



**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE COACALCO**
Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación



MAESTRÍA EN SISTEMAS AMBIENTALES

T É S I S

**IMPACTO AMBIENTAL DEL USO DE LOS
NANOMATERIALES EN MÉXICO**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN SISTEMAS AMBIENTALES**

PRESENTA:
LIC. ENEDINO LEOPOLDO TÉLLEZ GUTIÉRREZ
Matrícula: 102120009

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. CECILIA MERCADO ZUÑIGA

COACALCO DE BERRIOZÁBAL, MÉXICO, MARZO, 2024

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por permitirme vida para concluir satisfactoriamente esta etapa.

A mi esposa, porque con paciencia soportó mi estrés y me apoyó siempre.

A mis hijos, Paco y Tavo, motores de mi vida, ejemplo de buenos hijos.

A mi Tecnológico, que es una parte de mi desde hace dos décadas.

A mi Directora de Tesis, Dra. Cecilia Mercado Zuñiga, porque sin su apoyo y fe en mí, no lo hubiera logrado.

A todos mis docentes que con total vocación me dejaron aprendizajes significativos no sólo en los temas de la Maestría, sino aprendizajes para la vida.

INDICE DE CONTENIDO

Índice	3
Índice de figuras.....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción	7
Justificación.....	8
Objetivos	9
Capítulo 1 Marco teórico.....	10
Capítulo 2 Antecedentes.....	28
Capítulo 3 Materiales y métodos	31
Capítulo 4 Resultados y discusión	32
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones	39
Puntos Finales	40
Referencias Bibliográficas	40
Anexos: Evidencia de participación en el 6° Congreso Nacional Multidisciplinario Tecnológico.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Células cancerígenas identificadas mediante quantum dots.....	10
Figura 2.- Nano partícula Individual.....	11
Figura 3.- Clasificación de los materiales	13
Figura 4.- Comparativos, forma, solubilidad, composición química y funcionalidad de partículas y nanopartículas	14
Figura 5.- Productos con ENM en todo el mundo [fuente:	16
Figura 6.- Centros de investigación de ENM a nivel mundial	17
Figura 7.- Productos con ENM de origen mexicano	18
Figura 8.- Lugar que ocupa México a nivel mundial en la producción utilizando tecnología ENM	19
Figura 9.- Imagen de la portada de la Norma ISO14001. 2015.....	20
Figura 10 Imagen de la grafica sobre grado de estudios (Encuesta).....	35
Figura 11 Imagen de la gráfica sobre respuesta a se pueden incorporar los ENM a productos (Encuesta).....	35
Figura 12 Imagen de la gráfica sobre respuesta a conocimiento de productos de uso diario que incorporen ENM (Encuesta)	36
Figura 13 Imagen de la gráfica sobre respuesta a conocimiento de productos hechos en México que incorporen ENM (Encuesta).....	36
Figura 14 Imagen de la gráfica sobre respuesta a conocimiento de nanoproductos que pueden causar daño (Encuesta)	37
Figura 15 Imagen de la gráfica sobre la percepción sobre las normas que regulan la producción y uso de nanoproductos (Encuesta)	37
Figura 16 Imagen de la gráfica sobre la percepción sobre la importancia de regular la producción y uso de nanoproductos (Encuesta)	38
Figura 17 Imagen de la gráfica sobre la percepción sobre la tranquilidad que representaría saber que la producción y uso de nanoproductos no causa daño (Encuesta)	38

RESUMEN

Hoy en día se producen y comercializan miles de productos que emplean nanomateriales en la mayoría de los países de este Planeta, donde México no es la excepción, para distinguirlos de los nanomateriales que existen naturalmente, se les ha denominado Nanomateriales Artificiales, es decir aquellos que son producidos intencionalmente por el ser humano, conocidos también como ENM (de sus siglas en inglés engineered nanomaterials).

No sólo su fabricación sino su consumo también se ha extendido en todo el Planeta, considerándolos como un referente de uno de los mayores avances tecnológicos, sin embargo, la euforia por los nuevos descubrimientos e inventos de productos desarrollados con esta tecnología ha dejado de lado el impacto ambiental que producen y la toxicidad que se les atribuye.

Se pueden encontrar estos Nanomateriales en productos de áreas sensiblemente ligadas a la conservación de la vida humana, como la farmacéutica, la alimenticia y otras donde se esperaría se tenga un sumo cuidado de la no afectación de la salud de los seres humanos en primer lugar, pero también en general el cuidado de toda la flora y fauna que componen nuestro medio ambiente, sin embargo a la fecha falta mucho quehacer en torno a la medición efectiva del posible daño que causan.

Para esta tesis se investigó la información existente sobre la real afectación que produce al medio ambiente la fabricación de productos con nanomateriales, así como la normatividad existente en México que la regula para brindar mayor información a los interesados en estas tecnologías sobre su impacto al medio ambiente y los instrumentos normativos que existen en México para permitir un uso más adecuado en beneficio de la comunidad.

“Los Nanomateriales impactan negativamente el medio ambiente, verdad o mentira”. Se analizaron diversos planteamