano.....	75
Tabla 10. Tamaño de empresas	77

Tabla 11. Origen de empresas.....	78
Tabla 12. Productos con Nanotecnología en México	79
Tabla 13. Productos importados con Nanotecnología	80
Tabla 14. Productos con posible utilización de las Nanotecnologías.....	80
Tabla 1A. Número de empresas que utilizan Nanotecnología en México por sector	97
Tabla 2A. Número de empresas en México	98
Tabla 3A. Sistematización de empresas con Nanotecnología en México 2023	98

Índice de Figuras

Figura 1. Balanza comercial en México, últimos 30 años	12
Figura 2. País México en Continente Americano	19
Figura 3. Aportación al PIB de la industria alimentaria en México, 2000-2022	23
Figura 4. Balanza comercial de la industria alimentaria en México, 2000-2022	24
Figura 5. Personal ocupado de la industria alimentaria en México	25
Figura 6. Inversión total en industria alimentaria en México	26
Figura 7. Inseguridad alimentaria en México (promedio de tres años)	28
Figura 8. Índice de producción de alimentos en México	29
Figura 9. Publicaciones en Nanotecnología por país (2020-2023)	34
Figura 10. Aplicaciones de las Nanotecnologías en la agricultura moderna de precisión y en aspectos relacionados con la producción de alimentos.....	39
Figura 11. Implementación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria, lo cual involucra el procesamiento de alimentos	40
Figura 12. Propiedad Intelectual	58
Figura 13. Distribución geográfica de la producción científica en Nanotecnología aplicada a la agricultura y la alimentación en México (2004-2020). a)	

Principales instituciones nacionales b) principales instituciones de
colaboración internacional..... 60

Figura 14. Empresas que realizaron actividades relacionadas con el uso de
Nanotecnología 2014-2015 y 2016 66

Introducción

En los últimos años, las Nanotecnologías han experimentado un notable crecimiento, consolidándose como la base de la llamada Cuarta Revolución Industrial. Dichas tecnologías fueron mencionadas por primera vez en 1959, y experimentaron un enorme crecimiento a inicios del siglo XXI en varios países incluyendo México.

Actualmente, estas tecnologías están resaltando en muchos sectores económicos y en diversos países, gracias a su capacidad de manipular la materia a escala molecular, una característica indudablemente eficaz y útil en diversas industrias. Tales cualidades permiten nuevas transformaciones en productos, haciéndola atractiva para su implementación.

Este trabajo presenta un estudio sobre la aplicación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria en México. En este sector, las tecnologías en cuestión han permitido mejorar las propiedades nutricionales de los alimentos y prolongando su vida útil. Asimismo, se examina el papel de las empresas implicadas en la incorporación de las Nanotecnologías en la alimentación, destacando los beneficios tanto para los consumidores como para las organizaciones.

Sin embargo, es importante realizar un análisis social de estas tecnologías, ya que no existe una hegemonía tecnológica que garantice ventajas universales. Por lo tanto, también se abordan los desafíos y riesgos asociados con la incorporación de las Nanotecnologías, especialmente en cuanto a su regulación.

Esta investigación pretende recopilar información relevante sobre el desarrollo de las Nanotecnologías en el sector alimentario, cómo se incorporan y sobre las empresas que las introducen.

Planteamiento del problema

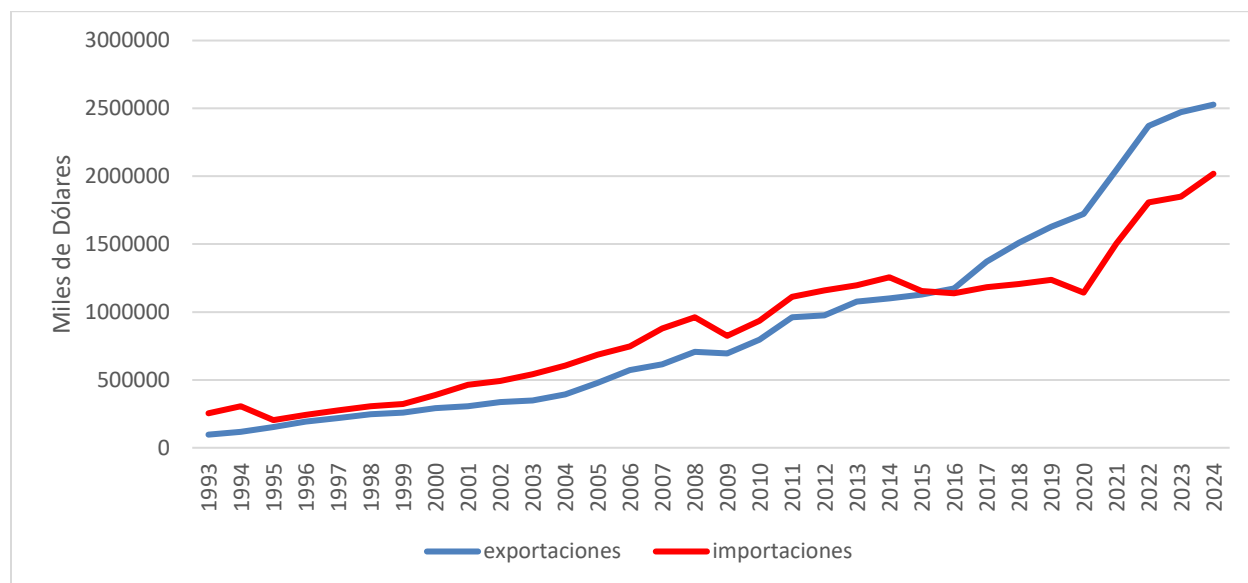
La alimentación es una necesidad primaria y biológica del ser humano en toda su existencia, si bien hay varios tipos de industrias, la de alimentos representa un sector clave a nivel mundial, “la industria alimentaria se refiere al conjunto de productos agrícolas, pecuario o marino para el consumo humano directo y que han pasado por un proceso de transformación industrial, donde se haya incorporado un insumo a la materia prima básica” (Torres Torres et al., 1997, p. 19).

En la actualidad la mayor parte de productos alimenticios que se consumen en la sociedad han pasado por este proceso de transformación, adaptación y actualización a las necesidades de las personas. Estos avances industriales generan posibilidades a un mayor comercio internacional.

El comportamiento de la balanza comercial de la industria alimentaria en México tuvo un cambio significativo a inicios de los años 2015 y 2016. Como se puede observar en la figura 1, en las últimas tres décadas, México ha experimentado un notable crecimiento en su balanza comercial, desde 1993, donde ambos indicadores (importación y exportación) han mostrado una tendencia ascendente. Entre 1993 y 2000, se observó un déficit comercial, una situación que continuó en la primera década del 2014. Sin embargo, durante el período de 2015 a 2016, se observa cómo las exportaciones igualaban a las importaciones, reflejando un equilibrio en la balanza comercial.

A partir de 2020, las exportaciones mexicanas crecieron de manera acelerada, especialmente en 2021 y 2022, generando un superávit comercial.

Figura 1. Balanza comercial en México, últimos 30 años



Nota: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2024. Banco de información Económica. Banco de Información Económica (BIE) (inegi.org.mx).

Torres Torres et al. (1997) señalan que México es un mercado significativo debido a su participación en las importaciones de alimentos en grandes empresas. Esto crea la condición para que México sea de los territorios más atractivos para las inversiones de empresas transnacionales. Por ello, México es considerado un espacio privilegiado para la producción y comercialización de alimentos, gracias a la inversión del capital alimentario transnacional.

En base en los datos recopilados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022), la industria alimentaria muestra su importancia a través de diversos indicadores económicos (tales como; PIB, Balanza comercial, empleos, entre otros). Durante el año 2022, este subsector contribuyó con un total de 3.92% en el Producto Interno Bruto (PIB) y un 23.60% en el PIB manufacturero.

De acuerdo con los datos del INEGI (2022), para este año la industria alimentaria en México estaba conformada por 217,477 unidades económicas. Este número representa el 53.74% del total de unidades económicas de la industria manufacturera en el país. Es decir, más de la mitad de las unidades dedicadas a la manufactura pertenecen al sector de alimentos, generando aproximadamente 1,092,943 empleos.

La industrial en general se encuentra en constante evolución, resultado de los propios cambios de los mercados y adicionada con las necesidades humanas cada vez más complejas. En ese marco la industria de la alimentación ha incorporado la innovación con nuevas formas de producir, nuevos materiales y productos.

Záyago y Foladori (2009), señalan, desde una perspectiva técnica, la industria alimentaria argumenta que con la adopción de la Nanotecnología se espera superar las crisis alimentarias, mediante la generación de alimentos más resistentes y de mayor calidad. En este sentido la expectativa que se tiene con la incorporación de las Nanotecnologías en la industria del alimento resulta ambiciosa.

La tecnología en lo diminuto se aplica en la industria con fines de alterar los componentes en una escala molecular, sustituyendo sus propiedades físicas y prácticas. En palabras de Mathias Schulenburg (2004, p. 5), “La Nanotecnología es un nuevo planteamiento centrado en la comprensión y el dominio de las propiedades de la materia a escala nanométrica: un nanómetro (la mil millonésima parte de un metro) viene a ser la longitud de una pequeña molécula”. La creciente presencia de las Nanotecnologías tiene como base los avances significativos y cambios radicales en la ciencia de los materiales. Su evolución se ha propiciado desde la manipulación molecular hasta la conceptualización inicial. De esta manera, los materiales en escala nanométrica presentan propiedades físico-químicas novedosas que no presentan en una escala macro.

En cuanto a la implementación del concepto de Nanotecnología, Risck (2015, p.1) menciona lo siguiente:

La primera mención sobre la Nanotecnología surgió en 1959, durante una conferencia del Dr. Richard Feynman, donde habló acerca de la posibilidad de manipular directamente moléculas; en los años 70's el Dr. Norio Taniguchi fue el primero en utilizar el término Nanotecnología para describir sus investigaciones. A inicios del siglo XXI inició la presencia de la Nanotecnología en México, implantada en empresas innovadoras.

La Nanotecnología forma parte de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. Su principal objetivo es la manipulación de la materia a una escala molecular y nanométrica. Esta tecnología permite modificar la materia, así como sus propiedades de diferentes estructuras y su uso puede servir para crear mejores materiales, crear una mayor producción, generando productos más eficientes. Ojeda et al. (2019, p. 2) señalan

que “en definitiva, esta tecnología ha creado un gran universo de posibilidades en la industria alimentaria con la capacidad de adquirir y transformar el método y la forma en cómo se producen estos alimentos”. Esta tecnología no solo se incorpora en la industria alimentaria, en la actualidad se encuentra en prácticamente todas las ramas de la industria.

La Stat Nano (2023) informa que, existen aproximadamente 11,171 productos con Nanotecnología en el mundo, relacionados con alrededor de 3,910 compañías. En México, se encuentran incluidos en este listado únicamente cuatro elementos en el ámbito agroalimentario: tres variantes de fertilizante de la marca Nubiotek, producidas por la empresa Biotéska, que hacen uso de nanomateriales de hierro, calcio y magnesio; así como un aceite elaborado a partir de cáñamo, empleado como suplemento nutricional, el cual contiene extractos de aceite natural de semillas de la planta Cannabis sativa, perteneciente a la familia del cáñamo, y aceite de coco orgánico (Cocos Nucifera L.), manufacturado por la compañía HempMeds (Anzaldo Montoya & Hernández Adame, 2023).

Mejías Sánchez et al. (2009), señalan que las Nanotecnologías son implementadas principalmente en la elaboración de materiales de uso industrial; en materia eléctrica para generar turbinas eólicas; y en la industria alimentaria para la modificación de alimentos, el envasado, la aportación de nutrientes, etc. Su presencia se encuentra también en el área química y médica.

La tecnología en cuestión es utilizada por la industria alimentaria para la innovación de productos, nuevos ingredientes, nuevas texturas, transformación de sabores, colores e incluso olores, con fin de buscar una mejoría en los alimentos que tiene su aplicación en áreas como la calidad y la seguridad alimentaria, el desarrollo de nuevos productos y el envasado (Almengor, 2009).

El cambio físico de un alimento y el gusto por los consumidores son las principales contribuciones de las Nanotecnologías en este sector. Sin embargo, dichas tecnologías pueden encontrarse con diversos desafíos en torno a la seguridad alimentaria, ya que, al ser una tecnología relativamente nueva las implicaciones y riesgos no se han clarificado con precisión.

La problemática de la incorporación de las Nanotecnologías en México radica en la falta de políticas claras y regulaciones específicas, así como en la necesidad de una mayor inversión en investigación. Esta falta de regulación ha hecho que no todas las empresas acepten la adopción de las Nanotecnologías, creando ambigüedad en los pocos datos con los que se cuentan hasta estos momentos.

Además, muchas empresas no especifican cómo integran las Nanotecnologías en sus productos, especialmente en alimentos, lo que plantea serias dudas en términos de seguridad alimentaria debido a las desconocidas implicaciones y riesgos que pueden generar.

Preguntas de Investigación

1. ¿Qué empresas en México han destacado en innovación en la industria alimentaria mediante el uso de las Nanotecnologías entre 2000 y 2023?
2. ¿Cómo se incorporan las Nanotecnologías en los alimentos?

Objetivo General

- Analizar las empresas que utilizan Nanotecnología en la industria alimentaria en México en el 2000 al 2023, e investigar los procesos mediante los cuales se incorporan las Nanotecnologías en los alimentos.

Objetivos Específicos

- Explorar la dinámica y estructura de la industria alimentaria en México durante 2000-2023, y cómo han incorporado a las Nanotecnologías.
- Analizar las empresas de la industria alimentaria en México que integran Nanotecnologías en sus procesos y productos
- Describir el tipo de aplicaciones Nanotecnológicas que utilizan en la industria alimentaria.

Justificación

La presente investigación es un estudio exploratorio, dado que existen pocos estudios sobre empresas en la industria alimentaria que incorporen Nanotecnología en México.

Realizar un estudio donde se aborde las Nanotecnologías en la industria alimentaria en México es decisivo, dado su potencial para crear cambios drásticos en numerosos aspectos en la producción, en el proceso, en la calidad, seguridad y vida útil de los productos alimenticios. Las Nanotecnologías brindan herramientas más innovadoras que posibilitan la manipulación y conceden mejor control a nivel molecular y nanométrico, lo anterior representa una ventana de oportunidad para el sector alimenticio.

La industria alimentaria mundial está encontrando en la referida tecnología una herramienta de gran valor, ya que le permite una mejor posición en el mercado, a partir de la mejora en la calidad de los alimentos (propiedades físicas y químicas), ampliación de las fechas de consumo e innovaciones en insumos y productos que le posibiliten ampliar sus expectativas de ganancia.

La industria alimentaria es un sector importante para la economía, y las Nanotecnologías se presentan como un recurso que incide en la competitividad en mercados globales.

La adquisición de tecnologías avanzadas eleva la calidad en los productos mexicanos y de esta manera se ve incrementado el valor en el mercado mundial, abriendo mayor oportunidad para un comercio internacional. México depende del exterior en materia tecnológica, es decir, si se incrementa el nivel de tecnificación la expectativa incide en términos de competitividad.

El principal objetivo de los países para promover las tecnologías tiene su base en la expectativa de mayores ganancias y el crecimiento del mercado (Záyago Lau, et al., 2015). En este sentido se considera necesario el estudio sobre la relación de tecnología, en particular las tecnologías en lo diminuto y crecimiento económico, además de cómo las políticas y las decisiones empresariales influyen en el entorno tecnológico tanto de un país como a nivel global. De esta forma se establecen diversas estrategias para poder permanecer y ser más competitivos en una sociedad guiada cada vez por el desarrollo tecnológico.

La importancia de las Nanotecnologías en la industria alimentaria, se divide en dos perspectivas primordiales. En primer lugar, se encuentran los consumidores, para quienes los beneficios se ven representados en aspectos tales como la seguridad alimentaria (con la prevención de enfermedades), prolongación de la vida útil de los alimentos, mayor calidad e innovación en productos. Por otro lado, tenemos a las empresas, si se fortalecen las tecnologías en general, les trae beneficios tales como reducción de costos, mejorar competitividad, promover la innovación y siempre con las expectativas de incrementar las ganancias.

No obstante, es importante considerar los riesgos y consecuencias del uso e incorporación de esta tecnología emergente en los alimentos, sin una regulación adecuada y considerando las externalidades ambientales.

Hipótesis

"La dominancia en la implementación de las Nanotecnologías en el sector alimentario mexicano entre 2000 y 2023 se concentra principalmente en empresas transnacionales establecidas en México, dado que el país es receptivo a inversiones extranjeras. Esta situación ha permitido al sector alimentario mexicano beneficiarse de innovaciones globales, conduciendo a la modernización de procesos y productos, lo cual ha mejorado significativamente la calidad y seguridad alimentaria."

Marco Conceptual

Hoy en día, nuestra sociedad está experimentando importantes cambios y transformaciones. Estos incluyen avances tecnológicos, cambios económicos, sociales y preocupaciones por el medio ambiente. Lo anterior tiene un impacto significativo en la forma en que percibimos y experimentamos la vida cotidiana.

Uno de los aspectos significativos de estas transformaciones son los avances tecnológicos ya que en la actualidad nos encontramos inmersos en la Cuarta Revolución

Industrial dentro de la cual las Nanotecnologías representan el centro. Respecto a las Nanotecnologías Mathias Schulenberg (2004) menciona que:

La Nanotecnología es un nuevo planteamiento centrado en la comprensión y el dominio de las propiedades de la materia a escala nanométrica: un nanómetro (la milmillonésima parte de un metro) viene a ser la longitud de una pequeña molécula. A esta escala, la materia ofrece propiedades diferentes y, muchas veces, sorprendentes. (p. 5)

En este sentido, cabe señalar que no existe un consenso respecto a la definición de Nanotecnologías. Por ejemplo, la Unión Europea (2007) indica que las Nanotecnologías se refieren a la manipulación de átomos y moléculas para crear materiales y nuevas tecnologías. Esta tecnología emergente consiste en construir nanomateriales a una escala extremadamente pequeña, átomo por átomo y molécula por molécula. Por otro lado, la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) en Estados Unidos (2024, p. 1) se refiere a las mismas de la siguiente manera:

La nanotecnología es la comprensión y el control de la materia a nano escala, en dimensiones entre 1 y 100 nanómetros aproximadamente, donde fenómenos únicos permiten aplicaciones novedosas. La materia puede exhibir propiedades físicas, químicas y biológicas inusuales a nano escala, que difieren de manera importante de las propiedades de los materiales a granel, átomos individuales y moléculas.

Las tecnologías están integradas en todos los sectores económicos. Entre ellos se encuentra la rama de la industria alimentaria, misma que integra desde múltiples concepciones a las tecnologías. “El término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios” (Berkowitz, 2012, p. 67). Esta industria al igual que muchas otras se encuentra en constantes cambios en sus procesos, dadas las necesidades, demandas de la sociedad y la innovación en las empresas. Debido a estos cambios se ha decidido implementar las Nanotecnologías en alimentos por medio de nanomateriales. En cuanto a estos últimos, Camacho et al. (2016, p. 16) los define de la siguiente manera:

Por ‘nanomaterial’ se entiende un material natural, secundario o fabricado que contenga partículas sueltas o formando un agregado o aglomerado y en el que el 50% o más de las partículas en la granulometría numérica presente una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 y 100 nm. En casos específicos y cuando se justifique por preocupaciones de medio ambiente, salud, seguridad o competitividad, el umbral de la granulometría numérica del 50% puede sustituirse por un umbral comprendido entre el 1% y el 50%.

En la presente investigación el tema aborda la incorporación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria y su incorporación a las empresas en el territorio mexicano. Asimismo, mostrar la presencia y la colaboración entre empresas, centros de investigación y gobierno, para el desarrollo de las Nanotecnologías en el país.

En este sentido cabe aclarar que en México hoy en día no cuenta con una reglamentación o regulación del uso de las Nanotecnologías.

Diseño de Investigación

Tipo de Estudio: no experimental- longitudinal con diseño de tendencia.

Área de Estudio: México. Este país, ocupa el décimo segundo lugar en producción de alimentos. Con una población total de 126,014,024 personas. Ocupa el lugar número 11 en cuanto a los países más pobladas del mundo. Y cuenta con 217,477 empresas que se dedican a la industria alimentaria (INEGI, 2022).

Figura 2. País México en Continente Americano



Definición y Medición de Variables

Tabla 1. Definición de variables de estudio

Unidad de análisis	Variable
Empresas de la industria	Tamaño de la empresa, número de empresas por tamaño, así como producto.
	Tecnología aplicada (introducción de las Nanotecnologías)
Materia prima (introducción de las Nanotecnologías)	Empaque de alimentos, materiales intermedios de fabricación

Nota: Elaboración propia.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La mayoría de los datos relacionados con las variables económicas de las empresas, como el PIB, la balanza comercial, el empleo y el número de empresas, son recopilados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En cuanto a la información específica de cada empresa, como su tamaño, principales productos y origen, se obtiene mediante diversas búsquedas en plataformas en línea, incluyendo las páginas web oficiales de las empresas.

En México, la falta de una base de datos sobre el uso de las Nanotecnología significa que los detalles sobre los materiales y datos empleados por las empresas, como el número, capacidad, origen, tamaño y sector de las mismas, así como la tecnología aplicada, se recopilan a partir de una variedad de fuentes y artículos diversos. Además, se recurre a la plataforma de ReLANS (Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad), creada por científicos e investigadores, que monitorea el desarrollo, avance y aplicación de las Nanotecnología en toda Latinoamérica.

CAPÍTULO 1. Industria Alimentaria y la Incorporación de las Nanotecnologías: Oportunidades y Desafíos

En el presente capítulo se exponen los conceptos relacionados con las Nanotecnologías y su incorporación en la industria alimenticia. Se divide en cuatro apartados: en el primero aborda la evolución de la industria alimentaria en México, en el segundo se abordan cuestiones como la soberanía y la seguridad alimentaria. En el tercero describen aspectos generales de la Nanotecnología, su significado e implicaciones económicas, sociales y ambientales; y finalmente se expone la incorporación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria.

1.1 Evolución de la Industria Alimentaria en México

La alimentación es un acto fundamental de todo ser humano, por ende, la producción de alimentos representa una actividad económica esencial para cualquier sociedad. Torres Torres et al. (1997), indican que, en 1960, la producción industrial de alimentos contribuyó con aproximadamente el 25% del PIB manufacturero. Sin embargo, en 1975, la industria alcanzó su punto más bajo. A pesar de la caída en 1975, la industria logró recuperarse y comenzó un crecimiento, para 1993 había aumentado su aportación al PIB manufacturero hasta un 20%.

De acuerdo con la información proporcionada por el INEGI en 2022, la industria alimentaria contribuyó a la economía del país con el 22.67% del PIB del sector manufacturero y con el 3.84% al PIB total nacional.

De acuerdo con Soria y Palacio (2014), en las décadas de 1980 y principios de 1990, el sector agropecuario y alimenticio en México desempeñó un papel importante en la economía, ya que experimentó un notable crecimiento. Este período estuvo marcado por la aplicación de políticas de ajuste estructural, donde se observó una significativa privatización y desregulación de la economía. Estas medidas buscaban reestructurar el panorama económico del país (es importante enfatizar que la política agrícola se ve afectada por las políticas económicas generales), con el objetivo de impulsar el desarrollo

y la competitividad en el mercado global. Las políticas de ajuste estructural implementadas durante 1980 y principios de 1990 en México reflejaron un cambio fundamental en la perspectiva económica del país. La apertura hacia la privatización y desregulación marcó un quiebre con el modelo anterior, y posteriormente buscaba adaptar la economía mexicana a un contexto globalizado.

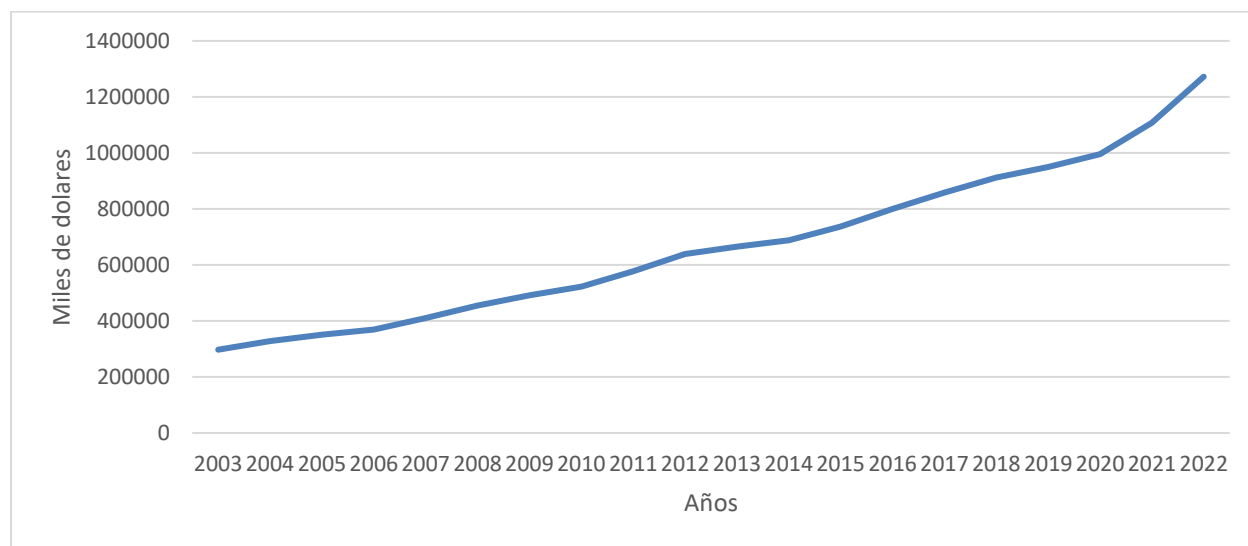
Navarrete Reynoso et al. (2015) analizan el proceso de modernización agrícola en México y argumentan que éste se dio de acuerdo al modelo estadounidense. Según los autores, el objetivo principal de la modernización agrícola en México fue incrementar la productividad del sector para lograr la autosuficiencia alimentaria y, en consecuencia, la soberanía nacional. Para lograr este objetivo, las políticas que se implementaron en México se enfocaron en la adquisición de tecnologías agrícolas. Sin embargo, Navarrete Reynoso et al. (2015) argumentan que la modernización agrícola en México tuvo efectos negativos en términos de la concentración de la tierra, la exclusión de pequeños productores y el deterioro de los recursos naturales. Asimismo, señalan que esta estrategia no logró el objetivo de la autosuficiencia alimentaria y que hasta antes del 2015 México seguía siendo dependiente de las importaciones de alimentos.

Los factores anteriores orillaron a la toma de decisiones del gobierno. Entre 1982 y 1990 el gobierno federal transfirió 197 empresas paraestatales vinculadas directa o indirectamente con la producción de alimentos. De las 197 empresas paraestatales vendidas, algunas fueron absorbidas y otras fusionadas por grandes corporaciones (Torres Torres et al., 1997). Stedile y Martins (2010) destacan que estas empresas (las grandes corporaciones quienes absorben otras empresas o se fusionan) buscan principalmente obtener ganancias, lo que ha llevado a la adopción de prácticas como la agricultura industrial y la industrialización de los alimentos. Este proceso mediante el cual se agregan diversos cambios en los productos alimenticios, así como la textura, sabor y olor, también cuentan con perspectivas negativas, dado el consumo de alimentos ultra procesados y una disminución de los productos naturales y locales. Entonces las empresas optan por incorporar nuevas tecnologías en sus procesos productivos con la espera de beneficios económicos. En este contexto, es la incorporación de las Nanotecnologías en áreas de alimentos.

Anzaldo Montoya y Hernández Adame (2023), señalan que en el año 2022 la implementación de la Nanotecnología en el área agrícola, se pronosticaba como una de las disciplinas con mayor crecimiento por su rápido desarrollo. Es mayor la oferta de productos de consumo principalmente suplementos con un 43%, empaques para alimentos con un 30%, productos para el sector agroindustrial 44% y el alimento para animales en 25%. Las áreas en las que más se utilizan son: sensores para alimentos, suplementos, nutrición deportiva, alimentos y empaques. Sin embargo, conocer el nivel comercial de la Nanotecnología es un reto para todos debido a la escasez de registros, inventarios, etiquetados y regulaciones, que obliguen a informar sobre los niveles de uso de los Nano- materiales y su comercialización.

Se optó por analizar y observar el comportamiento algunos indicadores económicos, partiendo del año 2001 (cuando se inician los estudios de la Nanotecnología en México), su contribución al Producto Interno Bruto (PIB), el volumen de exportaciones e importaciones, inversiones realizadas y el empleo generado. Estos aspectos se presentan a través de las figuras que se muestran a continuación.

Figura 3. Aportación al PIB de la industria alimentaria en México, 2000-2022



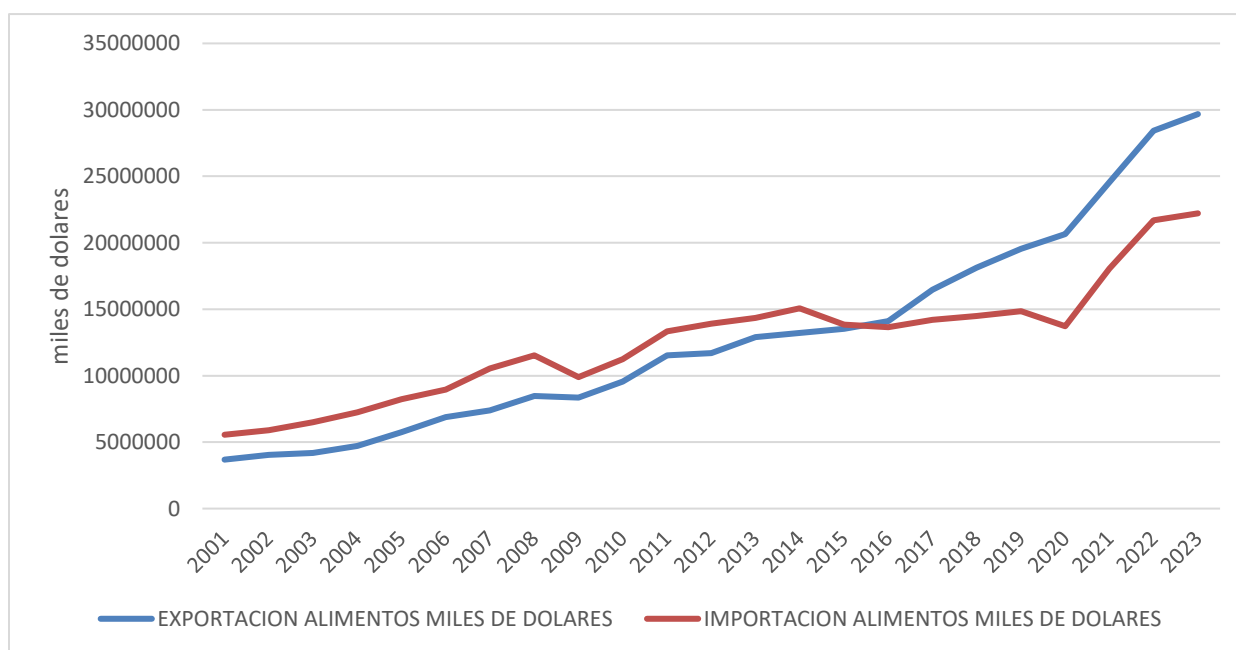
Nota: Elaboración propia con datos tomados de INEGI 2022, Banco de Información Económica (BIE) (inegi.org.mx).

En la figura 3 se observa una tendencia creciente en general, en la aportación de la industria alimentaria al PIB desde el año 2003 hasta el 2022. Durante este periodo, hubo un incremento del 327.52% considerando el valor inicial como 2003 y valor final del 2022.

A pesar de que se muestra un mayor crecimiento a partir del 2016, el hecho de que exista un aumento en la cifra durante el 2022 demuestra que la capacidad de producción y consumo sigue aumentando. Este incremento, aunque pueda parecer poco, tiene una pendiente positiva, lo que significa que existe una mayor capacidad de adquisición de las personas y una mayor demanda de los productos alimentarios en el mercado.

Por otro lado, tenemos las exportaciones e importaciones, una actividad importante para el comercio y la participación en el mercado global.

Figura 4. Balanza comercial de la industria alimentaria en México, 2000-2022



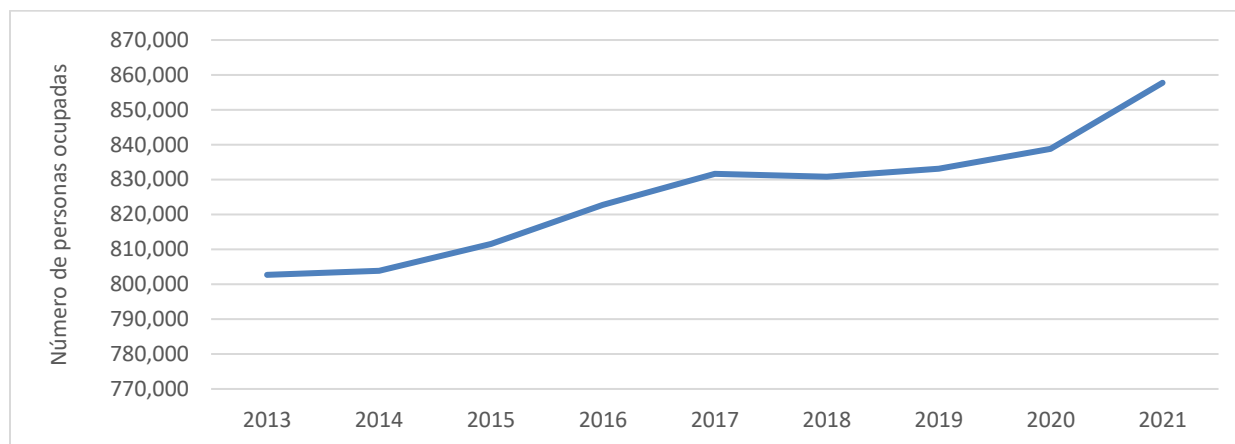
Nota: Elaboración propia con datos tomados de INEGI 2022 Banco de Información Económica (BIE) (inegi.org.mx).

Como se puede observar en la figura 4 muestra el ritmo de crecimiento de las exportaciones e importaciones, se observa un superávit comercial, en especial a partir

del año 2017, donde se intensificó este proceso. Un ejemplo concreto puede observarse cuando se registró un aumento en sus exportaciones del 37.65% desde 2020 a 2022. Es importante destacar que la exportación de bienes y servicios genera un acceso a nuevos mercados. En este mismo periodo del 2020 al 2022 incrementaron más que las exportaciones, con un 58.13%.

Del año 2001 al 2014, se tenía un déficit comercial, hasta mediados del año 2015 e inicios del 2016 existió un “equilibrio comercial”. Posterior a este acontecimiento hemos estado en un superávit comercial en el contexto de la industria alimentaria.

Figura 5. Personal ocupado de la industria alimentaria en México



Nota: Elaboración propia con datos tomados de INEGI, 2022 Banco de Información Económica (BIE) (inegi.org.mx).

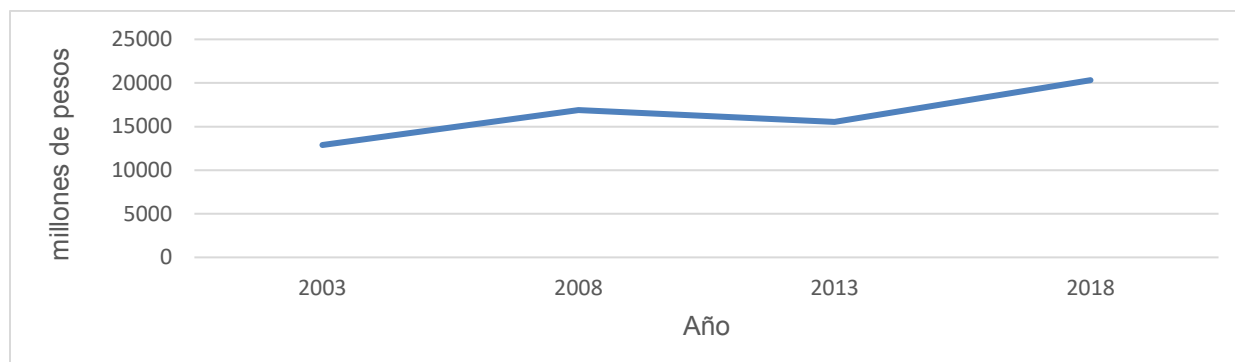
Durante este periodo, se observa una tendencia general de crecimiento en el empleo dentro de este sector como lo muestra la figura 5.

En 2013, el número de personas ocupadas era de aproximadamente 802,699. A lo largo de los años, este número ha ido aumentando gradualmente. En 2014 y 2015, se ve un crecimiento más marcado, alcanzando aproximadamente 811,612 personas en 2015. Desde entonces, el crecimiento ha continuado, aunque a un ritmo más lento entre 2016 y 2019, con el número de empleados estabilizándose en torno a 833,139 personas.

Sin embargo, a partir del 2019 hasta el año 2021, la industria ha experimentado un crecimiento aún más significativo en la contratación de empleados, llegando a

registrar 857,749 empleos al final del periodo mencionado. Desde el 2013 y hasta el 2021 creció un 6.8 %.

Figura 6. Inversión total en industria alimentaria en México



Nota: Elaboración propia con datos tomados de INEGI. Banco de Información Económica (BIE) (inegi.org.mx).

La industria alimentaria ha experimentado un aumento significativo en la inversión de capital. Durante el periodo del 2003 al 2018, la cantidad total invertida alcanzó la suma de 20,318.45 millones de pesos en todo el país, lo que representa un incremento del 57.69% en comparación con años anteriores. Por otro lado, es posible observar que en el quinquenio de 2008 a 2013 hubo una disminución en la inversión de capital en esta industria.

Se puede afirmar que la industria alimentaria alcanzó un desempeño notable hasta el año 2018 en distintos indicadores económicos (vistos anteriormente, PIB, inversión, balanza comercial y empleo). Específicamente, podemos destacar que dicha industria ha tenido un comportamiento con tendencia ascendente en tanto a la contribución al PIB, producción, exportaciones e inversión desde el año 2000 en adelante.

El análisis previo de la industria alimentaria ofrece una visión general del comportamiento de este sector en la economía y su desempeño en los últimos años. La industria de los alimentos es importante, ya que es fundamental en la vida cotidiana de todas las personas. Esto marca la importancia de fomentar la seguridad y soberanía alimentaria en México, garantizando que pueda cubrir las necesidades alimentarias de la sociedad.

1.2 Soberanía y Seguridad Alimentaria

La industria alimentaria se ha encontrado en constante transformación derivado de varias razones, entre ellas; preferencias, demandas, población, avances tecnológicos, salud, etc.

Cuando hablamos de esta industria nos referimos a actividades dinámicas y económicas. “El término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios” (Berkowitz, et al., 2012, p.2). Varias influencias, como el incremento acelerado de la población, el proceso de urbanización, el crecimiento económico y los consiguientes cambios en los patrones de consumo, están desafiando la capacidad de nuestros sistemas alimentarios para proveer alimentos nutritivos (Cedillo-Portugal & Anaya-Rosales, 2017).

México era un país soberano, hasta antes de los años de 1970 cuando surge una de las crisis más importantes. Rubio (s.f) menciona que durante los años de 1970 a 1982, hubo cambios significativos en la economía mexicana: la industria enfrentó crisis recurrentes y surgieron conflictos sociales, México pasó de ser un país con una base agrícola sólida, a depender más del exterior en términos de alimentos. La agricultura experimentó una disminución en la producción de granos básicos y otros cultivos importantes, lo que afectó su capacidad para generar divisas a través de las exportaciones. Tras este acontecimiento, se produjo la transición hacia un sistema de libre mercado, lo que a su vez transformó la política en el campo.

Dada la complejidad de la situación alimentaria en nuestro país “uno de los principales retos que enfrentarán los gobiernos de todos los países era incrementar la producción de alimentos para sustentar a dicha población en el futuro y lograr alcanzar la seguridad alimentaria” (García-Medel, 2022, p. 11).

Además de este desafío, nos menciona Carmona Silva et al. (2020), que también estamos sujetos a imposiciones de patrones alimenticios dictados por las empresas transnacionales, que responden a sus propios intereses, perdiendo de esta manera la soberanía alimentaria.

Carmona Silva et al. (2020), afirma que, en México, la soberanía alimentaria no se ha materializado. Esto nos sitúa como un país con problemas de insuficiencia

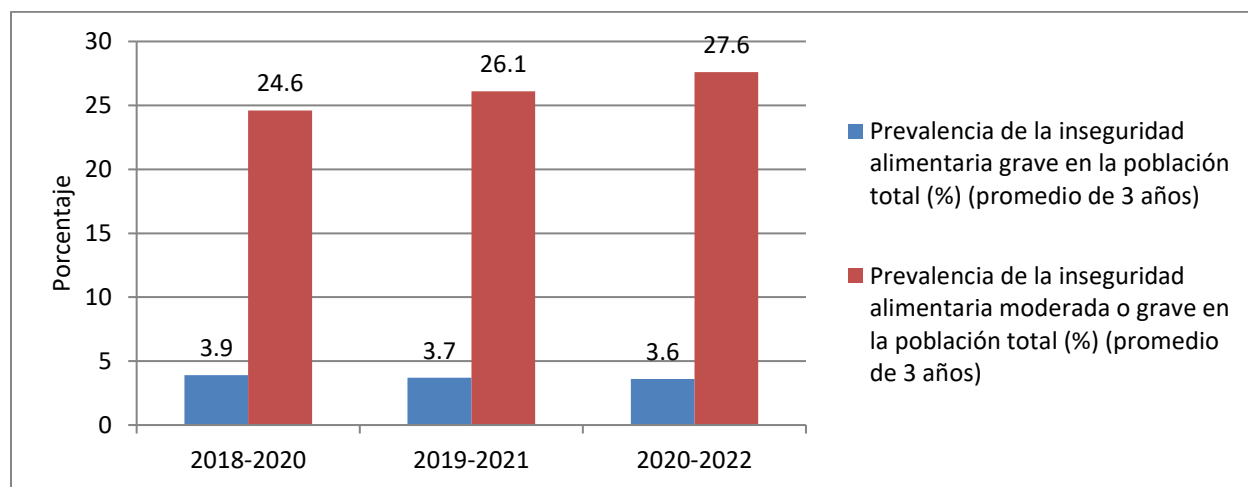
alimentaria, agravada por la presencia dominante de cadenas transnacionales tanto en la producción como en la distribución de alimentos, junto con el crecimiento constante de industrias agroalimentarias. “El sistema agroalimentario actual se caracteriza por el dominio de empresas transnacionales” (Pardo & Durand, 2018, p. 470). Esta situación pone en argumento la capacidad de México para lograr la seguridad alimentaria, que es un objetivo primordial para cualquier nación. La presencia de corporaciones extranjeras y la falta de soberanía en la producción alimentaria pueden tener implicaciones para la disponibilidad y accesibilidad de alimentos para la población.

Al respecto el Banco Mundial (2023. p. 1) menciona lo siguiente:

En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996 se definió que la seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana.

La figura 7 aporta datos de la Food and Agriculture Organization (FAO) en el 2024, sobre la situación que guarda la inseguridad alimentaria en México.

Figura 7. Inseguridad alimentaria en México (promedio de tres años)



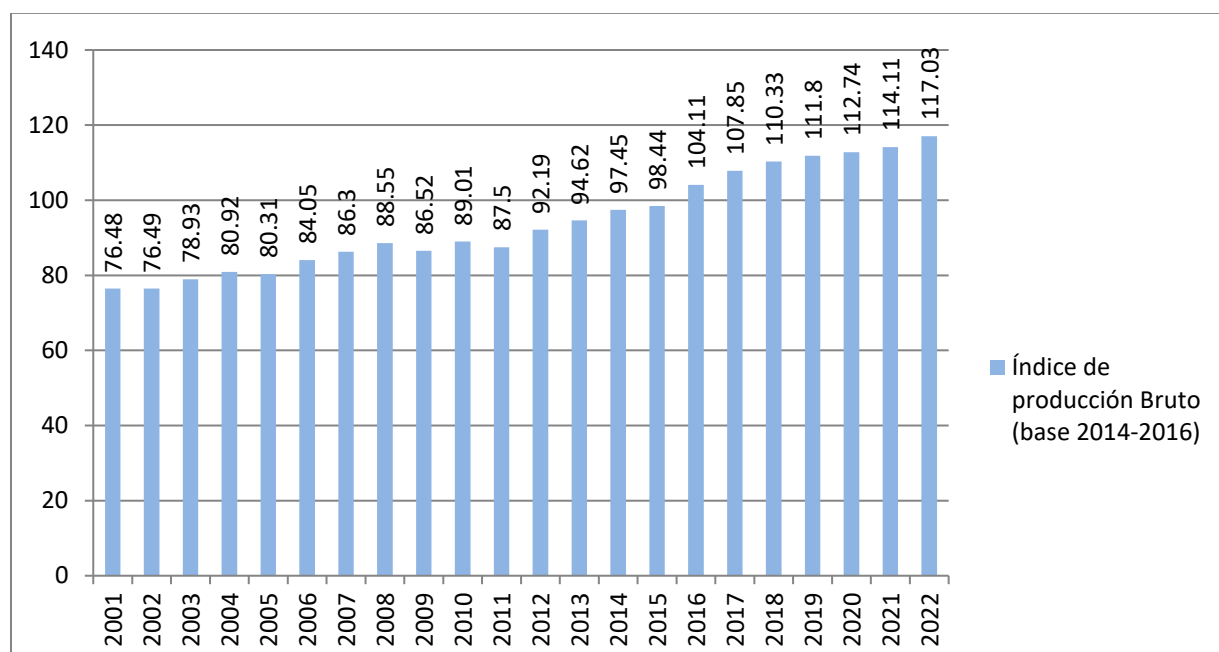
Nota: Elaboración propia con datos tomados de la FAO, 2024. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>.

La figura 7 revela un aumento constante en la prevalencia de la inseguridad alimentaria moderada o grave, que subió del 24.6% en 2018-2020 al 27.6% en 2020-

2022. Sin embargo, la inseguridad alimentaria grave se ha mantenido casi estable, disminuyendo ligeramente del 3.9% al 3.6% en el mismo periodo.

Además, los alimentos, siendo esenciales para la supervivencia humana, representan recursos limitados que requieren el desarrollo de nuevas y más eficaces estrategias de producción para garantizar su disponibilidad. En cuanto a términos de producción de alimentos en México, tenemos los siguientes datos en la figura 8:

Figura 8. Índice de producción de alimentos en México



Nota: Elaboración propia con datos tomados de la FAO, 2024.
<https://www.fao.org/faostat/es/#data>.

La producción de alimentos en México ha aumentado considerablemente desde el año 2001 hasta el año 2022, sin embargo, no ha crecido lo suficiente para lograr una independencia alimenticia.

Carmona Silva et al. (2020), sostiene que el insuficiente suministro de estos alimentos esenciales para el consumo humano y otros productos básicos se atribuye a diversos factores. Por ejemplo, la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) ha resultado en que numerosos agricultores abandonen sus tierras

debido a la competencia de productos importados, que, aunque más económicos, su calidad puede ser cuestionable.

Por su parte García-Medel (2022), subraya que el aumento en la producción de alimentos debe llevarse a cabo mediante la adopción de sistemas agroalimentarios más eficientes y sostenibles. Esto implica la aplicación de las mejores prácticas productivas disponibles y el mantenimiento de la inocuidad y calidad de los productos en toda la cadena de producción. El desafío no solo radica en incrementar la producción de alimentos; también es fundamental garantizar su disponibilidad, accesibilidad y alta calidad.

Como menciona García-Medel (2022), el crecimiento de la población mundial está generando una mayor necesidad de alimentos, lo que impulsa el desarrollo y la adopción de sistemas agroalimentarios altamente eficientes, sostenibles y menos dañinos para el medio ambiente.

Un sistema alimentario sostenible se caracteriza por garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de todas las personas sin comprometer las bases económicas, sociales y ambientales para las generaciones futuras. (Cedillo-Portugal & Anaya-Rosales, 2017). En este contexto es importante advertir que por seguridad alimentaria se entiende el acceso a los alimentos saludables y seguros, donde la sociedad tenga suficiencia de éstos. En palabras de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (s. f., p.2):

El concepto de Seguridad Alimentaria surge en la década del 70, basado en la producción y disponibilidad alimentaria a nivel global y nacional. En los años 80, se añadió la idea del acceso, tanto económico como físico. Y en la década del 90, se llegó al concepto actual que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, y se reafirma la Seguridad Alimentaria como un derecho humano.

De acuerdo con Salvador et al. (2021), el sistema de suministro de alimentos consiste en redes de transporte y distribución de productos alimenticios que operan en torno a múltiples puntos de venta, tanto a nivel minorista como mayorista.

Las distintas formas de comercio condujeron a la creación de leyes y normas para garantizar la seguridad alimentaria. Como lo hacen notar Cedillo-Portugal y Anaya-Rosales, (2017), indudablemente, aquellos que más se verán favorecidos con la

ejecución de programas destinados a la garantía de la salud y seguridad alimentaria en México son los consumidores finales.

Según la FAO/OMS (2010), la soberanía alimentaria surgió como una alternativa frente al término "seguridad alimentaria", con la intención de posicionarse como una ideología diferente. Su objetivo es cuestionar la noción de seguridad alimentaria, considerándola como una expresión del neoliberalismo.

Soberanía Alimentaria es el derecho de los pueblos a definir su propia alimentación y agricultura para proteger y regular la producción agrícola doméstica y comercializarla con la finalidad de alcanzar objetivos de desarrollo sostenible y así determinar el punto en el cual quieren ser auto suficientes para restringir el arrojamiento de productos en sus mercados y proveer a las comunidades basadas en pesquerías locales la prioridad en el manejo del uso de y los derechos de los recursos acuáticos. (Jongerden & Ruivenkamp. 2010, p. 33)

La soberanía alimentaria es el derecho que tiene la sociedad para elegir una adecuada alimentación; es un concepto que va más allá de la seguridad alimentaria. Se refiere al derecho de los pueblos, países o regiones a definir sus propias políticas y estrategias agrícolas. Mientras que la seguridad alimentaria se refiere a garantizar que todas las personas tengan acceso a alimentos suficientes.

En este estudio, hace énfasis en el concepto de seguridad alimentaria. Esto se debe a que analizamos la incorporación de las Nanotecnologías en los alimentos en México, en un contexto de falta de regulación, por lo tanto, no se puede certificar que los alimentos producidos utilizando las tecnologías de lo diminuto sean seguros para el consumo humano.

1.3 Las Nanotecnologías; Significado e Implicaciones Económicas, Sociales y Ambientales

A lo largo de la historia han existido diversas etapas y transformaciones sociales y económicas, denominadas como revoluciones industriales. Son importantes para los cambios en la estructura económica y tecnológica de una sociedad.

Las Nanotecnologías están integradas en la cuarta revolución industrial, también denominada Industria 4.0. En esta línea "Las Nanotecnologías forman parte de un paquete de tecnologías emergentes (biotecnología, robótica, TICs, entre otras) cuyo potencial innovador, presumiblemente, transformará a las economías subdesarrolladas

y las hará más competitivas” (Záyago Lau, 2013, p. 59). Saldívar Tanaka (2020), describe a las Nanotecnologías como una nueva tecnología que es capaz de manipular la materia a escala nanométrica, creando nuevos y mejores productos.

Hernández Moreno (2009), menciona que las Nanotecnologías no son desarrolladas, ni aplicadas en un contexto neutral en términos de valores. Desde su perspectiva considera que es fundamental explorarlas, considerando su unión con el sistema de competencia capitalista dentro de la sociedad del conocimiento y del saber, ya que puede existir el riesgo de que estas tecnologías contribuyan a la desigualdad social. Viéndolo de esta forma el impacto de esta tecnología depende del entorno socioeconómico y político en el que se encuentre su desarrollo. Es importante remarcar que las Nanotecnologías son clasistas, sin neutralidad, benefician a unos países solamente, a quienes tienen la capacidad financiera, científica, tecnológica, académica y política para su implementación.

En la actualidad, se reconoce a nivel internacional la importancia de incorporar la promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación en las políticas de desarrollo y económicas como un aspecto esencial para mejorar la sostenibilidad y abordar múltiples desafíos globales (Vega Baudrit & Vargas-Solórzano, 2024). Ya que juega el papel de un factor relevante en la productividad y el crecimiento en una economía, porque brinda nuevas oportunidades para la innovación, creación y ampliación de mercados, productos y procesos.

Las Nanotecnologías registraron un valor aproximado de USD 1.60 mil millones en 2023 y se anticipa que experimentará un crecimiento a una tasa anual compuesta del 10% durante el período comprendido entre 2024 y 2032. Se proyecta que para el año 2032, el mercado alcanzará un valor de USD 3.76 mil millones (Informe del mercado de Nanotecnología, 2024-2032. (s/f)). Lo anterior advierte que el ritmo de crecimiento de dicho mercado ha mantenido un comportamiento al alza.

Según la Stat Nano de 2024, los productos con Nanotecnología se encuentran divididos en varios sectores. La electrónica representa el 17.56% de los productos totales, seguida por la medicina con el 11.79%, la construcción con 10.47%, los cosméticos representan un 9.05%, el textil aporta un 7.99%, el sector automotriz el 7.54%, los ambientales el 5.7% y los alimentos con el 5.67%, entre otros sectores. Estas

empresas se distribuyen en 68 países. En efecto, se puede observar que el mercado de las Nanotecnologías se está distribuyendo de manera significativa en países que pueden implementarlas como un factor en el proceso de producción.

De la misma forma en que existen efectos positivos del uso de la Nanotecnología, existen áreas que preocupan, tales como los impactos a la salud humana y al entorno medioambiental. Así como las desigualdades en crecimiento entre naciones avanzadas y países en desarrollo.

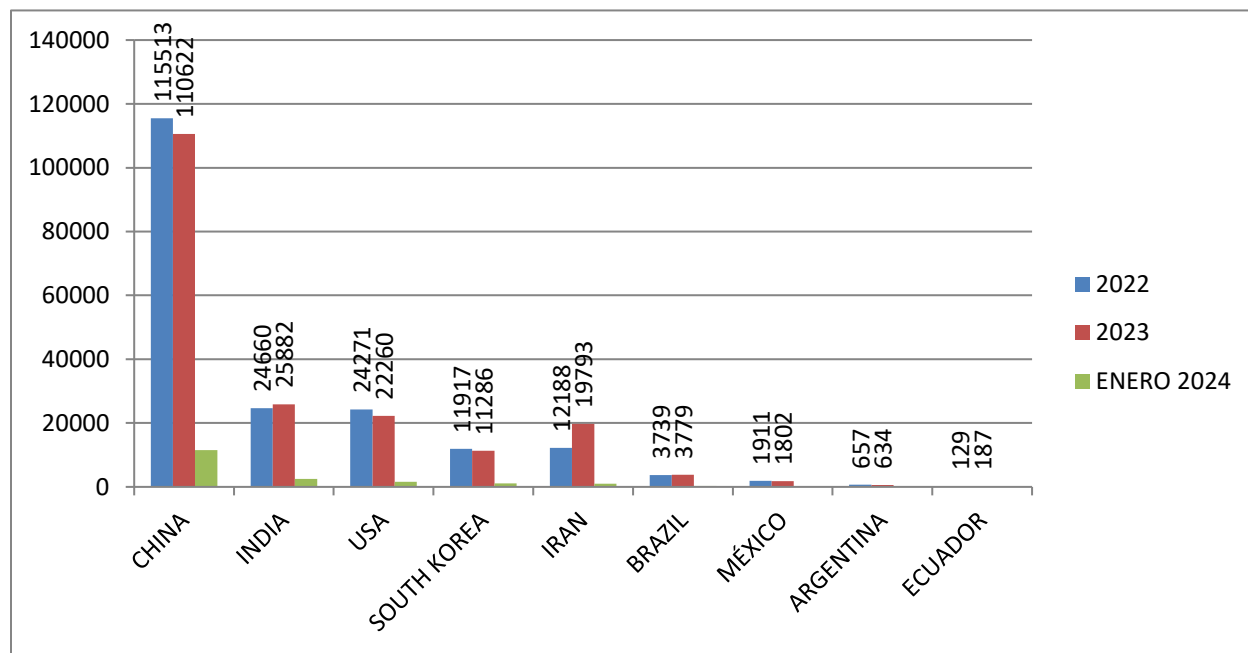
El uso y aplicación de esta tecnología está vinculada con la capacidad de financiamiento y la solidez tecnológica, por ende, las Nanotecnologías tiene la capacidad de hacer crecer las brechas entre países.

Según el informe de Global Nanotechnology Market 2021-2031 (2021), se espera que el mercado mundial de Nanotecnología alcance los 55,000 millones de dólares para 2025, registrando una tasa de crecimiento anual compuesta del 14.5% durante el período de 2020-2025. Pero, cabe preguntarse ¿por qué se espera tener una tasa de crecimiento al alza?, esto se debe a que principalmente los países desarrollados, dadas sus características de financiamiento e infraestructuras tienen mayor posibilidad de incorporar las tecnologías de lo diminuto a sus procesos bajo la expectativa de aumentar sus ganancias, lo cual conlleva al incremento de la demanda de nano materiales y la expansión del mercado nanotecnológico. No se omite mencionar que los países subdesarrollados también son usuarios de estos paquetes tecnológicos, pero su implementación no se realiza con el mismo vigor que los primeros. En este sentido, resulta relevante considerar que para el año 2014 en Estados Unidos se estimó un presupuesto de 2000 millones de dólares en Nanotecnología, esta cantidad es la misma que México tuvo como presupuesto para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (hoy Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y tecnologías CONAHCYT) en el mismo año. El financiamiento se refleja por las publicaciones de Nanotecnología, patentes, etc., en donde los países desarrollados toman la delantera en el nuevo conocimiento de la Nanotecnología (Záyago Lau, 2013).

Es importante observar que, en este contexto, el monto asignado a la inversión en investigación y desarrollo, ofrece ventajas significativas en términos de conocimiento y progreso. Entonces, en este sentido, resulta vital promover un porcentaje mayor de

financiamiento a la investigación y desarrollo de las Nanotecnologías, esto con la finalidad de explotar y fomentar el crecimiento de las economías en los países.

Figura 9. Publicaciones en Nanotecnología por país (2020-2023)



Nota: Elaboración propia con datos tomados de Stat Nano 2023 <https://statnano.com/>.

Anzaldo Montoya y Hernández Adame (2023), mencionan que en el contexto mexicano se ha observado un despliegue y consolidación a nivel académico de las Nanotecnologías. En la actualidad, México se sitúa en la segunda posición en América Latina, inmediatamente detrás de Brasil, en lo que concierne tanto a la cantidad de investigaciones científicas publicadas (ver figura 9), como a la creación de patentes.

Por otro lado, dada la curiosidad que crea el uso de las Nanotecnologías, el sector empresarial, las instituciones educativas y de investigación se están integrando poco a poco al mundo Nanotecnológico.

Surgieron empresas innovadoras y entornos de innovación como parques tecnológicos y agrupaciones de empresas, los cuales ofrecían plataformas para la incubación empresarial y recursos de infraestructura específicamente enfocados en la Nanotecnología, con el propósito de agilizar la adopción de esta tecnología por parte de las compañías (Anzaldo Montoya & Hernández Adame, 2023).

Se puede observar una notoria desigualdad en cuanto al mundo de las Nanotecnologías y su incorporación, en países primermundistas y los países subdesarrollados, incitando que algunas empresas de países desarrollados, inviertan en países que no han alcanzado un nivel tecnológico apropiado. El conocimiento de Nanotecnología es utilizado por empresas transnacionales que tienen un alto nivel de industrialización (Záyago Lau. et al., 2015). México es un territorio atrayente para las inversiones extranjeras.

Para el caso de México la información sobre Nanotecnología se encuentra escasa y dispersa, no existe un organismo encargado de estudiar, financiar y organizar los esfuerzos y acciones en torno a estas tecnologías. Por lo cual no existe una política pública que fomente su desarrollo. Sin embargo, es importante señalar que la presencia de estas tecnologías se ha dado al cobijo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, quien a partir del financiamiento ha acompañado la creación de laboratorios, proyectos de investigación, publicaciones relacionadas sobre el tema, entre otros.

Para el año 2015 se realizó un inventario y los hallazgos mostraron 139 empresas que utilizaban Nanotecnología; 71 de ellas manufacturan y comercializan productos de nano en México y son empresas transnacionales, mientras que 68 de son de capital nacional (Záyago Lau et al., 2015).

Para el año 2024 con datos publicados por la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad, en México existen alrededor de 133 empresas que se dedican a la producción y comercialización de productos que contienen algún nano material en su elaboración.

La inversión en Nanotecnología es importante para el desarrollo de productos, Pedreño Muñoz (2009), remarca que algunas características de los productos desarrollados con Nanotecnología tenían un impacto económico muy limitado, señala que solo contribuían con cierto valor agregado a un producto ya existente, aunque estas podrían tener mayor efecto si las empresas las usaban en función de sus propias necesidades y hacían innovaciones relevantes. Sin embargo, solo se han utilizado para cambiar características físicas y la durabilidad. Sin olvidar que las Nanotecnologías son muy prometedoras en diversos campos.

La recesión del 2009, implantó la importancia de construir una nueva economía, orientada a la innovación; la Nanotecnología poseía los atributos requeridos (métodos de fabricación avanzado, sociedad del conocimiento, economía del conocimiento) (Pedreño Muñoz 2009). En este sentido resulta necesario conocer la importancia que tiene la innovación en la economía global, como una herramienta fundamental para un mejor crecimiento. En 2009, la crisis alimentaria y económica mundial, trajo como consecuencias una escasez de alimentos, que provocó un alza de precios y afectó en gran medida a los países más vulnerables. En este sentido, los gobiernos sugirieron que las Nanotecnologías podrían ser una solución para aumentar la producción de alimentos y reducir los costos (Záyago & Foladori, 2009).

García Guerrero y Foladori (2013) mencionan que es importante contar con información completa sobre el uso de las Nanotecnologías, puesto que, a día de hoy, la mayoría del sector público y la población en general no tienen la información necesaria para poder opinar acerca del uso de esta tecnología emergente, ya que en su mayoría no conocen, en dónde, ni cómo aplicarla, sus implicaciones sociales, ambientales y económicas. Se considera fundamental una reglamentación en la que se garantice la seguridad y un sistema de consulta que permita a toda la sociedad tener información garantizada y conocer más acerca de esta nueva tecnología.

Nos encontramos ante un panorama en el que la regulación de las Nanotecnologías es aún incipiente y su aplicación varía de país en país. Esta situación conlleva a una serie de problemáticas a nivel social y ambiental que deben ser abordadas por cada nación que se involucre en esta tecnología (Cuadros Bustos & Olivera Ocegüera, 2018).

Es relevante destacar que las sustancias químicas representan una importante implicación social, mencionan Cartelle Gestal y Zurita (2015) que las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) se originan al ingerir agua o alimentos contaminados, y esto puede desarrollarse desde una infección hasta una ingestión de alimentos que contienen virus. Según datos estadísticos, ocasionan la muerte de 4.9 millones de individuos cada año, mientras que otros 86 millones se ven afectados por alguna enfermedad relacionada con su exposición (García Guerrero & Foladori, 2013). “Toda

nueva tecnología supone riesgos, las Nanotecnologías no son la excepción” (Foladori e Invernizzi, 2012, p. 13).

Cualquier producto que pase por un proceso de transformación y adaptación corre riesgo de ser contaminado y en ocasiones no existe un estudio del daño a la salud. De hecho, nos menciona Rodríguez Ávila et al. (2016) que muchos suplementos nutricionales que son combinados con las Nanotecnologías carecen de estudios rigurosos sobre su impacto a la salud.

Sin embargo, las empresas buscan innovar cada vez más e incorporando tecnologías. Cartelle Gestal y Zurita, (2015) mencionan que, en este campo, las Nanotecnología se enfoca en el empaquetamiento inteligente y el nano-diseño, con el fin de lograr alimentos a la “medida” que requiere o necesita el consumidor. Lo anterior enfatiza que se debe tomar en cuenta que estos métodos de prolongación de vida útil, enlatado y empaquetamiento también en ocasiones propician un ambiente óptimo para la propagación de bacterias patógenas como *Clostridium Botulinum*. Esto afecta directamente al metabolismo de las personas a través de los nanomateriales, ya que presentan desafíos y complicaciones en la salud. De acuerdo con Rodríguez Ávila et al. (2016), las alteraciones y complicaciones en la salud por uso de los nanomateriales se puede ver como resultado afectaciones en el organismo ya que los nanomateriales tienen una alta reactividad y puede influenciar en proceso celulares tales como; proliferación, daños en el metabolismo y muerte celular.

Esto no es solo tóxico para los humanos, de manera paralela lo es para el medio ambiente, ya que las Nanotecnologías puede interferir en funciones esenciales del medio ambiente, aunque generalmente depende en su mayoría del uso que le den tanto empresas como individuos a estos nano-materiales; por ejemplo, si el destino final del producto es quemado habrá gases reactivos, pero si es reciclado no generaría ningún cambio. Por lo anterior es necesario determinar las características y el modo de los nanomateriales en interacción con el medio ambiente. Sin embargo, aún existe incertidumbre de cuáles son las consecuencias reales sobre su uso.

El asunto de la toxicidad también perjudica al medio ambiente. La acumulación de nanopartículas puede devastar los ecosistemas y las cadenas alimentarias, haciendo necesario un análisis del ciclo de vida de estas partículas (Foladori & Invernizzi, 2012).

En relación con las implicaciones ambientales y el uso de las Nanotecnologías, García Guerrero y Foladori (2013) enfatizan desde una perspectiva crítica cómo la Nanotecnología se ha convertido en una herramienta y promete abordar desafíos, como el acceso limitado al agua potable. Subraya cómo la purificación del agua mediante Nanotecnologías podría mitigar la crisis mundial de suministro de agua limpia. No obstante, sus reflexiones también nos invitan a considerar cuidadosamente el equilibrio entre aprovechar estas innovaciones y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

El uso y desarrollo de estas nuevas tecnologías tiene impactos económicos, sociales y ambientales, es por esto que se considera importante que se les otorgue un uso adecuado y correcto.

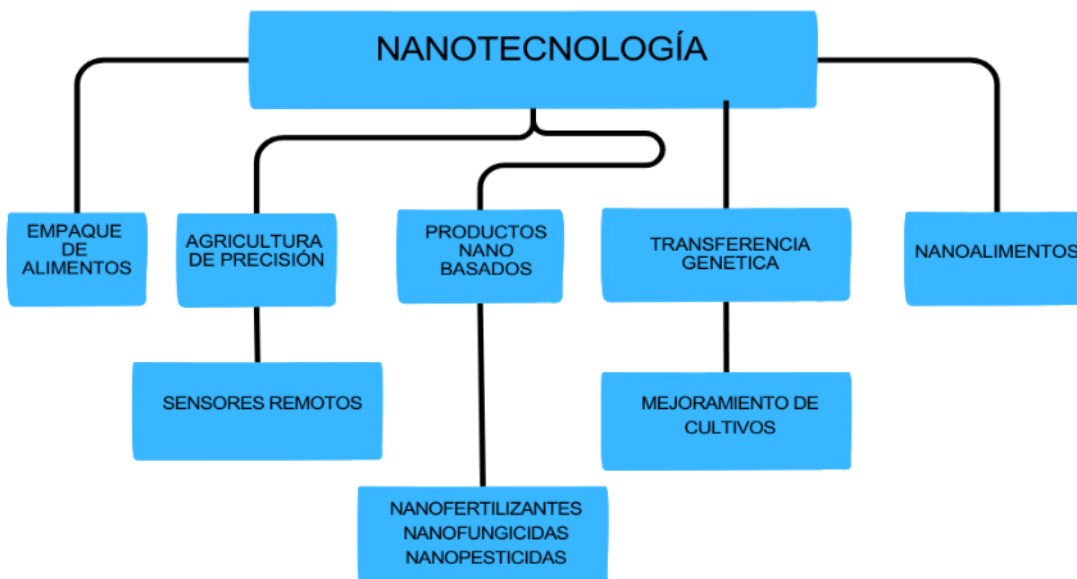
1.4 Las Nanotecnologías en la Industria Alimentaria

Se ha mencionado que el potencial de las Nanotecnologías es amplio, incorporándose de forma creciente en diversas ramas y sectores económicos. La industria alimentaria es una de las ramas que ha encontrado en esta tecnología una oportunidad de mejora, a través del uso de nano sensores por señalar uno de los usos más recurrentes. Gracias a éstos, es posible llevar a cabo una identificación temprana de enfermedades en animales o vegetales, permitiendo mejorar su producción y reducir al mínimo los riesgos de contaminación alimentaria (Noormans, 2010, como se citó en Robles García et al., 2015). Una herramienta sin duda alguna, con bastantes beneficios para todos los agentes económicos involucrados en esta industria, dada la gran relevancia del uso y aplicación de estas pequeñas tecnologías en estos productos comestibles.

Las Nanotecnologías en la industria alimentaria tiene aplicaciones en áreas como la calidad y seguridad de los alimentos, el desarrollo de nuevos productos y el envasado. No solo produce nutrientes y beneficios para la salud, sino que también hace que el producto sea más duradero y lo mantiene en mejor forma. De igual manera esto se aplica para la seguridad alimentaria, y también algunas áreas como componentes y estructuras de productos nuevos o mejorados, pero especialmente al sector del envasado (Almengor, 2009).

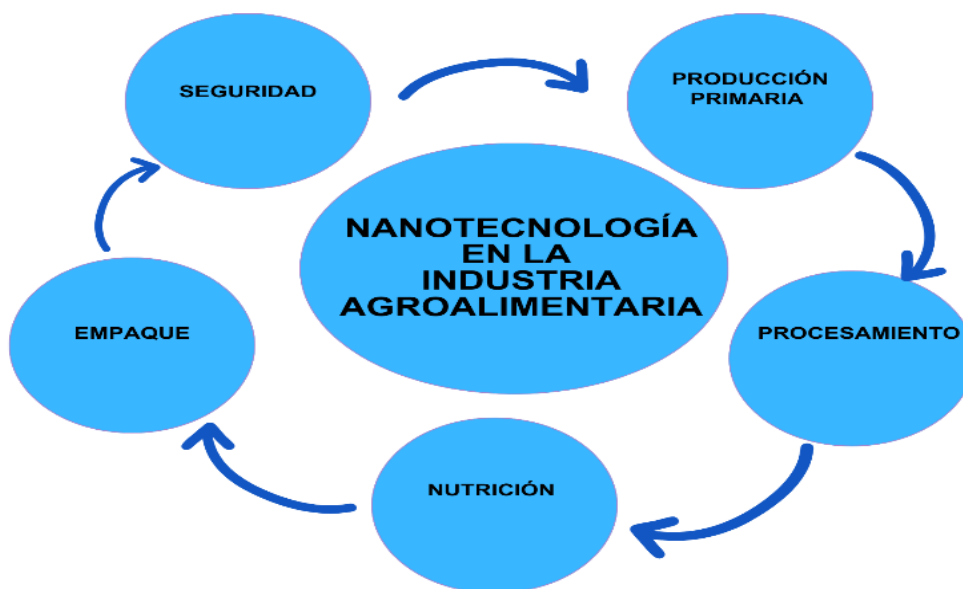
La utilización de estas nuevas tecnologías puede encontrarse en diferentes fases del proceso productivo; su aplicación puede estar en diferentes ciclos, algunos ejemplos se encuentran visibles en las figuras 10 y Figura 11, que se muestran a continuación.

Figura 10. Aplicaciones de las Nanotecnologías en la agricultura moderna de precisión y en aspectos relacionados con la producción de alimentos



Nota: Adaptado de Potencial de la nanotecnología en la agricultura. Lira Saldívar, R. H., Méndez Argüello, B., Santos Villarreal, G., & Vera Reyes, LL. (2018). *Acta universitaria*, 28(2) p. 10.

Figura 11. Implementación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria, lo cual involucra el procesamiento de alimentos



Nota: Adaptado de Potencial de la nanotecnología en la agricultura. Lira Saldívar, R. H., Méndez Argüello, B., Santos Villarreal, G., & Vera Reyes, LL. (2018). *Acta universitaria*, 28(2) p. 13.

Como se observa en las figuras 10 y 11, el uso de las Nanotecnologías se encuentra presente desde la producción primaria, hasta el empaquetado y detección de contaminantes cuando ya está el producto terminado, esto último tiene gran relevancia en cuanto a la seguridad alimentaria, para la detección temprana de cualquier bacteria antes de ser ingerida.

En la figura 11, se destaca la presencia de las Nanotecnologías en diversos aspectos de la industria agroalimentaria, abarcando seguridad, producción primaria, procesamiento, nutrición y envasado. Muestra Lira Saldívar et al. (2018) respecto a la seguridad, que se emplean dispositivos para prevenir o detectar la adulteración de alimentos, así como diagnósticos sensoriales para identificar contaminantes. En producción primaria, se reduce el uso de agroquímicos y aditivos. En el procesamiento, se aplican métodos higiénicos innovadores para mejorar sabores y texturas, mientras que en nutrición se logra la reducción de grasas y azúcares, el control de aditivos, y la especificidad en términos de vitaminas, minerales y funciones corporales. Por último, en

el envasado, se utilizan materiales más ligeros, resistentes e innovadores, junto con etiquetas inteligentes.

Un caso relativamente nuevo e importante es el del sistema “Lab-in-a-Package” el cual es un sistema que logra detectar el salmonea en productos envasados, sin necesidad de abrirlos o intervenir en sus propiedades físicas. “La plataforma desarrollada “Lab-in-a-Package” se completa a través de la incorporación de sensores patógenos, que actúan para facilitar la detección dentro de los paquetes individuales” (Prasad et al., 2023, p. 2).

Además de que se aplica en diferentes fases, también es muy específica en qué tipo de aplicación tiene para cada uno. Algunos ejemplos de aplicaciones son los siguientes:

Tabla 2. Sectores de la producción de alimentos y aplicación de las Nanotecnologías

Sectores de procesamiento de los alimentos	Aplicaciones
Control de calidad	Sensores para la protección de contaminantes químicos Sensores unimoleculares Sensores de estado sólido Sensores para la detección de contaminantes biológicos Biosensores electrónicos Biosensores ópticos
Procesamiento	Equipos para desinfección Filtración
Alimentos funcionales	Sistemas de liberación para nutrientes Recubrimientos comestibles

Envasado	Barreras de empaque Empaques biodegradables Tecnologías de sensores en los envases
Transporte de nutracéuticos	Transporte de nutrientes e ingredientes funcionales Liberación de compuestos nutraceúticos

Nota: Adaptado de Nanotecnología en alimentos. Kalpana et al. 2012 como se citó en Robles García et al. 2015. *Análisis Calidad y procesamientos de alimentos en México*.

Mencionan Anzaldo Montoya y Hernández Adame (2023) que, específicamente, los productos dirigidos a la alimentación abarcan principalmente suplementos dietéticos representados con el 43% y envases diseñados para productos alimentarios con 30%. Esta preponderancia contrasta con la oferta de productos enfocados en el sector agroindustrial, donde los fertilizantes son el 44% y el alimento para animales 25%, éstos resaltan como los aspectos más destacados en esta categoría.

En el sector alimentario, las Nanotecnologías presentan varios eventos que se ajustan a las demandas de los consumidores y de las empresas. Las aplicaciones específicas varían en función de las necesidades que tienen cada sector y producto.

Con esta tecnología emergente, se puede llegar a satisfacer la demanda del mercado en un punto más específico y preciso. Es relevante destacar, que, las empresas venden la idea que, al implementar esta tecnología en la industria alimentaria, se espera mejorar la calidad de vida de las personas, porque de esta manera tienen la oportunidad de experimentar nuevos productos más convincentes, e incluso que se adapte mejor a las necesidades. Por supuesto, no se puede ignorar que la verdadera motivación de las empresas es maximizar sus ganancias. La idea de que buscan mejorar la calidad de vida de las personas es un idealismo que utilizan estratégicamente para ser más convincentes ante los consumidores. Sin embargo, la adopción de nuevas innovaciones por parte de las empresas siempre tiene fines lucrativos, como la reducción de costos y el aumento de la productividad.

Un ejemplo claro de la utilización de esta tecnología en el sector alimenticio y con beneficio totalmente de la empresa es “la compañía estadounidense Miller utiliza botellas

que están hechas de Imperm, un material que contiene nano partículas de arcilla y que extienden la duración de la cerveza en más de 6 meses” (Barry, 2012 como se citó en Záyago Lau, 2013, p. 59).

López Pérez (2021), señala que actualmente los consumidores prefieren alimentos menos procesados y más naturales, con aspectos frescos y bien conservados.

Dada la preferencia de los consumidores por alimentos menos procesados y más naturales, se abre la oportunidad en esta industria, de crear innovaciones en la producción de alimentos funcionales, que estén de cierta forma más enriquecidos con nutrientes y que sean beneficiosos para la salud. Esto puede ser una estrategia efectiva para satisfacer las necesidades de los consumidores, y a su vez, al comercializar estos nuevos alimentos se crean ventajas competitivas para las empresas productoras.

Anzaldo Montoya y Hernández Adame (2023) destacan que, mientras que países occidentales influyentes como Estados Unidos, el Reino Unido y Alemania continúan ocupando un puesto preeminente en la producción de productos con Nanotecnología en la industria alimentaria, naciones emergentes como Vietnam, India e Irán están consolidando su posición en el mercado de productos nano-estructurados.

La incorporación creciente de estas tecnologías se justifica en los mercados por el objetivo de incrementar sus ganancias y reducir sus costos, con esta premisa es que se incorporan con mayor facilidad nuevas tecnologías. En ese marco, la dinámica actual de la industria alimenticia global se caracteriza por una constante introducción de transformaciones en sus productos. No podemos dejar de lado que la capacidad del individuo para satisfacer sus necesidades estará en función de su ingreso, lo cual implica que aquellos países con alto poder adquisitivo podrán demandar de forma creciente las innovaciones en materia alimentaria.

Las economías capitalistas y globalizantes han impulsado el cambio en los hábitos alimenticios dado que éstos se rigen cada vez más por las exigencias, se impulsa a la producción agrícola para producir alimentos específicos, y difundirlos cada vez más para una internacionalización de la alimentación (Pérez, Nazar, Salvatierra, Pérez-Gil, et al., 2011 como se citó en Soria & Palacio, 2014).

Desde este punto, es importante resaltar que la industria alimentaria se encuentra en una constante transformación, en donde se incluye a los cambios, modificación,

incorporaciones, en pro de mejora y soluciones a problemas existentes. En este sentido, la tecnología de lo diminuto representa una promesa para cumplir las expectativas económicas de las empresas.

Torres Torres et al. (1997) consideran que una característica fundamental e importante de la industria alimentaria es la constante transformación en el tiempo, por las diversas necesidades de los consumidores; va desde la creación de un nuevo producto, hasta las mínimas modificaciones del ya existente. Al concebir nuevas necesidades, se crean nuevas demandas, y, por ende, las empresas deben de estar siempre modernizándose, dada la posibilidad de nuevos mercados, nuevas competencias, etc., y de esta forma lograr ingresar a la esfera global económica.

El abandono de las actividades agropecuarias por parte de países del sur global ha generado paulatinamente una progresiva influencia monopólica de numerosos países a través de sus grandes empresas. Se ha llevado al deslizamiento de los capitales locales, condenando a los países a la pérdida de la soberanía y seguridad alimentaria. Es en este contexto, donde las empresas buscan crecer y destacar por ser competitivas es mediante las innovaciones. Un ejemplo claro de esta dinámica es la integración de las Nanotecnologías en los alimentos.

CAPÍTULO 2. Las Nanotecnologías en México (2000-2023)

El presente capítulo aborda en el contexto específico el comportamiento e introducción de las Nanotecnologías en México. Se divide en 4 apartados; el primer apartado aborda las perspectivas de las Nanotecnologías a nivel internacional, con la finalidad de tener una idea del comportamiento de estas tecnologías en el ámbito internacional. Posteriormente se comentan las Nanotecnologías en México: de la teoría a la realidad, en donde se enfatiza el estudio de las mismas en colaboración de empresas, gobierno y centros educativos, para llevarlas al desarrollo y materialización. Asimismo, se plantean las empresas que integran las Nanotecnologías en México, y finalmente se muestran estudios y datos de Nano patentes en México.

2.1 Perspectivas de las Nanotecnologías a nivel internacional

Los países del primer mundo están destinando una gran cantidad de recursos financieros y humanos calificados para estudiar las posibles aplicaciones de las Nanotecnologías. En este sentido, los gobiernos de estas naciones manifiestan un gran interés en sus iniciativas para fomentar el avance tecnológico en este campo innovador. A nivel internacional, se estima que existen cerca de 40 laboratorios que dedican un porcentaje importante de su tiempo y recursos a la investigación en esta área tecnológica (Urquilla, 2019).

Las Nanotecnologías están presentes en diversos productos y aplicaciones comerciales, que representa una fuente importante de ingresos a nivel mundial, con un movimiento de alrededor de 4 billones de dólares en 2018. Tanto empresas como gobiernos destinan importantes sumas de dinero a la investigación y desarrollo de las Nanotecnologías a nivel global, siendo Estados Unidos de América y Canadá los principales inversionistas en este ámbito (Hupffer & Lazzaretti, 2019). Mientras que China lidera la investigación científica en Nanociencias y Nanotecnología, seguida por los Estados Unidos y la mayoría de la producción científica proviene de países en Europa, Asia y Norteamérica (Restrepo-Betancour, 2023). Cabe mencionar que mientras

naciones de gran influencia occidental como Estados Unidos, el Reino Unido y Alemania persisten en su rol como los principales productores de recursos basados en Nanotecnologías dentro del ámbito alimentario, se observa un creciente protagonismo de otras naciones como Vietnam, India e Irán en el mercado de los productos nanoestructurados (Anzaldo Montoya & Hernández Adame, 2023).

Desde la perspectiva de la economía, se puede observar que en el año 2018 había una cantidad significativa de productos relacionados con la Nanotecnología en el mercado global. Se pronosticaba que para el año 2020, la industria global de la Nanotecnología alcanzaría una suma de \$76 mil millones (Campos et al., 2022). Estos datos sugieren que aún existe una gran cantidad de trabajo por hacer en este campo, lo que puede representar un gran potencial para el crecimiento económico en el futuro. En este contexto “es primordial el establecimiento de normas y criterios de metrología que favorezcan el rápido desarrollo de la tecnología y den a los usuarios la confianza suficiente en los procesos y prestaciones de los productos” (Saldívar Tanaka, 2020, p.11).

Desde el año 2005, el gobierno de los Estados Unidos y la Agencia de Protección Ambiental de ese país comenzaron a desarrollar marcos regulatorios en el campo de la Nanotecnología. Estas regulaciones fueron diseñadas para garantizar la seguridad y protección del medio ambiente en relación con el uso y aplicación de la Nanotecnología (Campos et al., 2022). Sin embargo, no todos los países tienen la capacidad de contar con una normativa o regulación para las tecnologías de lo diminuto. Respecto a esto, nos menciona Páez Aguinaga (2022, p.1) lo siguiente:

Europa, Japón, Estados Unidos, China, cuentan con normativa y regulación en vías de una armonización estandarizada, mientras que, en América Latina, países como: Argentina, México, Panamá y Brasil son precursores en Legislación para el manejo de nanomateriales. Sin embargo, el resto de los países como Ecuador no cuentan con legislación propia.

Es importante destacar que estos marcos regulatorios son fundamentales para el desarrollo seguro y responsable de la Nanotecnología. Al establecer normas claras y precisas, se pueden mitigar los riesgos y garantizar que la investigación y el uso de las Nanotecnologías se realice de manera ética y sostenible.

Existen pocas organizaciones que llevan a cabo estos marcos regulatorios y el establecimiento de normas. Entre estas organizaciones se incluyen la FDA en Estados Unidos, Nano Scale en Irán, Nano Certifica en Rusia, Nanohealth en Irán y NANOVerify en Malasia (Anzaldo Montoya y Hernández Adame, 2023). Estas entidades tienen derecho de solicitar el cumplimiento de ciertas regulaciones, que abarcan desde estándares hasta certificaciones técnicas. “Un aspecto ya mencionado con respecto a la Nanociencia y la Nanotecnología que requiere reflexión y análisis es si su naturaleza es de carácter evolucionario o revolucionario” (Álvarez-Láinez et al., 2020, p. 7). Sin embargo, se considera revolucionario, ya que la Nanotecnología es quien lidera la Cuarta Revolución Industrial.

A inicio del siglo XXI, se registró un aumento significativo en la inversión destinada a actividades de investigación y desarrollo en este nuevo modelo emergente. Durante el periodo de 1997 a 2009, el gasto gubernamental en I+D (Investigación y Desarrollo) alcanzó un crecimiento anual del 16.6% en el mundo. Estados Unidos presentó una tasa de 19.5%, mientras que la Unión Europea alcanzó un 25.4% y Japón con 24.7%. Resulta especialmente destacable el crecimiento observado en países de nueva industrialización como Corea y Taiwán, así como en otros países emergentes como China, Rusia e India (Guzmán et al., 2018).

La inversión es un factor clave para el avance, desarrollo, estudio e introducción de las Nanotecnologías en los países, ya sea con recursos del gobierno o inversión del sector empresarial, dado que estas variables difieren entre países, a través de esto se generan brechas entre naciones y en diversas áreas como el conocimiento, la investigación y el avance tecnológico. Esto ha provocado una discusión sobre lo que depara el futuro de la investigación y el progreso en todas las áreas científicas. Algunos sostienen que estará condicionado por los intereses empresariales y financieros a escala mundial (Beck, 2002 como se citó en Castañeda Olvera, 2020).

En 2008, la inversión global en I+D, financiada tanto por el sector público como por el privado, alcanzó los 15 mil millones de dólares, siendo Estados Unidos el principal contribuyente con 3.7 miles de millones de dólares (Roco, 2011 como se citó en Guzmán et al., 2018). Los principales impulsores del desarrollo de las Nanotecnologías son Estados Unidos, Japón, China, Corea y la Unión Europea, quienes destinan importantes

fondos gubernamentales para fortalecer la investigación en este ámbito científico (Medina et al., 2015, como se citó en Restrepo-Betancour, 2023). Resulta evidente la importancia que tiene la inversión en investigación y desarrollo para el progreso de la sociedad. Esta inversión constituye la base para el avance científico y tecnológico, permitiendo la creación de nuevos conocimientos e innovaciones, que a su vez contribuyen a la mejora en la calidad de vida de las personas. Así, resulta fundamental que se continúe destinando recursos a esta área y que se fomente la colaboración entre estados y empresas para impulsar el desarrollo de nuevos proyectos y avances en esta área.

De acuerdo con Roco (2011), el mercado mundial de productos nanotecnológicos experimentó un crecimiento promedio anual del 25% entre los años 2000 y 2008, pasando de 30 mil millones de dólares a 200 mil millones de dólares. De esta cantidad, 80 mil millones de dólares corresponden a Estados Unidos, en particular a los productos de nanoestructuras. Dicho autor también señala que se proyectaba que para el año 2015, este mercado alcanzaría un valor de 1 millón de millones de dólares, con una contribución de 800 mil millones de dólares por parte de Estados Unidos.

Según el estudio realizado por Guzmán et al. (2018), Estados Unidos destaca como el principal país productor de innovaciones en Nanotecnología, tal y como se evidencia en el elevado número de patentes registradas por la Oficina de Patentes y Marcas Registradas (USPTO), tanto por residentes como no residentes. De hecho, este país acumula el 63% de las patentes analizadas. A considerable distancia, se ubican otros países como Japón con el 10%, Corea del Sur con 7%, Alemania 4%, Taiwán 3% y China con 2%.

El potencial del mercado de las Nanotecnologías es muy atractivo. Según la Stat Nano (2023), existen 11,171 productos con Nanotecnología en el mundo, relacionados con alrededor de 3,910 compañías que operan en 68 países. El sitio web Nanowerk tiene como objetivo la promoción de la información acerca del avance de la Nanotecnología en el mundo, una de las varias bases de datos que posee es el registro global de empresas enfocadas en esta tecnología (nanowerk, 2015). Los Estados Unidos tienen el liderazgo con 1,632 empresas, seguido por China con 453, Alemania con 409, Reino

Unido con 326, Irán con 308, India con 215, Canadá cuenta con 206, Australia con 133 y Japón con 125 (Stat Nano, 2024).

En la región latinoamericana, es común encontrar que la mayoría de las compañías dedicadas a las Nanotecnologías se enfocan en la etapa final de la cadena de producción, incorporando la materia prima funcionalizada en el producto final (Foladori, 2016).

En los primeros años del siglo XXI, varios países latinoamericanos empezaron a crear sistemas para explorar y promover las Nanotecnologías. Aunque, en su mayoría, aún no tienen un registro oficial que enumere las empresas, productos y áreas económicas que utilizan estas tecnologías (Arteaga, 2022). En algunos países de América Latina, como Brasil, México y Argentina, la investigación en el campo de las ciencias de materiales a escala nanométrica no se originó a partir de ninguna política pública específica para fomentarla (Foladori, 2016). Aunque no exista una reglamentación específica, la presencia e incorporación de las nanotecnologías en América Latina ha aumentado. Sin embargo, este crecimiento no ha sido tan acelerado como en los países desarrollados.

América Latina ha experimentado un crecimiento notable en el campo de la Nanotecnología en las últimas décadas. Aunque hay diferencias entre los países en términos de inversión, investigación y desarrollo, el interés regional es evidente. Brasil es, sin duda, uno de los líderes en Nanotecnología en América Latina. Con inversiones significativas del gobierno y la creación de centros de investigación dedicados, Brasil ha demostrado un fuerte compromiso con esta área de la ciencia. Su diplomacia científica se ha manifestado en acuerdos bilaterales con países como Argentina y México en el ámbito de la Nanotecnología. (Melo, 2011 como se citó en Vega Baudrit & Vargas-Solórzano, 2024, p. 19)

Es innegable que en varios países de América Latina se han invertido recursos considerables en investigación científica y tecnológica. Aunque determinar con precisión el monto exacto de los fondos públicos y privados indicados a esta área puede ser desafiante, existen algunas cifras que han sido mencionadas en este contexto.

En el caso de Argentina, se han citado 50 millones de dólares entre los años 2006 y 2010. En Brasil, se estimó que el Ministerio de Ciencia y Tecnología destinó alrededor de 190 millones de dólares entre 2004 y 2009, sin incluir los fondos de los Estados, que, en el caso de San Pablo, Minas Gerais y Río de Janeiro, la suma estaría por encima de los 60 millones de dólares en ese mismo periodo; para México fue cercana a los 60

millones de dólares entre los años 2005 y 2010. Finalmente, en Chile se mencionan 30 millones de dólares entre los años 2005 y 2010 (Foladori, 2016).

El crecimiento e investigación de la tecnología de lo diminuto y su práctica adquirida a nivel global se valida con los datos anteriores. Las Nanotecnologías Iniciaron como un campo prometedor, ahora son una disciplina clave para todos sectores económicos, y cuentan con un comportamiento acelerado en su incorporación.

2.2 Las Nanotecnologías en México: de la Teoría a la Realidad

La Teoría del Triple Hélice sostiene que la colaboración entre la industria, la academia y el gobierno es esencial para generar avances en ciencia, tecnología e innovación, lo que contribuye a mejorar las condiciones en una sociedad fundamentada en el conocimiento (Etzkowitz & Leydesdorff, 1997, como se citó en Sepúlveda López, 2023).

En México y en otros países de Latinoamérica, la investigación y desarrollo en Nanotecnología se realiza principalmente en las áreas donde se encuentran las instituciones con una larga trayectoria en investigación en ciencias físicas y químicas; tales como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV); el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT); el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMA); Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE); y el Centro Nacional de Metrología (CENAM). Recientemente la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) ha desarrollado investigación importante en esta área a través de los grupos de investigación de ciencia de los materiales y microelectrónica del Instituto de Ingeniería y Tecnología (Jiménez & Muñoz, 2013).

México ha desarrollado diversos Institutos y Centros de Investigación especializados en el campo de las Nanotecnologías. En términos de diplomacia científica, su enfoque ha sido la concreción de acuerdos y colaboraciones con Instituciones Académicas y Centros de Investigación tanto en Estados Unidos como en Europa. Asimismo, ha trabajado en el fortalecimiento de las relaciones regionales, como se puede observar en sus pactos con Brasil y otros países de América Latina (Vega Baudrit & Vargas-Solórzano, 2024).

El desarrollo de cualquier tecnología no puede concebirse sin su apartado educativo, en ese sentido México cuenta con oferta educativa en materia Nanotecnológica, en la actualidad “hay 60 programas educativos orientados a las NTs, distribuidos en 8 técnicos superiores universitarios, 30 licenciaturas, de las cuales 24 son ingenierías; 11 Maestrías y 11 Doctorados” (Villa Vázquez, 2022, p.7). Esta oferta educativa es esencial para preparar a una nueva generación de científicos y tecnólogos que asistirán al progreso y aplicación de las Nanotecnologías en el país.

Para lograr una posición destacada en el ámbito de las Nanotecnologías, es necesario impulsar el desarrollo de habilidades científicas y tecnológicas (Vega Baudrit & Vargas-Solórzano, 2024). Villa Vázquez (2022) plantea que la oferta educativa a nivel superior en el tema, se ofrece en 21 estados de la República Mexicana. Las tres entidades con mayor oferta educativa en esta área son: Estado de México con 8 programas, seguido de Nuevo León con 6, y posteriormente Baja California con 5.

En México, se desarrollan proyectos de investigación en Nanotecnología que se enfocan principalmente en la exploración de nanomateriales; como los nanotubos de carbono en el Grupo de Materiales Avanzados del IPICYT, así como en la obtención de nanoestructuras, nanoalambres y nanopartículas de diferentes materiales en proyectos del CIMAV. Estos proyectos son resultado de la creciente inversión en investigación y desarrollo en el campo de la Nanotecnología en México, lo que permite el avance en la comprensión de las propiedades y aplicaciones de los nanomateriales y su impacto en diversos campos de aplicación (Jiménez & Muñoz, 2013).

En el entorno actual, las naciones han reconocido la importancia de integrar la ciencia, la tecnología y la innovación en sus políticas de desarrollo y económicas como un aspecto fundamental para incrementar la sostenibilidad y enfrentar una variedad de desafíos a nivel global (Vega Baudrit & Vargas-Solórzano, 2024). No existe política pública explícita en Nanotecnología, sin embargo, el CONAHCYT ha sido quien ha acompañado el desarrollo de estas tecnologías, a partir de financiamiento, investigación y demás.

México cuenta con una presencia significativa en el campo de las Nanotecnologías en América Latina, es el segundo país más avanzado en investigación y desarrollo de las Nanotecnologías. Pero las políticas del país están enfocadas en la colaboración entre

el sector empresarial, gubernamental y académico en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación. Esto implica que la investigación y el desarrollo en México están subordinados a las demandas empresariales, fomentando así una mayor vinculación entre la academia y la industria (Foladori et al., 2017).

Según las investigaciones, es posible sostener que la participación en las cadenas de valor (las cuales son herramientas, en las cuales se encuentran las actividades que realizan las empresas, clasificándolas como categorías, y donde se agrega valor a los productos) de la Nanotecnología no es una garantía de beneficio para las empresas o países que se involucren en ellas (Foladori, 2016). Por lo tanto, es importante que antes de tomar la decisión de entrar en este tipo de industria, se realicen estudios rigurosos que permitan evaluar los riesgos y beneficios de forma adecuada, sin embargo, no es lo que se hace realmente.

La Nanotecnología representa un área con mayor potencial en los últimos años, una gran fuente de innovación y desarrollo en la economía mundial. No obstante, también existen preocupaciones en torno a los impactos económicos, sociales y ambientales que esta tecnología puede tener.

Demostrando el creciente interés del sector privado en el desarrollo de productos basados en Nanotecnología, para el 2016, alrededor de 50 empresas en México se dedicaban a la investigación de productos que involucran Nanotecnología. Estas empresas, algunas con investigación propia y otras asociadas a universidades e institutos, forman parte del clúster de Nanotecnología en Nuevo León. Durante el periodo del 2000 al 2015, se registró un aumento en las solicitudes de patentes de Nanotecnología en México, así como en los artículos científicos coautorados por la industria, lo que evidencia el creciente interés del sector privado en esta tecnología (Juanico, et al., 2016). Esta tendencia no solo comprende a las empresas tecnológicas, o las que se ubican arriba en las cadenas de valor. Nos menciona Saldívar López (2023, p. 9) que:

A veces también se pueden incluir empresas de industrias que se ubican más abajo en la cadena de valor, como aquellas que se dedican a distribución, productores de productos complementarios, proveedores de infraestructura especializada, organismos de gobierno o agencias que se dedican a establecer estándares. Asociaciones de comercio y otras organizaciones o colectivos privados también pueden proveer un papel de apoyo a los miembros del clúster.

Es necesario destacar que esto puede deberse a la falta de inversión y capacitación específica en las fases iniciales de la cadena, lo que limita la capacidad de innovación y desarrollo de nuevas tecnologías con un mayor valor agregado.

El estudio realizado Appelbaum et al. (2016) titulado "*Inventario de empresas de Nanotecnología en México*" revela que más del 50% de las compañías de Nanotecnología se encuentran en la fase final de la cadena de valor, mientras que solo el 4% de las empresas se dedican a la producción y manipulación de la materia.

Se observa que México ha destinado un presupuesto reducido para actividades de investigación y desarrollo, ocupando en 2012 el penúltimo lugar en comparación con otros países de la OCDE, con un 0.43% del PIB según datos de la OCDE en 2014. A su vez, se ha observado que en la mayoría de los países de la OCDE el gasto para investigación y desarrollo representa alrededor del 2% del PIB, pero en México ha sido inferior al 0.5% en los últimos 15 años (Foladori et al., 2017).

Saldívar Tanaka (2021), menciona que para enfrentar los desafíos al crecimiento que tiene México, al igual que cualquier otro país en constante cambio y desarrollo, se necesitan nuevas ideas, conocimientos y tecnologías, así como políticas públicas claras y explícitas en áreas como economía, industria, comercio, ciencia, tecnología e innovación.

México aún no dispone de una estrategia nacional de desarrollo para las Nanotecnologías, a pesar de que la necesidad de su elaboración fue considerada desde el año 2001, y posteriormente reafirmada en los años 2008 y 2014 (Foladori et al., 2017).

Es necesario que México establezca una estrategia clara y bien definida que permita aprovechar el potencial de las Nanotecnologías en el país, y propicie el desarrollo económico y social en la región. La creación de una estrategia nacional de desarrollo de las Nanotecnologías permitiría el fomento de la investigación y desarrollo en dicha área, y la creación de políticas públicas eficientes para afrontar los retos y oportunidades que se presentan en el desarrollo de tecnologías como las Nanotecnologías. Esto podría atraer inversiones extranjeras y nacionales, y proporcionar una mayor comprensión de cómo la Nanotecnología puede ser aprovechada en beneficio de México y de la sociedad en general.

Aunque no existe un registro completo de los gastos en Nanotecnología en México, se pueden identificar dos fuentes específicas de financiamiento. En primer lugar, la Red Nacional de Nanociencia, la cual se enfoca específicamente en Nanotecnología, contó con un presupuesto de alrededor de 700,000 dólares para su operación durante los primeros 5 años, y en la que participaron cerca de 160 investigadores. Por otro lado, la segunda se destaca la creación de dos laboratorios nacionales de Nanotecnología en 2007, cada uno con un costo aproximado de 1.8 millones de dólares (Foladori et al., 2017).

Foladori (2016) menciona que a diferencia de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y de la Biotecnología, la Revolución de las Nanotecnologías surgió en un ambiente económico más concentrado y fue rápidamente dominada por las grandes corporaciones. Esto ha dificultado el acceso de las pequeñas y medianas empresas de países en desarrollo, a los beneficios de esta tecnología.

En el caso particular de México se ha distinguido la adopción de las Nanotecnologías por diversas empresas y el estudio e investigación por diversos institutos esto a través de programas de investigación y colaboraciones internacionales. México ha avanzado poco en la capacidad de adquirir esta nueva tecnología. Sin embargo, la investigación ha contribuido a posicionar el país como uno de los principales en América latina.

2.3 Empresas que Integran las Nanotecnologías en México

En México, las empresas de Nanotecnología enfrentan un gran desafío debido a la ausencia de un marco regulatorio específico, lo que puede a su vez restringir la inversión y limitar la comercialización de sus productos. Ortiz (2019), indica que la falta de transparencia del marco regulatorio puede incluso representar un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Es importante, por lo tanto, incentivar las inversiones en investigación y desarrollo de estas empresas para tener acceso a tecnologías más avanzadas y poder competir en el mercado (Coordinación de Innovación y Desarrollo Tecnológico, 2014). Suárez e Hidalgo (2017), proponen que, una estrecha colaboración entre empresas y Centros de Investigación y académicos a nivel nacional e internacional puede favorecer el intercambio de conocimientos y la experimentación conjunta.

En México, diversas Instituciones y Centros de Investigación, como Laboratorios, Universidades e Institutos, colaboran y trabajan con Nanotecnología. (S.E, 2008., como se citó en Záyago Lau & Foladori, 2010). El país se convierte en 2014 en el octavo lugar entre los miembros de la OCDE, por el número de empresas destinadas a investigar, algunas otras a comercializar (entre otras actividades) las Nanotecnologías. (OECD, s/f. Cómo se citó en Záyago Lau, et al.,2015).

En México para el año 2023 contaba con 133 empresas que trabajan con Nanotecnología, y en los cuales los estados que más presencia tienen son; Nuevo León con 33 empresas, Jalisco con 9, México con 9, Distrito Federal con 36 y Guanajuato con 6 (Arteaga Figueroa, 2023).

Tabla 3. Empresas nanotecnológicas según su ubicación en la cadena de valor

Nano materia prima según base	No.	Nano intermediarios	No.	Productos finales	No.	Herramientas y equipo	No.
Carbón	3	Circuitos	14	Vestimenta, deportes y hogares	17	Equipo de análisis	5
Inorgánica	1	Recubrimientos	11	Cuidado personal y alimentos	17		
Metálica	9	Compuestos	15	Construcción e industria	21		
Polímeros	7	Componentes electrónicos	1	Salud	9		
Semimetálicos	1			Transporte	8		
Total	21		41		72		5
					51.		3.
	15.1		29.5		8		6
	1%		0%		%		%

Nota: Adaptado de Análisis económico sectorial de las empresas de nanotecnología en México. Záyago Lau, E., Foladori, G. Villa Vázquez, L., Appelbaum, R. P. & Arteaga Figueroa, R. (2015). *Instituto de Estudios Latinoamericanos* 15 p. 19.

Tabla 4. Empresas según producción de medios de consumo o producción

	Cantidad
Nano materiales	21
Nano intermediarios	41
Productos finales (construcción e industria; transporte)	29
Herramientas y equipo	5
sub total	96 (69%)
Producen medios de consumo	
productos finales (vestimenta, deportes y hogar; cuidado personal y alimentos; y, salud)	43
sub total	43 (31%)
TOTAL	139

Nota: Adaptado de Análisis económico sectorial de las empresas de nanotecnología en México. Záyago Lau, E., Foladori, G. Villa Vázquez, L., Appelbaum, R. P. & Arteaga Figueroa, R. (2015). *Instituto de Estudios Latinoamericanos* 15 p. 17.

En México, hay una variada distribución de los sectores en los que se agrupan las empresas de tecnología. El sector químico se destaca como el que cuenta con 17 empresas, seguido por el sector eléctrico y el de tratamiento de agua, con 8 cada uno. Además, el sector de comercialización y distribución de productos importados reúne a 6 empresas, mientras que los sectores de alimentos y nanomateriales agrupan a 5 empresas. También hay varios sectores que incluyen de una a tres empresas (se recomienda ir al anexo tabla 1, para observar el número de empresas en cada sector) (Záyago Lau et al., 2013).

La mayoría de las empresas de Nanotecnología se concentran en la Ciudad de México, el Estado de México, Nuevo León, Jalisco y Baja California. Estos estados cuentan con una alta densidad de instituciones de investigación y universidades, lo que ha fomentado su desarrollo y crecimiento en el sector (Coordinación de Innovación y Desarrollo Tecnológico, 2014).

Según la Coordinación de Innovación y Desarrollo Tecnológico (2014), en específico, la Ciudad de México se ha convertido en un significativo núcleo de investigación y progreso tecnológico en territorio mexicano, gracias a su cantidad de universidades y centros de investigación. Nuevo León se posiciona como otro de los principales puntos para la innovación en el rubro de la Nanotecnología dentro del territorio mexicano, esto en parte debido a su destacada presencia en la industria

automotriz y electrónica. Algunas de las empresas de Nanotecnología que destacan en el Estado de Nuevo León, abarcan a Nanoledge y Nanoimmunotech. Otros territorios novedosos para la exploración y desarrollo de la Nanotecnología en México incluyen a Tijuana en Baja California, con empresas como Mexan y Nanox Tecnologías. Otros estados, así como Guadalajara, Jalisco, en él se sitúa la compañía Bioarray, la cual se especializa en la fabricación de microchips para ADN y proteínas.

En el sector empresarial en territorio mexicano se destaca la contribución el desarrollo y utilización de la tecnología de lo diminuto en diversos sectores industriales.

Estos sectores son ejemplos de impulso a la innovación en el país, las innovaciones se ven reflejadas en la producción, en los cambios a los productos y herramientas que utilizan. Sin embargo, no todas son de origen nacional ya que existe la presencia de empresas transnacionales con sede en México.

2.4 Nano Patentes en México

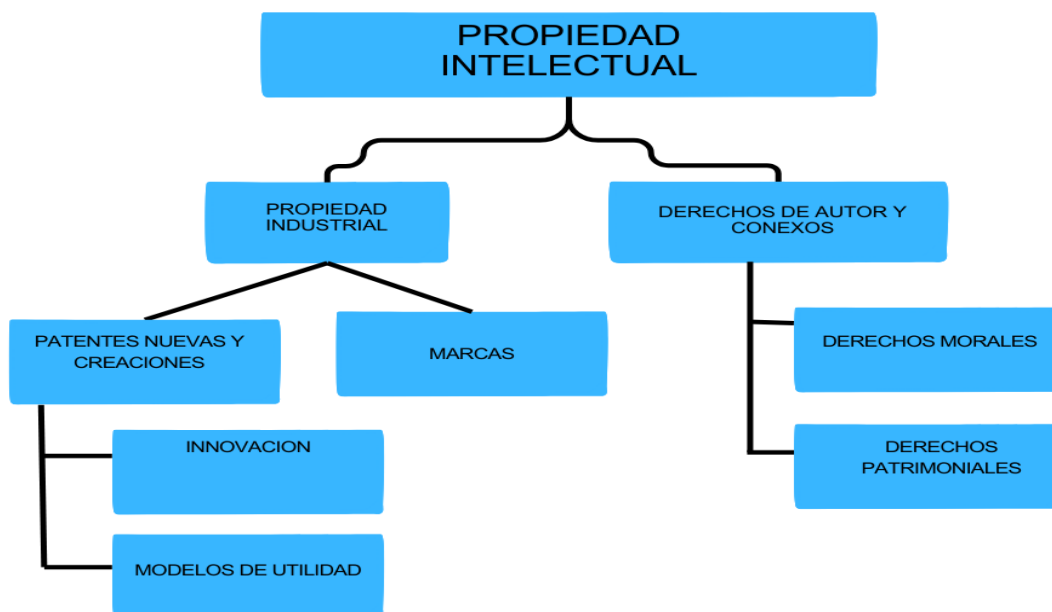
Una parte de gran importancia en el estudio de las Nanotecnologías implementadas en México son las patentes, ya que esta es una forma a través de la cual se puede medir la productividad económica en el rubro de las invenciones. Hay diferentes formas de medir los resultados de la ciencia, como la cantidad de trabajo producido, la especialización en áreas específicas, la influencia basada en citas, la colaboración entre científicos y las menciones en patentes (Sancho-Lozano, 2002, como se citó en Anzaldo Montoya, 2022).

Según la WIPO (World Intellectual Property Organization, s. f.) una patente representa un privilegio único otorgado a una creación, permitiendo al titular decidir sobre su uso por parte de otros. A cambio de este derecho, el titular divulga la información técnica pertinente en el documento de patente, haciéndola accesible al público.

En el ámbito económico podemos mencionar que estos derechos exclusivos que se generan en una patente, tienen como consecuencia la creación de pequeños monopolios. Mencionan Pastrana et al. (2014) que las patentes reflejan el progreso de una comunidad al aplicar sus esfuerzos en investigación. Además, proporcionan una medida para evaluar los logros en la integración de nuevas tecnologías en la sociedad.

Una patente es el derecho a la propiedad intelectual y el uso exclusivo, y este a su vez se divide en varios rubros, en los cuales se pueden clasificar las diversas invenciones como se muestran en la figura 12.

Figura 12. Propiedad Intelectual



Nota: Adaptado de Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina. Pastrana, H. F., Ávila, A. & Moreno, G. (2012). *Mundo nano*. 5(9), p. 5.

En este caso, las Nanotecnologías entrarían en el rubro de propiedad intelectual, en patentes nuevas y creaciones, y por ende en innovación. “La aplicación de las patentes sólo tienen validez en el territorio donde fueron solicitadas” (Pastrana et al., 2014, p. 59). Sin embargo, el trámite de patentes no es exclusivo para los residentes del país donde se realiza la misma, es decir, en México cualquier persona de cualquier país puede patentar, siempre y cuando se cumpla con los requisitos que se solicitan. En la siguiente tabla se puede observar el comportamiento de patentes en México en diversos años y es factible observar el número de patentes que pertenece a residentes y no residentes

Tabla 5. Patentes otorgadas en México.

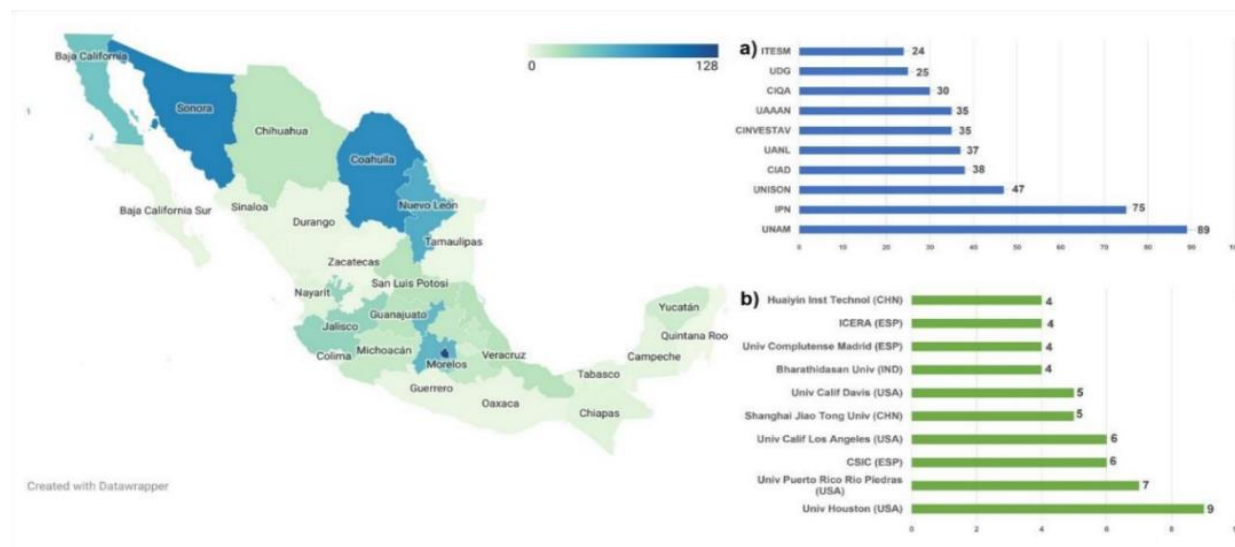
Oficina	Tipo	2019	2020	2021	2022
México	Total	8702	7726	369	9698
México	Residente	438	397	618	507
México	No residente	8264	7329	9751	9191

Nota: Adaptado de WIPO - World Intellectual Property Organization, s. f. <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>.

Podemos observar que en todos los años estipulados poco más del 94% de las patentes otorgadas en territorio mexicano fue concedido a personas no residentes. Mientras que un poco más del 5% fue con nacionales. Sin duda alguna, es una cifra muy llamativa dada su notoria desigualdad.

Un ejemplo claro de la participación extranjera es en las publicaciones asociadas a la agricultura y la alimentación, que, en el estudio realizado por Anzaldo Montoya en 2022, encontró que 298 donde 97% de estos trabajos fueron publicados en idioma inglés, ya que fueron trabajos con coautores y con una participación del 38% por investigadores internacionales. Encontró que las colaboraciones más significativas fueron con Estados Unidos y España, seguido de Brasil. Se espera que la colaboración entre México y China se fortalezca, dado que China lidera en la producción de agro Nanotecnología. (Anzaldo Montoya, 2022). Este es un escenario bastante comprometedor para México en especial por los lazos económicos entre los países involucrados y dadas las altas cifras de participación internacional. En cuanto a la distribución en el territorio nacional se contempla que los principales estados con mayor participación son CDMX, Sonora y Coahuila.

Figura 13. Distribución geográfica de la producción científica en Nanotecnología aplicada a la agricultura y la alimentación en México (2004-2020). a) Principales instituciones nacionales b) principales instituciones de colaboración internacional.



Nota: Adaptado de Agenda de investigación pública y privada sobre nanotecnología en agricultura y alimentación en México. Anzaldo Montoya, M. A. (2022). p. 4.

Mencionan Pastrana et al. (2014) que en la base de datos de WIPO, hay inventos relacionados con Nanotecnología en América Latina, pero solo personas de Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México han solicitado patentes. Esto se ha dado debido a que los demás países de América Latina no cuentan con el mismo nivel de desarrollo económico, o el mismo nivel de inversión extranjera, así como diversos factores económicos que juegan un papel fundamental en el mercado de patentes y para desarrollar las mismas.

La Nanotecnología como una tecnología emergente es una llamativa fuente de inversión a nivel mundial y a su vez de solicitudes de patentes por diversas empresas. De acuerdo con Pastrana et al. (2014) a nivel mundial, hay alrededor de 100,000 patentes de Nanotecnología, pero solo 333 (0.33%) del total de patentes otorgadas se encuentran en territorio Latinoamericano, la mayoría de estas patentes, el 90%, se encuentran en Brasil y México. Primero Brasil seguido de México. De acuerdo a Foladori et al. 2018, la primera patente de Nanotecnología registrada en México data de 1993,

alrededor del mismo tiempo que se empezaron a otorgar patentes de Nanotecnología en otras partes del mundo.

Hasta el 2018, en una clasificación realizada por Foladori et al. (2018), arrojaron la siguiente tabla:

Tabla 6. Patentes de Nanotecnología en México de acuerdo a su concordancia con el sector económico.

Sectores y números de usos (códigos) registrados bajo la clasificación NACE para las patentes de Nanotecnología mexicana por sector				
No.	NACE Number by sector	Sector	Number of patents	% Patents by sector
1	10	Manufactura de productos alimenticios	3	1.4
2	15	Manufactura de pieles y derivados	1	0.5
3	17	Manufactura de papel y productos de papel	1	0.5
4	19	Manufactura de carbón y productos refinados de petróleo	4	1.8
5	20	Manufactura química y productos químicos	90	41.5
6	21	Manufactura de productos fármacos básicos y productos farmacéuticos	33	15.2
7	22	Manufactura de ligas y productos plásticos	6	2.8
8	23	Manufactura de productos minerales no metálicos	18	8.3
9	24	Manufactura de metales básicos	5	2.3
10	25	Manufactura de productos fabricados de metal excepto maquinaria y equipo	7	3.2
11	26	Manufactura de productos de computación, electrónica y ópticos	31	14.3
12	27	Manufactura de equipo eléctricos	3	1.4
13	28	Manufactura de maquinaria y equipo N. E. C *	8	3.7
14	32	Otras manufacturas	6	2.8
15	43	Actividades especiales de construcción	1	0.5
TOTAL			217	100.0

Nota: Adaptado de Foladori et al. (2017), Sectores económicos de potencial aplicación de las patentes de nanotecnologías en México

La tabla 6 muestra que solo el 1.4% del total de patentes en México hasta el 2018, representaban alimentos que contenían Nanotecnología. Importante señalar, que este porcentaje puede incrementarse si está relacionado con alguna otra manufactura o sector dentro de la industria alimentaria. Un ejemplo es la manufactura de ligas y productos plásticos, como en la producción de empaques para alimentos.

El número de patentes es un indicador engañoso, ya que puede dar la impresión de una alta actividad de innovación. Sin embargo, al examinar detenidamente quiénes están patentando, se observa que en muchos países son principalmente extranjeros los que registran patentes. Si se excluyen las patentes extranjeras, el número de patentes nacionales se desploma, especialmente en economías como la de nuestro país.

Además, una patente protege una invención, pero no siempre se traduce en un producto en el mercado. Muchas patentes se registran simplemente para impedir que otros las exploten. Por lo tanto, aquellas patentes que nunca se convirtieron en productos comerciales, se transforman en activos intangibles para las empresas.

CAPITULO 3. Aplicaciones Nanotecnológicas en la Industria Alimentaria en México, 2000-2023.

En este último capítulo tratara de hacernos ver como se están incorporando las Nanotecnologías en los alimentos y en industria alimentaria en general, así como el desarrollo que tienen actualmente y la presencia del sector empresarial con la que cuenta México. El presente capitulo se divide en tres subtemas; en primer lugar, se examina el tema “las empresas nano vanguardistas: revolucionando el mercado”, posteriormente se examinan “los nanomateriales transformando el mundo de los alimentos” y finalmente en el último tema se dan a conocer “los resultados y análisis”.

3.1 Empresas Nano Vanguardistas: Revolucionando el Mercado

Los agentes económicos (gobierno, familia y empresas) representan gran relevancia en la creación de riqueza. Se conoce que el gobierno es la máxima autoridad del Estado, la familia es la sociedad, quien consume, ahorra y vende su fuerza de trabajo. Por último, para Sánchez Galán (2024), una empresa se define como un grupo de individuos que gestionan recursos específicos con el fin de obtener ganancias económicas. Este propósito se alcanza mediante la creación de un producto o servicio que responda a las necesidades de la población.

Hemos señalado que las necesidades de las personas evolucionan con el tiempo, lo que requiere que las empresas se adapten, mejorando así sus productos mediante las innovaciones. En la dinámica actual del capitalismo, el principal objetivo de las empresas es maximizar sus ganancias, y la integración de tecnologías contribuye significativamente a alcanzar este fin o en la reducción de costos de producción. En respuesta a estos avances, se han incorporado las nanotecnologías en algunas compañías. “La nanotecnología trae grandes transformaciones y desafíos a la vida cotidiana (Da Silva D’ávila et al., 2021, p. 15). Sin embargo, su adopción sigue siendo motivo de debate, ya que las innovaciones tecnológicas emergentes poseen tanto

potencialidades como aspectos cuestionables, especialmente en lo que respecta a su impacto en la salud humana y el medio ambiente.

Abordar la Nanotecnología de manera responsable puede ayudar a aprender a lidiar con la amplia gama de riesgos para la salud, la seguridad humana y ambiental en nuestro planeta que cambia rápidamente. (Dana, 2012 como se citó en Da Silva D'ávila et al., 2021, p. 5)

En la actualidad las empresas que incorporan las Nanotecnologías enfrentan un gran desafío debido a la ausencia de un marco regulatorio, pero esto no ha sido un impedimento para el crecimiento de éstas en el sector industrial. De hecho, las primeras empresas con venta de productos de las Nanotecnologías empezaron a operar en la segunda mitad de la década de los años noventa en Estados Unidos (Záyago Lau et al., 2016). Esto muestra el rápido avance e incorporación de las tecnologías de lo diminuto en las corporaciones. Respecto a este proceso Záyago Lau et al. (2016, p. 179) mencionan lo siguiente:

El rápido crecimiento de las Nanotecnologías ocurrió entrada la primera década del siglo XXI. Como resultado del lanzamiento de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de Estados Unidos en 2001, empresas de varios países se integraron a la competencia por ganar espacios en el mercado nanotecnológico mundial.

De acuerdo con Hupffer y Lazzaretti (2019), hasta el 10 de diciembre de 2018, StatNano reportó que había 2,084 empresas de 59 países que ofrecían un total de 8,523 productos de Nanotecnología en el mercado. Para el año 2024, hay un total de 3,910 empresas distribuidas en 68 países alrededor del mundo, las cuales ofrecen aproximadamente 11,171 productos en el mercado global (StatNano, 2024). Menciona Da Silva D'ávila et al. (2021), que el empleo de las Nanotecnologías a nivel global está experimentando un crecimiento constante, convirtiendo a esta área en una de las innovaciones más destacadas en el ámbito productivo. La cuarta revolución industrial, se fundamenta principalmente en la Nanotecnología, y ésta influye incluso en tecnologías clave como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas.

Según Záyago Lau et al. (2016), hacen mención a que diversos motivos impulsaron a algunas organizaciones y gobiernos a llevar un registro o inventario de los productos de Nanotecnología que se introducían en el mercado y de las empresas que los fabricaban. Uno de estos motivos es la importancia económica de esta revolución

tecnológica, que anticipa cambios en la forma de organizar la producción y la distribución del trabajo. Un ejemplo claro de lo anterior es Nanowerk, portal web líder que difunde información sobre el desarrollo de las Nanotecnologías y mantiene una base de datos global de compañías nanotecnológicas.

Para poder establecer un organismo encargado de constituir y difundir la información, a través de la instauración de una autorregulación supervisada, es de suma importancia que se comprendan y se introduzcan cuatro conceptos a las empresas e industrias que operan con Nanotecnologías y nanomateriales. Estos conceptos son: Investigación e Innovación Responsable (RRI), Aspectos Éticos, Legales y Sociales (ELSA), la empresa ciudadana y la metodología de seguridad desde el diseño (safe by design), los cuales constituyen componentes esenciales de estos mecanismos (Tavernaro et al., 2021).

Se ha mencionado que Estados Unidos es el país más avanzado en términos de desarrollo y aplicación de las Nanotecnologías en sus productos y servicios. Esta tendencia puede explicarse por varios factores, como la inversión en investigación y desarrollo, la disponibilidad de recursos financieros, humanos, y políticas gubernamentales favorables al desarrollo de las Nanotecnologías.

México no se ha quedado atrás en el desarrollo de las Nanotecnologías. En Latinoamérica, después de Brasil, México destaca como uno de los principales contribuyentes en investigación, patentamiento y aplicación de esta tecnología. Este hecho se explicita en el análisis de Arteaga Figueroa sobre el inventario de empresas, actualizado en enero de 2023, el cual revela que 132 empresas mexicanas han incorporado las Nanotecnologías en sus operaciones.

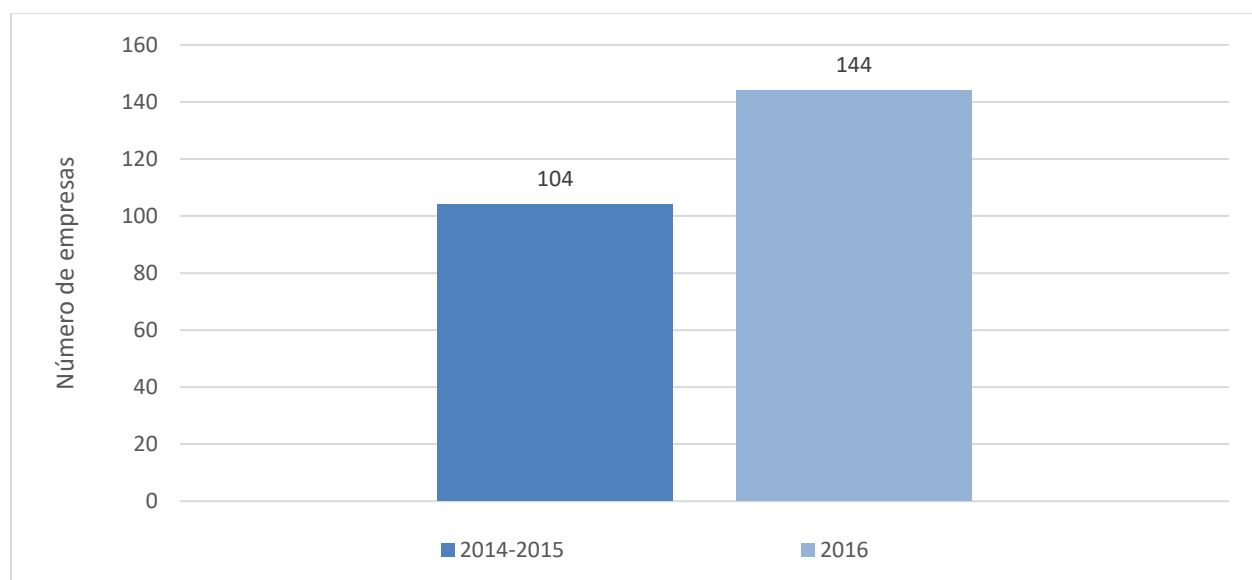
Los estudios realizados para identificar las empresas que utilizan la Nanotecnologías en México han proporcionado información valiosa sobre las entidades que lideran el uso de esta tecnología en el país.

En 2015, se encontró una alta concentración geográfica de empresas que utilizan Nanotecnología en México, especialmente en la Ciudad de México y estados cercanos, así como en el estado de Nuevo León.

Con la información publicada por Arteaga Figueroa en ReLANS, se puede observar que, en 2023, la distribución geográfica de las empresas que emplean las

Nanotecnologías en México muestra que el Distrito Federal y Nuevo León lideran con una participación del 27.27% cada uno, posicionándose como los principales estados en desarrollo de esta tecnología. Les siguen Jalisco y México, cada uno con una participación del 6.82%. En conjunto, estos cuatro estados concentran el 68.18% de las empresas que utilizan las Nanotecnologías en el país.

Figura 14. Empresas que realizaron actividades relacionadas con el uso de Nanotecnología 2014-2015 y 2016



Nota: Elaboración propia con datos tomados de INEGI, 2019, Conahcyt e INEGI presentan resultados de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) 2017, Conahcyt.

En base en datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2019, se registró un aumento del 38.5% en el número de empresas que utilizan las Nanotecnologías en sus procesos productivos en comparación con el periodo anterior.

Es importante tener en cuenta que no todas las empresas que utilizan Nanotecnología son nacionales. Algunas empresas tienen orígenes transnacionales y se establecen en México (véase tabla 3A en el anexo). Por lo tanto, es fundamental considerar la presencia de empresas extranjeras en el mercado Nanotecnológico al momento de realizar análisis y estudios en este ámbito. La presencia de empresas transnacionales en México puede tener un impacto significativo en la competencia y en la

concentración geográfica del mercado, por lo que es esencial tener en cuenta este factor al evaluar la situación del mercado de las Nanotecnologías en el país.

3.2 Los Nanomateriales Transformando el Mundo de los Alimentos

El avance tecnológico en distintas áreas y sectores de la economía impulsan cada vez más el desarrollo económico. El sector de la industria alimentaria es uno de estos sectores donde se ha implementado. Un claro ejemplo es la utilización de las Nanotecnologías.

La industria de alimentos y su relación con la Nanociencia y la Nanotecnología se considera una prioridad en el avance del sector, ya que esto podría impulsar tanto el bienestar de los consumidores locales como el crecimiento económico del país al posibilitar la competencia global con productos alimentarios innovadores. (Almengor, 2009). Son muchas las organizaciones internacionales que le han dado seguimiento a la evolución de la industria alimentaria y sus futuros impactos en este marco.

La FAO y la OMS consideraron que era adecuado organizar una reunión de expertos sobre la “aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario: posibles consecuencias para la inocuidad de los alimentos” con el fin de definir la labor futura que puede ser necesaria para abordar el asunto a nivel mundial. (FAO/OMS, 2010, 26)

En el ámbito de la industria alimentaria, se pueden identificar cuatro áreas clave de la tecnología: la agricultura y ganadería, la elaboración de alimentos y suplementos, el envasado y la nano biotecnología (López Pérez, 2021). Cabe mencionar que el segmento de mayor impacto es la del envasado.

Las aplicaciones de las Nanotecnologías son recurrentes en los materiales de contacto con alimentos y en el envasado de productos alimenticios, representan la mayor parte del mercado actual y se espera que sigan siendo dominantes en el futuro cercano en lo que respecta a su aplicación en la industria alimentaria (Chaudhry et al., 2008; Científica, 2006, citado en FAO/OMS, 2010).

En palabras de Almengor (2009), la Nanotecnología en la industria alimentaria se vislumbraba en una etapa de crecimiento, destacando por sus diversas aplicaciones, que incluyen:

- Garantizar la calidad y seguridad de los alimentos

- Analizar la composición de los alimentos
- Detectar y neutralizar microorganismos que pueden alterar o ser perjudiciales
- Controlar la presencia de contaminantes abióticos.
- Identificar factores anti nutricionales y alérgenos en los alimentos.
- Supervisar y mejorar los procesos de producción.
- Contribuir a la creación de alimentos más saludables, nutritivos y con características organolépticas mejoradas

Los alimentos tienen una etapa de constante transformación, su objetivo es cumplir las razones antes mencionadas, además de procurar la prolongación de vida útil de los alimentos.

Las modificaciones se pueden realizar a través de varios métodos, existen de tipo físico: microinyección, electroporación de protoplastos y pirobalística. Y de tipo biológico como el caso del uso de *Agrobacterium tumefaciens* que incorpora de manera natural la secuencia transgénica al infectar a las plantas. Tales modificaciones han provocado la producción de múltiples alimentos modificados y transgénicos en la industria alimentaria como: Cultivos con resistencia a plagas, herbicidas y virus, también se ha conseguido maduración retardada, colores diferentes en flores y enriquecimiento nutricional. (López Pérez, 2021, p. 4)

Los materiales a escala nanométrica denominados “nanomateriales” y que tienen la capacidad para poder transformar los productos y así continuamente hasta transformar grandes industrias se emplean en alimentos a través de un proceso productivo tecnológico.

De acuerdo con Ojeda et al. (2019), los nanomateriales (NMs) empleados en la industria alimentaria se dividen en tres categorías:

a) Nanomateriales orgánicos: incluyen lípidos, proteínas y polisacáridos, que se utilizan para encapsular vitaminas, antioxidantes, colorantes, saborizantes y conservantes, formando estructuras como micelas, liposomas o nano esferas, entre otras. Estos nanomateriales tienen la ventaja de mejorar la ingestión, absorción, biodisponibilidad y estabilidad en el cuerpo.

b) Nanomateriales combinados orgánico/inorgánico: también conocidos como nanomateriales funcionalizados en superficie, se integran en una matriz con una función

específica, como antimicrobianos, antioxidantes, reguladores de permeabilidad o rigidez, entre otros.

c) Nanomateriales inorgánicos: esta categoría abarca metales y óxidos metálicos, como nanopartículas de plata (Ag), hierro (Fe), selenio (Se) y dióxido de titanio (TiO₂). Se utilizan como aditivos, suplementos alimentarios o en el envasado de alimentos.

El conjunto de estos tres nanomateriales mencionados, buscan innovaciones en productos e industrias con el fin de la mejora de éstos y el consumo humano, es decir, que siempre el cliente esté satisfecho con las propiedades que brinda el producto.

Almengor (2009), menciona que la creación de nanopartículas, nano emulsiones y nano cápsulas tiene el potencial de incrementar el valor nutricional de los productos y facilitar su absorción en el organismo, lo que daría como resultado un aumento en la biodisponibilidad y dispersión de los nutrientes de interés.

Un claro ejemplo lo destaca López Pérez (2021), al observar un aumento en el enriquecimiento de diversos alimentos, como la leche desnatada con omega 3, los huevos con DHA, productos probióticos y prebióticos, alimentos con mayor contenido de fibra, así como aquellos que contienen sustancias estimulantes como cafeína o ginseng, y también sustancias calmantes extraídas de plantas. Estos enriquecimientos pueden tener un impacto positivo en funciones psicológicas relacionadas con la sensación de saciedad, el control del apetito, el rendimiento cognitivo, el estado de ánimo y la gestión del estrés. Otra característica importante es la detección de bacterias en productos alimenticios antes del consumo, esto con el fin de evitar enfermedades o el desarrollo de éstas.

En el estudio realizado por Ojeda et al. (2019), se observaron disminuciones en la presencia de salmonella y *L. monocytogenes* al utilizar etilvinilalcohol (EVOH) y nanopartículas de plata (NPsAg) en el envasado de alimentos como carnes, quesos, lechuga, manzanas y huevos, resultados similares a los reportados por Martínez-Abad y su equipo en 2012.

En el ámbito de la alimentación, las Nanotecnologías ofrecen diversas oportunidades que se alinean con los intereses económicos de las empresas y las expectativas de los consumidores, quienes buscan satisfacer sus necesidades y preferencias alimentarias. Con este propósito se emplean las nano texturas con el

propósito de atender las necesidades y preferencias gastronómicas de la población. Algunos ejemplos de los alimentos con nano texturas, como las pastas para untar, la salsa mayonesa, la nata (crema), los yogures y los helados, están diseñados para ofrecer una experiencia culinaria mejorada. Se cree que estas nano texturas proporcionan nuevos sabores y una consistencia más estable a las emulsiones, en comparación con los productos alimenticios elaborados de manera convencional (FAO & OMS, 2010).

En general la implementación de las Nanotecnologías en el campo agroindustrial tiene un impacto positivo tanto en el factor social como en el económico, beneficiando a ambos lados, empresarios y consumidores. Como ha sido mencionado anteriormente, las empresas adoptarán nuevas tecnologías con el objetivo primordial de maximizar sus ganancias, mientras que los consumidores eligen los productos con el propósito de satisfacer diversas necesidades y preferencias.

A continuación, se proporciona la tabla 7 que muestra los materiales identificados en productos alimenticios con Nanotecnología:

Tabla 7. Material identificado en productos con Nanotecnología

Material detectado	Productos
Dióxido de titanio (nano)	40
Nano encapsulado de nutrientes	31
Dióxido de titanio (no nano)	19
Nano (no explicita material en ingredientes)	14
Otros	9
Silica Dimethyl silylate (nano)	5
nano encapsulado de péptidos	3
Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (nano)	2
nanopartículas de calcio	2

Nota: Adaptado de Nanomateriales en alimentos, cosméticos y agroquímicos en México.

Arteaga Figueroa y Foladori, 2023, p. 2.

Se observa que el 32% de los materiales analizados incorporan dióxido de titanio en su forma nano, mientras que el 15.2% utiliza dióxido de titanio en su forma micro, sin hacer mención explícita del uso de nanoestructuras. Además, se identifica que el 24.8% de los materiales contiene nutrientes encapsulados a escala nano. En conjunto, estos tres componentes representan el 72% del total analizado.

De acuerdo con la investigación de Anzaldo Montoya y Hernández Adame (2023), mientras que países occidentales influyentes como Estados Unidos, el Reino Unido y Alemania continúan ocupando un puesto preeminente en la producción de productos con Nanotecnología en la industria alimentaria, naciones emergentes como Vietnam, India e Irán están consolidando su posición en el mercado de productos nanoestructurados. Este escenario refleja cómo la dinámica de la industria se está reconfigurando.

En México, Arteaga Figueroa y Foladori (2023), identificaron 125 productos de los sectores agroquímicos, cosméticos y alimentos que se encuentran disponibles en tiendas, farmacias, supermercados y a través de ventas en línea, que afirman contener nanomateriales manufacturados en sus ingredientes. Se ha constatado la existencia de 17 sustancias diferentes en estos productos. De estos 125 productos solo 32 de ellos son pertenecientes a alimentos, en los cuales el nanomaterial detectado es el dióxido de titanio.

El aumento constante de microorganismos que son resistentes a múltiples tratamientos, como lo son las bacterias, virus y hongos, ha impulsado la necesidad de encontrar materiales con propiedades antibacterianas (Betancur Henao et al., 2016), en ese sentido, “el uso del dióxido de titanio como agente antibacterial” (Betancur Henao et al., 2016, p. 392).

En todos los 32 productos alimenticios analizados, el dióxido de titanio, generalmente se implementa como aditivo alimentario, ya sea como colorante o agente abrillantador. Estos productos incluyen cereales, pan dulce, pasteles, postres, gomas de mascar, caramelos, e incluso el TiO_2 en forma de polvo, que se encuentra ampliamente disponible en tiendas y supermercados en México (Arteaga Figueroa, 2023). “Estos productos con nanomateriales se fabrican o venden en el país sin haber sido analizados” (Arteaga Figueroa, 2023, p. 1).

Debería de existir una regulación que este volviéndose cada vez más rigurosas en términos de la calidad y seguridad de los productos alimenticios que se producen y comercializan. Por consiguiente, resulta crucial disponer de legislaciones que reconozcan de manera explícita la utilización de cada nuevo complemento en el proceso de producción. En este contexto, las propiedades de los biosensores los posicionan como instrumentos altamente efectivos para competir exitosamente en el mercado

agroalimentario, junto con otras tecnologías, desempeñando un papel fundamental en el control de la calidad y seguridad de los alimentos (Almengor, 2009).

3.3 Resultados y Análisis

De las 132 empresas que emplean las Nanotecnologías en México, sólo 14 se dedican al sector alimentario. Estas empresas constituyen exclusivamente el 10.60% del total de empresas que utilizan las Nanotecnologías y apenas el 0.0064% del total de las empresas en la industria alimentaria. A continuación, se presentan las características principales de estas empresas en la tabla 8.

Tabla 8. Empresas en sector alimentario

Estado	Nombre de la empresa	Sector empresarial que pertenece	Procedencia	Producto nano habilitado principal
Coahuila	LALA	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Nanofiltración de lácteos
	Sigma alimentos	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Envases nano habilitados para alimentos
Nuevo León	Qualtia alimentos (grupo signux)	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Alimentos (carnes frías y tratamiento para alimentos y envases nano habilitados)
	Grupo pepsico	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Alimentos como galletas, avena y barras. Tratamientos para alimentos y envases nano habilitados

	Piasa (proveedores de ingeniería alimentaria S.A de C.V)	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Procesos alimentarios
Durango	Rancho Lucero S. de P. R. de R. L	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Nanofiltración de lácteos ingredientes funcionales: extracción,
Jalisco	Tecnología ambiental BIOMEX S.A de C. V	Productos Alimenticios	Fabrican en México	ultrafiltración y nano encapsulación de ficocianina con aplicaciones alimenticias Nano-emulsiones de ceras para: manzana, jícama, cítricos, piña, pepino, tomate (saladito y Cherry), aguacate, mango y uva
	Margrey	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Escalamiento a planta piloto de aditivo alimentario
Guanajuato	Nutrición y Genética Saludable	Productos Alimenticios	Fabrican en México	multifuncional de origen nano arcilloso y botánico para emplearlo en el área de nutrición y salud animal
México	Graham packaging	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Envases plásticos multicapas con

	plastic products de México S. de R.L de C. V			nanocompuestos PP y EVOH para alimentos líquidos (jugos y leche) Optimización de empaques flexibles de polietileno y poli propeno mediante reducción de calibre incorporando nanomateriales para la conservación de sus propiedades
	BIMBO	Productos Alimenticios	Fabrican en México	
Distrito Federal	Logre internacional food science	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Procesos alimentarios
	Kraft foods de México S. de R.L de C. V	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Envases para alimentos con biopelículas a base de polímeros naturales
Chiapas	Roto innovación	Productos Alimenticios	Fabrican en México	Desarrollo de contenedor agroindustrial nanoestructurado

Nota: Elaboración propia con datos tomados de Clasificación económico-sectorial de equivalencia ISIC 4. Empresas Nano en México. Arteaga Figueroa, E. (2021). Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad. En: <https://relans.org/empresas-nano-en-mexico/>

El producto nano habilitado principal que se utiliza en la mayoría es para el recubrimiento de envases que permite aumentar la durabilidad de los alimentos. Sin embargo, existen casos en los que se hacen modificaciones directamente en los alimentos o utilizan aditivos para la mejora de los mismos como ya hemos mencionado

el dióxido de titanio. Un ejemplo de ello es la empresa Margrey, que utiliza nano-emulsiones de cera para mejorar la calidad de sus productos alimentarios.

En la tabla 9 se presentan las características esenciales de las empresas que aplican las Nanotecnologías en la industria alimentaria y se detallan sus usos y aplicaciones.

Tabla 9. Características de empresas que utilizan Nanotecnología en territorio mexicano.

Empresa	Categoría	Origen	Sector	Principales productos y/o servicios
Lala	Grande	Transnacional empresa mexicana	Alimentos, bebidas y tabaco	Leches, yogurts, cremas, quesos, mantequillas, margarinas, postres, leches saborizadas, bebidas no lácteas, jugos, envases y otros.
Sigma Alimentos	Grande	Empresa mexicana	Alimentos refrigerados	Fusión de diversas empresas como: FUD, san Rafael, chimex, yoplait, Oscar Mayer, la villita, san Antonio (jamones y salchichas), taman gama, zar, del prado, face óle, Hersey,
Qualtia Alimentos	Grande	Empresa Mexicana que importa recursos de América del Norte, Europa Occidental, Asia-Pacífico, Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá, Nueva	Alimentos frescos	Venta de productos de marcas reconocidas como caperucita, zwan, kir, duby, entre muchas otras.

		Zelanda, España		
Pepsico	Grande	Transnacional (estados unidos)	Alimentos, bebidas y tabaco	Bebidas
Piasa	Grande	Empresa mexicana	Formulación, elaboración, producción y comercializac ión de alimentos	Tipo de condimentos, sazonadores, mezclas de especias, empanizados, sabores y humos, Alimentos - bebidas - lácteos - panificación - dulces - licores - hielo - supermercados - carne - pescado - aves - legumbres - aceites
Rancho Lucero	Grande	Empresa mexicana	Agricultura, ganadería, agroindustria, pesca, madera y tabaco	Platos, vasos, cubiertos, charolas, bolsas, etc.
Biomex	Grande	Empresa mexicana	Producción de envases para alimentos	Líquido de protección para manzana, jícama, cítricos, aguacate, mangos etc.
Margrey	Grande	Empresa mexicana	Alimenticio	Sin datos
Nutrición y Genética Saludable	Sin datos	Empresa mexicana	Industria manufacturer a, sector alimenticio	
Graham Packaging Plastic Products	Grande	Transnacional	Manufactura	Fabricación de botellas de plástico a la medida, empaques Pan empacado, pastelería de tipo casero, galletas, dulces, chocolates, botanas dulces y saladas, tortillas empacadas de maíz y de harina de trigo,
Bimbo	Grande	Empresa mexicana	Alimentos, bebidas y tabaco	

tostadas, cajeta y comida procesada.

Logre International Food Science	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Kraft Foods de México S. De. R. L de C. V	Grande	Transnacional	Alimentos	Marcas tan conocidas como halls, Trident, clorets, búbaló, Tang, light, lacta, milka, philadelphia y oreo, por mencionar algunas Fabricación de envases y contenedores de plástico para embalaje con y sin reforzamiento
Roto Innovación	Pequeña	Empresa mexicana	Manufactura	

Nota: Elaboración propia con datos tomados de: (Grupo BMV s.f.): (Kompass.com. S/f): (Qualtia, s/f): (grupo Piasa s.f.): (RANCHO LUCERO, s. f.): (biomex soluciones, s. f.): (Margrey Industrial, s. f.): (NUTRICIÓN y GENÉTICA SALUDABLE, s. f.): (Graham Packaging Company | Sustainable Packaging For Your Market, s. f.): (Kraft Foods México. f.) y (Aquino, 2016).

Tabla 10. Tamaño de empresas

Tamaño de empresa	Número de empresas
Grande	11
Mediana	0
Pequeña	1
Desconocido	2
Total	14

Nota: Elaboración propia.

El 78% de las 14 empresas que han integrado las Nanotecnologías en la industria alimentaria son grandes empresas, lo que evidencia un claro predominio de estas en el ámbito de la innovación Nanotecnológica. Este fenómeno puede explicarse por diversos factores. En primer lugar, las grandes empresas suelen contar con mayores recursos financieros (en comparación con las pequeñas y medianas empresas), lo que les permite

realizar inversiones significativas en investigación y desarrollo o adquirir tecnologías de terceros. Además, es común que establezcan colaboraciones estratégicas con Centros Educativos e Instituciones de Investigación para acceder a conocimientos especializados. Asimismo, su experiencia en el mercado y la comprensión de las necesidades de la sociedad les otorgan una ventaja competitiva (en comparación con las empresas transnacionales) para identificar oportunidades de aplicación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria. Por último, el conocimiento de los recursos locales puede influir en la elección de estrategias de innovación adaptadas a las condiciones específicas del entorno empresarial.

Tabla 11. Origen de empresas

Origen de empresa	Número de empresas
Trasnacional	4
Nacional	9
Origen desconocido	1
Total	14

Nota: Elaboración propia.

De estas empresas, el 28.5% son empresas con capital transnacional, y un 64.28% representa las empresas de origen de capital nacional. El restante 7.22% corresponde a empresas de capital desconocido. Este hallazgo indica que la mayoría de las empresas operan con capital nacional, mientras que una parte significativa está influenciada por la inversión extranjera, destacando así la participación de las empresas nacionales, sin dejar al lado la presencia y la importancia del capital transnacional en la economía mexicana.

Por otro lado, se muestra en la tabla 12, los alimentos comerciales que cuentan con un nano-componentes. Cabe destacar que, ya que no existe una regulación en materia de las Nanotecnologías en México, la cifra real de los productos alimentarios y que contienen nano-componentes puede ser mucho mayor.

Tabla 12. Productos con Nanotecnología en México

Marca	Producto
Acidul	Gomitas Acidul sabor guanábana 100 g
Betty Croker (General Mills)	Harina para brownies Betty Crocker con galleta 524 g
BIMBO	Donas Bimbo azucaradas 158 g Donitas Bimbo Marinela espolvoreadas de 280 g Roles Glaseados Bimbo
BRENNTAG	Dióxido de titanio
Calahua (Del Valle-Coca Cola)	Crema de Coco Calahua 1 litro
Central Gourmet	Bióxido de titanio
Clight (Móndelez)	Polvo para preparar bebida Clight sabor a limonada 7 g
CrujiNola (Verde Valle)	Granola Cruji Nola yogurt 330 g
deiman	Bióxido de titanio 16% L
FUD (Sigma Alimentos)	Queso panela FUD 400 g
Gamesa (Pepsico)	Galletas Gamesa Florentinas clásicas sabor cajeta 4 paquetines de 83 g c/u
Great Value (Walmart)	Aderezo Great Value César 500 ml Queso crema Great Value 190 g
HEBBE	Dióxido De Titanio Alimenticio Cosmético Granel 500 G Frosted Strawberry Pop-Tarts
KELLOGGS	Kellogg's ® Special K ® Sabor Pay de Queso y Frambuesa Kellogg's ® Zucaritas ® Barra Kellogg's® Cocoa Krispies Treats with M&M minis
LITTLE DEBBIE	Brownies Little Debbie con chispas de colores 372 g
Marca Aurrerá (Walmart)	Sustituto de crema Aurrera en polvo para café 1 kg
Marinela (Bimbo)	Pingüinos Marinela
MARS	Chocolates M&Ms con leche confitados con cacahuete 120 g
MI GRANERO	Skittles Caramelo suave Skittles confitado original 54.4 g
Pochteca Alimentos	Dióxido de titanio
Pronto (Con Alimentos)	Dióxido de titanio Producto lácteo condensado Pronto 380 g
Ricolino (Móndelez)	Dulce Ricolino Chocoretas menta y chocolate 125 g Gomitas Ricolino Panditas ácidos 65 g Pelón pelonetes (sabor tamarindo)
Trident (Móndelez)	Gomas de mascar Trident (variedad de sabores y presentaciones)

Nota: Adaptado de Nanomateriales en agroquímicos, alimentos y cosméticos en México, por Arteaga Figueroa (2023), *ReLANS*. Nanomateriales en agroquímicos, alimentos y cosméticos en México | Tableau Public.

Algunos otros productos que no se producen en México, pero sin embargo si se comercializan y consumen en el mercado mexicano se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Productos importados con Nanotecnología

Producto	Nano material
Barra de chocolate negro especial de Hershey's	Dióxido de titanio
Mini malvaviscos Albertsons	Dióxido de titanio
Desayuno instantáneo Carnation	Dióxido de titanio
M&m's	Dióxido de titanio
Chicle fresco puro Mentos	Dióxido de titanio
Bolos de frutas skittles	Dióxido de titanio
Glaseado cremoso Duncan Hines Home Style	Dióxido de titanio
Crema Nestlé Coffee Mate	Dióxido de silicio
Sirope de chocolate Albertsons (Hershey's)	Nanopartícula Ag / Nano polvo
Jarabe de chocolate Hershey's	Dióxido de titanio

Nota: Adaptado de StatNano, 2024, Nanotechnology in Food Industry | NPD (statnano.com).

Como se puede observar, se destacan el dióxido de titanio y el dióxido de silicio, que están presentes en productos transformados mediante las Nanotecnologías. Por lo tanto, es altamente probable que los siguientes alimentos pertenezcan a esta categoría de productos que incorporan las Nanotecnologías (posiblemente emplean nanomateriales, aunque no está especificado).

Tabla 14. Productos con posible utilización de las Nanotecnologías

Empresa	Producto	Nanomaterial
PepsiCo	papitas adobadas	Dióxido de silicio
PepsiCo	Cheetos	Dióxido de silicio
Mondelez	gomilocas	Dióxido de titanio
Mondelez	lunetas	Dióxido de titanio
PepsiCo	Fritos	Dióxido titanio y silicio
PepsiCo	ruffles de queso	Dióxido de silicio
PepsiCo	sabritas flaming hot	Dióxido de silicio
PepsiCo	paleta mezcladito	Dióxido de silicio
PepsiCo	Cheetos torciditos	Dióxido de silicio
PepsiCo	rancheritos	Dióxido de silicio
PepsiCo	paquetaxo flaming hot	Dióxido de silicio
PepsiCo	paquetaxo botanero	Dióxido de silicio
PepsiCo	sabritas Limon	Dióxido de silicio
PepsiCo	sabritas jalapeño	Dióxido de silicio
PepsiCo	crujitos	Dióxido de silicio
PepsiCo	Cheetos bolita	Dióxido de silicio
PepsiCo	Cheetos flaming	Dióxido de silicio
Marinela	pinguinios	Dióxido de titanio

Mondelez	chocorretas	Dióxido de titanio
Mondelez	Almendras	Dióxido de titanio
D'I Gary	gelatina dgary	Dióxido de titanio
Knorr	Sopa	Dióxido de silicio

Nota: Elaboración Propia.

De un total de 14 empresas, solo 4 son transnacionales, lo que representa aproximadamente el 28.5%. mientras que la mayoría con un total de 64.28% son grandes empresas de capital mexicano.

Es importante señalar que la falta de regulación o normativas que obliguen a las empresas a declarar el uso de Nanotecnología en sus procesos, limita la aproximación a los datos. Muchas empresas podrían estar utilizando Nanotecnología sin hacerlo público, lo que afecta las cifras de referencia. A pesar de estas limitaciones, los datos recopilados indican que la mayoría de las empresas que integran Nanotecnologías en sus procesos productivos son mexicanas y clasificadas como grandes empresas.

Conclusiones

Las Nanotecnologías son herramientas tecnológicas esenciales que están adquiriendo una presencia significativa en todas las tecnologías que conforman la Industria 4.0. Su importancia es fundamental para el sistema productivo; prácticamente todas las ramas de la economía están incorporando de alguna forma las Nanotecnologías.

Estas tecnologías de lo diminuto, muestran una presencia cada vez más significativa en los mercados globales. De esta manera el nivel de incorporación, estudios y desarrollos, de cada país con respecto a las mismas varía según la capacidad de financiamiento que se otorga a investigación y desarrollo, esto se encuentra estrechamente vinculado con factores económicos, sociales, educativos y políticos.

Países como Estados Unidos, China, Japón y los integrantes de la Unión Europea, llevan una ventaja considerable, ya que su desarrollo tecnológico, socio-económico y político es más avanzado en comparación a los del surglobal.

En tal sentido, México se posiciona como uno de los principales países en investigación y desarrollo de Nanotecnologías en América Latina, ocupando el segundo lugar, después de Brasil.

Las Nanotecnologías están cada vez más presentes en nuestra vida cotidiana y en nuestras necesidades básicas. La industria alimentaria no se mantiene al margen de su incorporación. Las Nanotecnologías se integran de manera directa e indirecta en los productos alimenticios; van desde el empaquetado hasta la manipulación de la materia del mismo alimento. El uso de estas tecnologías en la rama de referencia continúa vislumbrándose como prometedora, en gran parte debido a la dinámica actual del capitalismo, al aumento de la población, los cambios en los procesos de producción y la disminución de la capacidad productiva del campo mexicano. Lo cual ejerce presión sobre la fabricación, perdiendo así la soberanía y la seguridad alimentaria. Esta creciente demanda de alimentos impulsa a la estructura empresarial de alimentos a la búsqueda de innovaciones.

El propósito de este estudio fue examinar la estructura empresarial en México que integra las Nanotecnologías, con el fin de observar el comportamiento del sector alimentario en el país y evaluar el desarrollo y la presencia de estas tecnologías disruptivas en el área. Se describieron las formas de incorporación de las Nanotecnologías en los alimentos.

Respecto a la hipótesis de investigación, la cual es: “La dominancia en la implementación de las Nanotecnologías en el sector alimentario mexicano entre 2000 y 2023 se concentra principalmente en empresas transnacionales establecidas en México, dado que el país es receptivo a inversiones extranjeras. Esta situación ha permitido al sector alimentario mexicano beneficiarse de innovaciones globales, conduciendo a la modernización de procesos y productos, lo cual ha mejorado significativamente la calidad y seguridad alimentaria.”

Se consideraron numerosas variables tales como: empresas que incorporan Nanotecnologías, sector al que pertenecen, principales productos que las incorporan, principal material nanotecnológico aplicado, investigación de cada empresa, así como su tamaño y origen.

Al estudiar dichas variables, nos percatamos que la hipótesis no se respalda por lo cual es rechazada. La hipótesis planteaba que el liderazgo de las empresas en México que emplean Nanotecnologías era de origen transnacional. Al realizar la clasificación y el análisis de los datos se encontró; que el 64.28% de estas empresas son nacionales, quienes son caracterizadas como grandes corporaciones, 7.22% son de origen desconocido y solamente el 28.5% son empresas transnacionales.

Esto es destacable, teniendo en cuenta que México se caracteriza por ser un país donde la presencia de empresas extranjeras es muy notable. Lo anterior, se debe a varios factores que les otorgan ventajas comparativas sobre las empresas transnacionales, tales como: el conocimiento del mercado local, la adaptación a las necesidades de la sociedad para generar ganancias (siempre el objetivo principal de las empresas), así como el conocimiento de los recursos locales y la alta demanda que los obliga a innovar.

Las implicaciones de la incorporación de Nanotecnologías en la industria alimentaria en México incluyen una reducción en la seguridad alimentaria, lo que conlleva

un mayor riesgo de enfermedades debido al consumo de alimentos tecnológicamente modificados.

México se encuentra susceptible a seguir patrones de consumo que son impuestos por grandes corporaciones y países desarrollados. En dicho sentido, México es un país atractivo para la inversión extranjera y depende tecnológicamente de otros países. Sin embargo, la investigación, el desarrollo y la adopción de esta tecnología se está realizando principalmente con capital nacional en la industria alimentaria, ello con base a los datos de referencia utilizados para la presente investigación. Lo anterior, de ninguna forma marca tendencia en las distintas ramas que conforman el sector industrial nacional.

La realización del trabajo implicó limitaciones, una de ellas fue la disponibilidad de datos específicos. Son pocos los trabajos que dan constancia de la trayectoria de las empresas en México con incorporación de las Nanotecnologías en la industria alimentaria.

La perspectiva sobre si las Nanotecnologías son positivas o negativas es ambivalente. Para el caso de esta investigación, identificamos que la industria alimentaria, ha observado en las Nanotecnologías un aliado estratégico para potencializar sus ganancias y reducir sus costos. Por otro lado, los consumidores, organizaciones no gubernamentales, ambientalistas, sindicatos en el mundo, los cuales están prestando atención a los posibles riesgos a la salud y medio ambiente.

La falta de regulación y legislación en México sobre el uso de las Nanotecnologías en productos y procesos alimentarios genera ambigüedades y riesgos potenciales para la salud y el medio ambiente, ya que muchas empresas pueden estar utilizando esta tecnología sin declararlo, debido a la ausencia de normas de reconocimiento y de Instituciones que certifiquen su contenido. En este sentido es fundamental establecer una regulación que valide y reconozca su uso en productos y procesos alimentarios para asegurar que se minimicen los riesgos a la salud y el medio ambiente, sentando las bases de una sociedad consciente e informada.

Futuras investigaciones deberían enfocarse en un aspecto más amplio y profundo acerca de las limitaciones, consecuencias y daños que proporcionan estas tecnologías,

en particular con los riesgos que conlleva el consumo de alimentos que las incorporan, sin omitir los posibles daños al entorno medio ambiental.

De igual forma se recomienda que las políticas gubernamentales en investigación y desarrollo para las nanotecnologías se fortalezcan.

Asimismo, el presente estudio contribuye a un mejor entendimiento y conciencia acerca del estado actual de las Nanotecnologías en relación al sector alimentario mexicano para el público en general.

Referencias

- Almengor, L. (2009). Nanotecnología en la industria alimentaria. *Revista electrónica por Universidad Rafael Landívar*, 13, 35-52. <http://www.administracion.usmp.edu.pe/institutoconsumo/wp-content/uploads/2013/08/Nanotecnolog%C3%ADa-en-la-industria-alimentaria-UFM.pdf>
- Álvarez-Láinez, M. L., Martínez-Tejada, H. V., & Isaza, F. J. (2020). *Nanotecnología: Fundamentos y aplicaciones*. Universidad de Antioquia.
- Anzaldo Montoya, M. A. (2022). Agenda de investigación pública y privada sobre nanotecnología en agricultura y alimentación en México. Proyecto Ciencia De Frontera Conahcyt No. 304320. *Conahcyt*.
- Anzaldo Montoya, M. & Hernández Adame, L. (2023). Problematización de la investigación en nanotecnología agrícola y alimentaria en el marco de la nueva política de ciencia, tecnología e innovación en México. *Mundo Nano*, 16(30), 1-24. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69683>
- Appelbaum, R., Záyago Lau, E., Foladori, G., Parker, R., Villa Vázquez, L. L., Robles Belmont, E. & Arteaga Figueroa, E. R. (2016). Inventario de empresas de nanotecnología en México. *J Nanopart Res* 18(43) <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3344-y>
- Aquino, M. (2016). *Rotoinnovacion, una empresa chiapaneca que crece: secretaria de Economía*. Aquinoticias.mx. <https://aquinoticias.mx/rotoinnovacion-una-empresa-chiapaneca-crece-secretaria-economia/>
- Arteaga Figueroa, E. (2021). Empresas Nano en México (1a ed.) [Clasificación económico-sectorial de equivalencia ISIC 4]. *Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad*. En: <https://relans.org/empresas-nano-en-mexico/>.

- Arteaga Figueroa, E. (2023). Alimentos, cosméticos y agroquímicos nanohabilitados de venta en México Proyecto Ciencia de Frontera 304320. *RELANS*, 1-2. [Boletín-alim-agro-cosm-2.pdf \(relans.org\)](#)
- Arteaga Figueroa, E. & Foladori, G. (2023) Nanomateriales en alimentos, cosméticos y agroquímicos en México. *Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS)*.
<https://public.tableau.com/app/profile/edgar1643/viz/NanomaterialesenagroquimicosalimentosycosmticosenMxico/Historia1>
- Arteaga, J. R. (2022). Mondelēz tiene la receta para innovar desde México. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/nuestra-revista-mondelez-tiene-la-receta-para-innovar-desde-mexico/>
- Banco Mundial, (2023). Qué es la seguridad alimentaria. En *World Bank*.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security>
- Berkowitz, D. (2001). Industria alimentaria. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3 (1-35)
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=que+es+la+industria+alimentaria+&oq=#d=gs_qabs&t=1717724100743&u=%23p%3DNChfi91DKYcJ
- Berkowitz, D. E. (2012). Procesos de la industria alimentaria. En enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo industria alimentaria visión general y efectos sobre la salud 2-33, D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).
https://www.academia.edu/34822196/ENCICLOPEDIA_DE_SALUD_Y_SEGURIDAD_EN_EL_TRABAJO_INDUSTRIA_ALIMENTARIA_VISION_GENERAL_Y_EFECTOS SOBRE LA SALUD
- Betancur Henao, C. P., Hernández Montes, V., & Buitrago Sierra, R. (2016). Nanopartículas para materiales antibacterianos y aplicaciones del dióxido de titanio. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(4), 387-402.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002016000400009&lng=es&tlng=es.
- Biomex Soluciones (2018). Biomex. <https://biomexga.com.mx/acerca-de-biomex/>

- Camacho, A., Duarte, A., Dubay, D., Forero, E., González, E., Jaramillo, F., Maldonado, C., Montoya, J., Obregón, N., Osma, J., Sierra, C., & Urquijo, W. (2016). "Definición de Nanomateriales para Colombia," *Rev. Colomb. Quim.* 45, 15-20
- Campos V., Yolis Y., Pérez A., & Tania J. (2022). Nanotecnología en el mundo: marco regulatorio. *Universidad Internacional SEK*.
<http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4603>
- Carmona Silva, J. L., Sánchez Flores, L., & Cruz De Lós Ángeles, J. A. (2020). ¿Es posible una soberanía alimentaria en México? *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 9(18), 40-69.
<https://doi.org/10.23913/ricsh.v9i18.210>
- Cartelle Gestal, M., & Zurita, J. (2015). La nanotecnología en la producción y conservación de alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 25(1), 24. <https://revalnutricion.sld.cu/index.php/rcan/article/view/93/92>
- Castañeda Olvera, D. R. (2020). La gobernanza de las nanotecnologías: inversiones y análisis de riesgos. *Contra corriente una revista de estudios latinoamericanos*. 17(3). 273-299.
<https://acontracorriente.chass.ncsu.edu/index.php/acontracorriente/article/view/1796/3401>
- Cedillo-Portugal, E. & Anaya-Rosales, S. (2017). Implicaciones socioeconómicas por la implementación de programas de sanidad, calidad e inocuidad alimentaria en el sector productivo de frutas y hortalizas en México. *Agro Productividad*, 11(2).
<https://core.ac.uk/reader/249320010#related-papers>
- Coordinación de Innovación y Desarrollo Tecnológico. (2014). Nanotecnología en México. Secretaría de Economía.
- Cuadros Bustos, M. C & Olivera Ocegüera, A. Y. (2018). El mundo de la nanotecnología situación y prospectiva para México. *Unidad de Inteligencia de Negocios. ProMéxico inversión y negocios*.
- Da Silva D'ávila, F., Von Hohendorff, R., Engelman, W., & Weber S. Leal, D. (2021). Autorregulación y empresas ciudadanas: cartilla de lineamientos legales para emprendedores que trabajan con nanotecnología. *Mundo Nano. Revista*

- Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 15(28), 1-23.
<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2022.28.69678>
- FAO. (2024). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- FAO/OMS (2011). Reunión Conjunta de Expertos acerca de la aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario: posibles consecuencias para la inocuidad de los alimentos Informe de la reunión. [9789243563930_spa.pdf \(who.int\)](https://www.who.int/publications/i/item/9789243563930_spa.pdf)
- FAO/OMS (2010). Reunión Conjunta FAO/OMS de Expertos acerca de la aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario: posibles consecuencias para la inocuidad de los alimentos: Informe de la Reunión. Roma. (144).
- Figueroa, E. A., Ortiz-Espinoza, Á., & Foladori, G. (2023). Empresas nanotecnológicas en México: frente a la necesidad de un inventario nacional. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 23(44), 11-25.
- Foladori, G. (2016). Políticas Públicas en Nanotecnología en América Latina. *Problemas del desarrollo*, 47(186), 59-81.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S030170362016000300059&lng=es&tlng=es.
- Foladori, G., Arteaga Figueroa, E., Záyago Lau, E., Belmont, E., Appelbaum, R., & Parker, R. (2016). Sectores económicos de potencial aplicación de las patentes de nanotecnologías en México. 23(3), 255-260
<https://www.redalyc.org/journal/104/10448076007/html/>
- Foladori, G., Arteaga Figueroa, E., Záyago Lau, E., Appelbaum, R., Robles-Belmont, E., Villa Vásquez, L. L., Parker, R., & Leos, V. (2017). La política pública de nanotecnología en México. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 12(34), 51-64
<http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/3>
- 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. [Nanotecnologia-2.pdf \(rel-uita.org\)](#)

- García Guerrero, M. & Foladori, G. (2013). Divulgación de implicaciones sociales y ambientales de las nanotecnologías. *Revista UNAM*, 14(4), 1-17.
- García-Medel, D. I. (2022). Seguridad alimentaria: retos y desafíos de la acuicultura en México. *Journal Of Behavior and Feeding*, 2(2), 10-19. <https://doi.org/10.32870/jbf.v2i2.31>
- Global Nanotechnology Market Outlook 2021-2031 (2021). *Research and Markets*.
Graham Packaging Company | Sustainable packaging for your market. (s. f.)
[Global Nanotechnology Market - Research and Markets](#)
- Graham Packing (s/f).. <https://www.grahampackaging.com/about-us/about-graham>
- Grupo BMV (s/f).. <https://www.bmv.com.mx/es/emisoras/perfil/-5163>
- Grupo piasa. (s. f.). <https://www.grupopiasa.com/site/>
- Grupo Qualtia Alimentos. (s/f). Studocu. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecmilenio/direccion-estrategica/grupo-qualtia-alimentos-ev2/39804124>
- Guzmán, A., Acatitla Romero, E. & Brown Grossman, F. (2018). Convergencia de innovación en el nuevo paradigma tecnológico de nanotecnología entre países. *Contaduría y administración*, 63(1) <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1338>
- Hernández Moreno, M. C., (2009). Nanotecnologías y sus implicaciones económicas y socioambientales. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 17(34), 181-183.
- Hupffer, H. M., & Lazzaretti, L. L. (2019). Nanotecnologia e sua regulamentação no Brasil. *Revista Gestão E Desenvolvimento*, 16(3), 153–177. <https://doi.org/10.25112/rgd.v16i3.1792>
- Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI), 2024. <https://www.nano.gov/about-nanotechnology>
- Informe del mercado de nanotecnología 2024-2032. (s/f) <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-nanotecnologia>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). INEGI Y CONAHCYT presentan resultados de la encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico (ESIDET) 2017. *Comunicado de prensa*, 19 (633), 1-12. [Conacyt e INEGI presentan](#)

[resultados de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico \(ESIDET\) 2017 | Conahcyt.](#)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Banco de Información Económica. Banco de Información Económica (BIE) (inegi.org.mx)*

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Banco de Información Económica. <https://sinegi.page.link/8NFj>*

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Banco de Información Económica. <https://sinegi.page.link/8NFj>*

Jiménez, A., & Muñoz, J. A. (2013). La nanotecnología en México. *Cuadernos Fronterizos*, (26). Recuperado a partir de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/cuadfront/article/view/1913>

Jongerden, J., & Ruivenkamp, G. (2010). Soberanía alimentaria y el principio campesino. *Universitas-XXI, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 1(12), 31-45.

Juanico, A., Camacho, C., Villegas, D., Minutti, B., Morales, G. and Gutiérrez, E. (2016). Nanociencia y Nanotecnología en México: *orígenes, evolución y progreso. momento*, 46–53. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/55980>

Kompass.com. (S/f). <https://mx.kompass.com/c/qualtia-alimentos-operaciones-s-de-r-l-de-c-v/mx026408/>

Kraft Foods México, S. de R.L. de C.V.. Datos de contacto y detalles de la empresa. Agricultura. (s. f.). <https://www.infoalimentacion.com/empresas/empresa.asp?ide=4836>

Lira Saldivar, R. H., Méndez Argüello, B., Santos Villarreal, G., & Vera Reyes, LL. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta universitaria*, 28(2), 9-24. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1575>

López Pérez, R. (2021). Nanotecnología en Alimentos. *Alianzas y tendencias BUAP*, 1(1), 1-5. <http://doi.org/10.5281/zenodo.5612754>

Margrey Industrial. (s. f.). <https://margrey.com.mx/>

Mathias Schulenburg, C. (2004). La nanotecnología. *Innovaciones para el mundo de mañana.* Comisión Europea.

https://issuu.com/juliojvaquero/docs/la_nanotecnologia_innovaciones

Nano Werk. (Página de datos nanotecnológicos) <https://www.nanowerk.com/>

Navarrete Reynoso, R., Arredondo Hidalgo, M. & Gonzáles Rosas, E. (2015). Revisión de la Evolución de la Industria Alimentaria en México. *Revista de Investigación y Desarrollo*, 1(1), 7-17.

Nutrición y Genética Saludable. (s. f.). México Pymes. <https://mexicopymes.com/info/nutricion-y-genetica-saludable-E667A79C43E12E8D>

Ojeda, G. A., Arias Gorman, A. M. & Sgroppo, S. C. (2019). Nanotecnología y su aplicación en alimentos. *Mundo Nano*, 12(23),1-14. <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.23.67747>

Ortiz, L. (2019). Nanotecnología en México: retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 40(2), 51-57.

Páez Aguinaga, T. (2022) Nanotecnología en el mundo: marco regulatorio. Ingeniería en seguridad y salud ocupacional. Universidad internacional SEK. 2-18. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4603>
para el desarrollo de la nanotecnología. *Mundo Nano*, 1(2), 78-87.

Pardo, J. Y Durand, L. (2018). Los mercados alternativos de alimentos en la Ciudad de México. Medio ambiente, sustentabilidad y vulnerabilidad social. En J. J. Cervantes Niño, L. Márquez Mireles y D. Molina Rosales (coords.). *Las ciencias sociales y la agenda nacional. Reflexiones y propuestas desde las ciencias sociales. Medio Ambiente, sustentabilidad y vulnerabilidad social*. 1(5), 470-488. <https://www.comecso.com/ciencias-sociales-agenda-nacional/cs/article/view/1273/458>.

Pastrana, H. F., Ávila, A. & Moreno, G. (2012). Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina. *Mundo nano*. 5(9). 57-67. <https://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/45231/40756>

Pedreño Muñoz, A. (2009). Crisis económica, conocimiento y políticas para el desarrollo de la nanotecnología. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 2(1), 78-87.

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-56912009000100078&lng=es&tlng=es.
- Prasad, A., Khan, S., Monteiro, J. K., Li, J., Arshad, F., Ladouceur, L., Tian, L., Shakeri, A., Filipe, C. D. M., Li, Y., & Didar, T. F. (2023). Advancing in situ food monitoring through a smart Lab-in-a-Package system demonstrated by the detection of *Salmonella* in whole chicken. *Advanced Materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 35(40). <https://doi.org/10.1002/adma.202302641>
- Rancho Lucero S.P.R. de R.L. - México. (s/f). https://delrisco.com.pe/reporte-de-credito.php?co=RANCHO-LUCERO-SPR-DE-RL&id_búsqueda=E0000796328141049
- Restrepo-Betancur, L. F (2023). Evolución estadística relacionada con publicaciones en nanociencias y nanotecnología en el mundo. *PROSPECTIVA*. 21 (2). 134-150 [Evolución estadística relacionada con publicaciones en nanociencias y nanotecnología en el mundo - Dialnet \(unirioja.es\)](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345444)
- Risk, M. (2015). Nano bioingeniería: Historia y futuro; Instituto Tecnológico Metropolitano. *Tecno Lógicas*, 18(34), 9-11.
- Robles García, M. A., Rodríguez Feliz, F., Márquez Ríos, E., & Del Toro Sánchez, C. L. (2015). Nanotecnología en alimentos. En J. A. Ramírez De León (coord.). *Análisis, calidad y procesamiento de alimentos en México*, 219-236.
- Rodriguez Avila, A., Bermejo Gallardo, O. M., Jiménez Ávalos, A., Espinoza Andrews, H., Gonzales Ávila, M., Gutiérrez Becerra, A., & García Carvajal, Z. Y. (2016). Nanomateriales manufacturados (NMM) en los alimentos: implicaciones en la seguridad alimentaria y la salud del consumidor. [Electrónica]. En Laboratorios de Investigación en Biotecnología Médica Estudios preclínicos en investigación, desarrollo e innovación biotecnológica 1-196. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5cd0aa9319d46.pdf#page=165
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of Nanopart Research* 13, 427-445. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1168-6_1
- Rubio, B. (s. f.). Agricultura, economía y crisis durante el periodo 1970-1982. En H. Azpeitia, C. Botey, P. López Sierra, & J. Mogel (Eds.), *Los tiempos de la crisis:*

- 1970 - 1982 1. 15-28. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=c5h-haSh-WkC&oi=fnd&pg=PA15&dq=info:l3hFgqkHIngJ:scholar.google.com/&ots=Ea8LrfPeFK&sig=IWfEgoVqWHa1PuCFZwllORZyCYg#v=onepage&q&f=false>
- Saldívar López, M. (2023). Análisis de redes sociales de un clúster en tecnologías emergentes. *REDES: Revista Hispana Para el Análisis de Redes Sociales*, 34(1), 1-30. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.940>
- Saldívar Tanaka, L. (2020). Regulación blanda, normas técnicas y armonización regulatoria internacional, para la nanotecnología. *Mundo Nano*, 13(24), 1-27. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.24.69621>
- Saldívar Tanaka, L. (2021). Recomendaciones de política pública de nanociencia y nanotecnología en México: privilegiar el bienestar humano y ambiental. *Mundo Nano*, 15(28), 1-23. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2022.28.69655>
- Salvador, L. E. M., Hernández, L. G., & Ramírez, D. A. (2021). Cadenas Cortas de Comercialización y seguridad alimentaria: el caso de El Mercado el 100. *Problemas del Desarrollo*, 52(206). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.206.69732>
- Sánchez Galán, J. (2024). *¿Qué es una empresa? Definición sencilla, tipos y ejemplos*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/empresa.html>
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (s. f.). *Seguridad alimentaria, un pilar de la transformación*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/seguridad-alimentaria-un-pilar-de-la-transformacion?idiom=es>
- Sepúlveda López, M. (2023). Análisis de redes sociales de un clúster en tecnologías emergentes. *Redes, Revista Hispana Para el Análisis de Redes Sociales/Redes*, 34(1), 1-30. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.940>
- Soria Sánchez, G. & Palacio Muñoz, V. H. (2014). El escenario Actual de la Alimentación en México. *Textos y Contextos*, 13(1), 128-142.
- STATNANO: Nano Science, Technology and Industry Information. (2023). *StatNano*. <https://statnano.com/>
- STATNANO: Nano Science, Technology and Industry Information. (2024). *StatNano*. <https://statnano.com/>

- Stedile, J. P. Y Martins de Carvalho, H. (2010). Soberanía Alimentaria: una necesidad de los pueblos. En. Ministerio de desenvolvimiento social-MDS. *Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales*. 3-23.
- Suárez, L., & Hidalgo, R. (2017). Nanotecnología en México: avances y perspectivas. *Investigaciones Geográficas*, 91, 15-24.
- Tavernaro, I., Dekkers, S., Soeteman-Hernández, L. G., Herbeck-Engel, P., Noorlander, C., & Kraegeloh, A. (2021). Safe-by-Design part II: A strategy for balancing safety and functionality in the different stages of the innovation process. *NanoImpact*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2021.100354>
- Torres Torres, F., Trápaga, Y., Gasca, J., Rodríguez, S., Rodríguez, D., Oseguera, D., Merino, A., Chías, L., Aguirre, J., Escobar, M., Pascual, P., Gastelum, J., Espinoza, J. A. & Castro, I. (1997). Evolución de la industria alimentaria mexicana: principales factores condicionantes. En. F. Torres Torres (Coord.). *Dinámica económica de la industria alimentaria y patrón de consumo en México*. 19-64.
- European Union. (2007). Estrategia europea a favor de las nanotecnologías. *Publications Office Of The EU*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3c40c558-7076-4cef-9343-4b1fbc09fe0d/language-es#:~:text=Publication%20metadata%20EUROPA%20-%20S%C3%ADntesis%20de%20la%20legislaci%C3%B3n,por%20%C3%A1tomos%20y%20mol%C3%A9cula%20por%20mol%C3%A9cula%20a%20nanoescala>.
- Urquilla, A. (2019). Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial. *Realidad y reflexión*, 49(49), 66-68. <https://doi.org/10.5377/ryr.v49i49.8063>
- Vega Baudrit, J. & Vargas-Solórzano, M. (2023). Impulso del desarrollo económico y científico a través de la nanotecnología y promoviendo la paz y la seguridad con diplomacia científica: el papel estratégico de costa rica en la era nanotecnológica. *Logos*, 5, 14-22.
- Vega Baudrit, J., & Vargas-Solórzano, M. (2024). Impulso del desarrollo económico y científico a través de la nanotecnología y promoviendo la paz y la seguridad con diplomacia científica: El papel estratégico de Costa Rica en la era nanotecnológica. *LOGOS*, 5(1), 14-22.

- Villa Vázquez, Laura (2022). Programas educativos en nanotecnología en México. Proyecto CONAHCYT Ciencia de Frontera 2019 No. 304320 (Fordecyt-Pronaces/304320/2020). <https://relans.org/wp-content/uploads/Produccion-Cientifica.pdf>
- WIPO - World Intellectual Property Organization. (s. f.). *WIPO - World Intellectual Property Organization*. <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>
- Záyago Lau, E. (2013). Hacia un análisis teórico de las nanotecnologías en la economía. *Debate Económico*, 2(2), 54-82.
- Záyago Lau, E. & Foladori, G. (2009). Nano alimentos. El aislamiento del consumidor. *Trayectorias*, 11(29), 55-74.
- Zayago Lau, E. & Foladori, G. (2010). La nanotecnología en México: un desarrollo incierto. *Economía, Sociedad y Territorio*. 10(32) 143-178.
- Záyago Lau, E., Foladori, G. Villa Vázquez, L., Appelbaum, R. P. & Arteaga Figueroa, R. (2015). Análisis económico sectorial de las empresas de nanotecnología en México. *Instituto de Estudios Latinoamericanos – Universidad de Alcalá*. 15, 1-79.
- Záyago Lau, E., Foladori, G., Villa Vázquez, L., Appelbaum, R. P., Robles Belmont, E., Arteaga Figueroa, E. & Parker, R. (2016), Inventario de empresas nanotecnológicas en México. En Foladori., Invernizzi, N. & Záyago Lau, E. (coords). *Investigación y mercado de nanotecnologías en América Latina* 177-199.
- Záyago Lau, E., Foladori, G., Villa, L., Appelbaum, R. P., Arteaga, E. R. & Parker, R. (2015). Hacia un estudio de cadena de valor de empresas de nanotecnología en México. *UC MEXUS-CONAHCYT*. 1-17.
- Záyago Lau, Edgar, Foladori, Guillermo, Appelbaum, Richard P., & Arteaga Figueroa, Edgar Ramón. (2013). Empresas nanotecnológicas en México: hacia un primer inventario. *Estudios sociales*. 21(42), 9-25. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572013000200001&lng=es&tlng=es.

ANEXO

Tabla 1A. Número de empresas que utilizan Nanotecnología en México por sector

Sector	Número
Químico	17
Agua	8
Componentes eléctricos	8
Plástico y hule	8
Construcción	7
Comercio	6
Alimentos	5
Nanomateriales	5
Equipo industrial	4
Electrónicos	4
Acero y hierro	4
Automotriz	3
Biotecnología	3
Cosméticos	3
Farmacéuticos	2
Biomédicos	2
Línea blanca	2
Maquinaria y equipo	2
Equipo odontólogo	2
Minería	2
Papel	1
Petroquímico	1
Servicios (Limpieza)	1
Textiles	1
total	101

Nota: Adaptado de Záyago Lau et al. 2013.

Tabla 2A. Número de empresas en México

Estado	No. Empresas	Porcentaje			
			Morelos	0	0.00
			Nayarit	0	0.00
Aguascalientes	1	0.76	Nuevo León	36	27.27
Baja C. Norte	1	0.76	Oaxaca	0	0.00
Baja C. Sur	5	3.79	Puebla	2	1.52
Campeche	1	0.76	Queretaro	1	0.76
Coahuila	5	3.79	Quintana Roo	0	0.00
Colima	0	0.00	San Luis Potosi	3	2.27
Chiapas	1	0.76	Sinaloa	2	1.52
Chihuahua	2	1.52	Sonora	1	0.76
D.F.	36	27.27	Tabasco	0	0.00
Durango	2	1.52	Tamaulipas	0	0.00
Guanajuato	6	4.55	Tlaxcala	0	0.00
Guerrero	0	0.00	Veracruz	2	1.52
Hidalgo	4	3.03	Yucatan	1	0.76
Jalisco	9	6.82	Zacatecas	0	0.00
México	9	6.82	Total	132	100
Michoacan	2	1.52			

Nota: elaboración propia con datos tomados de Arteaga Figueroa, 2023.

Tabla 3A. Sistematización de empresas con Nanotecnología en México 2023

ESTADO	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR EMPRESARIAL QUE PERTENECE	PRPCEDENCIA	PRODUCTO NANOHABILITADO PRINCIPAL
Baja California Sur	Grupo de servicio industrial y maquinaria S.A de C. V	Fabricación de maquinaria y equipo fabricación	Fabrican en México	Laboratorio de prototipado de piezas de inyección y transporte de material para la industria metálica y mecánica y de alimentos.
Baja California Norte	Algas y extractos del pacifico norte AEP	Fabricación de productos químicos	Fabrican en México	Desarrollo nanotecnológico de una nueva formulación de plaguicida orgánico basado en algas marinas para el control de patógenos de interés del sector agrícola
	Nanosciencelabs	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Suplementos alimenticios
	Bionag	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Medicamentos tópicos con nanopartículas de plata
	Sony	Productos de computación, electrónicos y ópticos	Fabrican en México	Introducción de nanoarcillas en polímeros base orgánica como sustituto de resinas
	IMR solutions S.A de C. V	Manufactura de equipo eléctrico	Fabrican en México	Películas delgadas para celdas solares
Sonora	Rubio pharma S.A de C. V	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Fabricación de películas delgadas para la industria farmacéutica
Chihuahua	Impresos gráficos de chihuahua S.A de C. V	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Adhesivo inteligente nanoestructurado, compuesto por acetato de vinilo con incorporación de nanopartículas de óxido de zinc y con propiedades óxido capaz de funcionar con diferentes envases

	Interceramic	Manufactura de minerales no metálicos	Fabrican en México	Pisos cerámicos antibacteriales
Coahuila	LALA	Productos alimenticios	Fabrican en México	Nanofiltración de lácteos
	Orted (Nbelyax)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Jabones con nanotecnología
	Nano ingredientes bioactivos S.A de C. V	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Sistemas químicos
	Extrita	Producción de cosechas y animales, caza y actividades de servicio relacionadas	Fabrican en México	Desarrollo de una película para colchado agrícola con aceites esenciales, repelentes de insectos y plagas
	Coyote Foods biopolymer and biotechnology	Manufactura De Químicos Y Productos Químicos	Fabrican en México	Nano películas basadas en biopolímeros
Nuevo León	CEMEX	Manufactura de minerales no metálicos	Fabrican en México	Cementos nano habilitados
	MABE	Manufactura de equipo electrónico	Fabrican en México	Electrodomésticos, línea blanca (nanotubos de carbono en electrodomésticos)
	Scanpaint	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Pinturas y recubrimientos nano habilitados
	Tecno-colibrí	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Adhesivo de azulejos con nanotecnología
	LUBRAL (GONHER)	Manufactura de coca y productos refinados del petróleo	Fabrican en México	Lubricantes y aditivos nano habilitados
	Frisa forjados	Manufactura de productos fabricados de metal	Fabrican en México	Forjas y aceros nano habilitados

Industrias vago de México S.A de C. V	Manufactura de productos fabricados de metal	Fabrican en México	Sellos mecánicos de alta precisión
KALTEX	Manufactura de textiles	Fabrican en México	Textiles nano habilitados
Indelpro (GRUPO ALFA)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Plásticos y hules (polipropileno) nano habilitados
VAMSA	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Equipo industrial
Grupo sytxa	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Plásticos e hilaturas con nanotecnología
Sigma alimentos	Productos alimenticios	Fabrican en México	Embaces nano habilitados para alimentos
Porcelanite lamosa	Manufactura de minerales no metálicos	Fabrican en México	Sanitarios, pisos y azulejos, adhesivos e impermeabilizantes desarrollos inmobiliarios
Nanotec México	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Nano energía tecnología nano de cerámica patentada, tratamiento para motores, restaura, repara y protege
Gobal S.A de C. V	Otras manufacturas	Fabrican en México	Instrumental quirúrgico
MESIL	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos de limpieza nano habilitados
Ecofreeze international	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos químicos refrigerantes
Stay Clean	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Concentrados químicos basados en nanotecnología para el tratamiento de textiles y cueros
Dynasol (grupo kuo)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Elastómeros, plásticos y hules nano habilitados

Global proventus	Manufactura de maquinaria y equipo N.E.C	Fabrican en México	Filtros nano habilitados para agua y efluentes nano industriales
Grupo vitro	Manufactura de minerales no metálicos	Fabrican en México	Vidrios nano habilitados
Aqua pro (ingeniería y proyectos integrales de agua)	Manufactura de maquinaria y equipo N.E.C	Fabrican en México	Filtros nano habilitados para agua y efluentes nano industriales
Ternium	Manufactura de metales básicos	Fabrican en México	Acero y su tratamiento con nanopartículas
Key química S.A de C. V	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos de limpieza, mantenimiento y desinfección con nanopartículas
Qualtia alimentos (grupo signux)	Productos alimenticios	Fabrican en México	Alimentos (carnes frías y tratamiento para alimentos y envases nano habilitados)
Kem care	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Emulsiones de silicón
Copa mex	Manufactura de papel y productos de papel	Fabrican en México	Papel nano habilitado (empaques inteligentes, conservación de alimentos y celulosas exóticas)
Grupo pepsico	Productos alimenticios	Fabrican en México	Alimentos galletas, avenas y barras. Tratamientos para alimentos y envases nano habilitados
Magne kon (grupo signux)	Manufactura de equipo electrónico	Fabrican en México	Esmaltes nano habilitados para sistemas de cables
Jalmek científica	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos químicos
Nano materiales (grupo signex)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Nanopartículas y productos nano habilitados

	Piasa (proveedores de ingeniería alimentaria S.A de C.V)	Productos alimenticios	Fabrican en México	Procesos alimentarios
	Smurfit kappa	Manufactura de papel y productos de papel	Fabrican en México	Empaques de papel y cartón
	Nanomat	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Nanomateriales
	Kemet de México	Productos de computación, electrónicos y ópticos	Fabrican en México	Capacitores cerámicos, dispositivos electrónicos
	Grupo Simplex	Manufactura de maquinaria y equipo N.E.C	Fabrican en México	Cuchillas resistentes al desgaste (para corte de plásticos)
Sinaloa	Agrichem	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Nano fertilizantes
	Agointer	Manufactura de textiles	Fabrican en México	Desarrollo de mallas micro y nanoestructuradas para el control de temperatura en ambientes protegidos
Durango	Integradora de ganaderos de engorda de la laguna	Manufactura de productos de piel y derivados	Fabrican en México	Tratamiento de piel mediante el uso de nanopartículas
	Rancho lucero S. De P. R. De R. L	Productos alimenticios	Fabrican en México	Nanofiltración de lácteos
San Luis Potosí	ID-NANO (investigación y desarrollo de nanomateriales S.A de C.V)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Nanomateriales
	Grupo pintone	Manufactura de textiles	Fabrican en México	Recubrimiento nano inteligente y su efecto en cultivos en invernaderos
	PGI (polymer group inc)	Manufactura de textiles	Fabrican en México	Tela oxo-biodegradable para aplicación agrícola
Aguascalientes	Donaldson Latinoamérica	Manufactura de productos de goma y plásticos	Fabrican en México	Tuberías, contenedores, filtros e insumos para agricultura

Jalisco	International baskets S.A de C.V	Manufactura de minerales no metálicos	Fabrican en México	Empaques alimenticios reforzados con nanoarcillas
	Antiestática de México (estatec)	Manufactura de prendas de vestir	Fabrican en México	Talonerías, pulseras, charolas, batas disipativas, conductividad eléctrica de materiales plásticos
	Nanoprotech (apollo nanotechnology)	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Productos para la corrosión y aislantes eléctricos
	Impershield	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Impermeabilizantes
	Nan-tec (grupo mac-anders S.A de C.V)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Recubrimientos nano habilitados
	Nanoagrosoluciones	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Fungicida nano habilitado
	Tecnocoating	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Tecno-car shield: polímeros a base de solvente de tecnología sol-gel de partículas inferiores a los 100 nanómetros
	Tecnología ambiental BIOMEX S.A de C. V	Productos alimenticios	Fabrican en México	Ingredientes funcionales: extracción, ultrafiltración y nano encapsulación de ficocianina con aplicaciones alimenticias
	Margrey	Productos alimenticios	Fabrican en México	Nano-emulsiones de ceras para: manzana, jícama, cítricos, piña, pepino, tomate (saladito y Cherry), aguacate, mango y uva
Guanajuato	Nabicron	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Uso humano: nano Skin, nano crema

	Nanometrix	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Equipos para el análisis de materiales
	Nutrición genética saludable y	Productos alimenticios	Fabrican en México	Escalamiento a planta piloto de aditivo alimentario multifuncional de origen nano arcilloso y botánico para emplearlo en el área de nutrición y salud animal
	Swordfish energy S.A de C. V	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Encapsulante para control de temperatura
	Lotto Bionano Laboratories S.A de C.V.	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Procesos biotecnológicos y químicos con nanopartículas de oro y nuevos bioprocesos
	Nanotechnik de México S.A de C.V	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Recubrimientos nano habilitados
Querétaro	Nanodepot (antes nano soluciones)	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Nanox (recubrimientos nano habilitados)
Hidalgo	Nanocron nanotecnología	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Oxido de zinc (zinacron), dióxido de titanio, oxido de magnesio, carbonato de calcio, dióxido (plata, argenticio2hcpa- 2)
	Antonpaar México	Productos de computación, electrónicos y ópticos	Fabrican en México	Equipo de medición de nanopartículas (microscopio de fuerza atómica)
	Ten-pac	Manufactura de productos de piel y derivados	Fabrican en México	Calzado nano habilitado para la industria
	Tecno procesos aberi S.A de CV	Manufactura de equipo eléctrico	Fabrican en México	Polímeros nano habilitados para celdas solares

Veracruz	Electro systems antecnological solutions	Producción de cosechas y animales, caza y actividades de servicio relacionadas	Fabrican en México	Eco plataforma biocinética para agricultura de precisión aplicando micro/nanotecnología
	Total, products international (total prodintel)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Materiales y minerales para la industria
Michoacán	Biontech	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Fertilizantes nano habilitados
	Biosistema-corporativo de desarrollo sustentable	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Desarrollo de procesos nano y microbio tecnológicos para elaborar inoculantes asépticos enriquecidos con promotores del crecimiento vegetal
México	Macro-m (grupo kuo)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Nanocompuestos poliméricos
	Henkel	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Fester-cr-nanotech (impermeabilizantes)
	Micro S.A de C.V (MICRO HULE QUIMICOS)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos químicos
	Byk chemie de México	Comercializadora de venta a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Nanobyk-3652: revestimiento para automóviles, madera y muebles
	Brenntag mexico	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Químicos e insumos (dióxido de titanio)
	Colhei	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos químicos
	Gresmex (eviter)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Ingrediente activo nano particulado de nombre nbeliax

	Lipoquimia (coptis)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Nanomateriales para cosméticos
	Graham packaging plastic products de mexico S. De R.L de C.V	Productos alimenticios	Fabrican en México	Envases plásticos multicapas con nanocompuestos PP y EVOH para alimentos líquidos (jugos y leche)
Distrito Federal	Metallistic (deposito dental)	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Materiales dentales nano habilitados
	Agricultura nacional	Producción de cosechas y animales, caza y actividades de servicio relacionadas	Fabrican en México	Desarrollo de plataforma nanotecnológica de susalilato de bismuto para la protección de cultivos de jitomate cebolla y papa
	Liomont	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Nano-encapsulado y sistemas de administración de medicamento
	Industrias protect	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Recubrimientos y limpiadores nano habilitados
	Possel	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Comercializa y distribuye ferroaleaciones, carbones, metales y aditivos para la fabricación y transformación de acero, hierro y aluminio.
	Grupo kuo (DESC)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Productos de plástico, aditivos funcionales a la medida y nanocompuestos

BIBMO	Productos alimenticios	Fabrican en México	Optimización de empaques flexibles de polietileno y polipropeno mediante reducción de calibre incorporando nanomateriales para la conservación de sus propiedades
Roche mexico (Genetech)	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Aplicación de técnicas de nanotecnología en la encapsulación de componentes lipídicos para su incorporación en alimentos funcionales
Sanky global	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Antioxidantes intracelulares a nivel mitocondrial
Comex (ppg industries)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Pinturas impermeabilizantes nano habilitados
Nano tutt	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Nanomedicinas
Deywash	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Productos de limpieza automotriz
Agilent technologies Region Latinoamerica	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Equipos para el análisis de nanomateriales
Nanotecnología mexico S.A de C.V	Comercializadora de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Nanomateriales
AIG Singeria y Representaciones	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Materiales para la industria alimenticia (bióxido de titanio)

BASF	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Químicos y materiales para la industria
Aureus Mexico	Productos de computación, electrónicos y ópticos	Fabrican en México	Equipo especializado para laboratorio, plantas piloto e industria (encapsulamiento de fármacos)
Hosokawa Micron Mexico	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Maquinaria y equipo de fabricación y medición de nanopartículas y nanomateriales
Tecnologías agribest	Producción de cosechas y animales, caza y actividades de servicio relacionadas	Fabrican en México	Desarrollo de prototipo a base de micro y nano encapsulados para nutrición y protección de cultivos agrícolas
Nanophos	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Desalin (restauradores nano habilitados)
Nanoprotect (representante de nanoproofed)	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Recubrimientos nano habilitados para automóviles
Innobel (estrategias de alto impacto S.A de C.V)	Comercializado ra de ventas a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Cremas nano habilitadas para la piel (nano cosméticos)
Naturex	Fabricación de productos farmacéuticos y químicos medicinales	Fabrican en México	Nutraceutico nanotecnológico
DOW Quimica mexicana (Dow water & process solutions)	Manufactura de maquinaria y equipo N.E.C	Fabrican en México	Químicos para diferentes industrias (recubrimientos nano habilitados)
Peñoles (grupo BAL)	Manufactura de textiles	Fabrican en México	Retardante de flama y biocida

Condumex (grupo carso)	Manufactura de equipo eléctrico	Fabrican en México	Cables con recubrimiento de nanopartículas. Nano cargas para compuestos poliméricos
Monsanto company/asgrow mexico (bayer)	Comercializadora de venta a excepción de vehículos automotores y motocicletas	Importan y comercializan	Nano fertilizantes
PEMEX	Manufactura de coca y productos refinados del petróleo	Fabrican en México	Nano catalizadores para producción de combustible de ultra bajo azufre
Logre international food science	Productos alimenticios	Fabrican en México	Procesos alimentarios
PHC (plan health care)	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Nano fertilizantes
Roshfrans	Manufactura de coca y productos refinados del petróleo	Fabrican en México	Lubricantes y aditivos nano habilitados
HELTEC (helguera tecnologías del agua)	Manufactura de maquinaria y equipo N.E.C	Fabrican en México	Filtros nano habilitados para agua y efluentes industriales
GYAM ingeniería y servicios industriales	Manufactura de productos metálicos excepto maquinaria y equipo	Fabrican en México	Válvulas inoxidables de acero forjado
Laboratorio Eclat S.A de C.V	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Encapsulamiento de Fito compuestos y su actividad biológica como materias primas para distintas industrias
Sadosa	Manufactura de maquinaria y equipo N.E.C	Fabrican en México	Manufactura de alta precisión de partes y refacciones para la industria alimenticia (materiales basados en bismuto, desde nano cerámicos foto luminiscentes)

	Kraft foods de mexico S. De R.L de C. V	Productos alimenticios	Fabrican en México	Envases para alimentos con biopelículas a base de polímeros naturales
Puebla	Bintis	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Cosméticos nano habilitados
	CARBOMEX	Manufactura de químicos y productos químicos	Fabrican en México	Dispersiones de nanotubos de carbono sin aditivos. Creación de nanopartículas de oro en agua
Chiapas	Roto innovación	Productos alimenticios	Fabrican en México	Desarrollo de contenedor agroindustrial nanoestructurado
Campeche	Proyectos sustentables de la península S.A de C. V	Manufactura de equipo eléctrico	Fabrican en México	Nanotubos endoaurales para baterías de alta eficiencia
Yucatán	Clean center sureste	Servicios de edificios y actividades de excursión	Fabrican en México	Limpieza con nano productos habilitados

Nota: Elaboración propia con datos tomados de Clasificación económico-sectorial de equivalencia ISIC 4. Empresas Nano en México. Arteaga Figueroa, E. (2021). Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad. En: <https://relans.org/empresas-nano-en-mexico/>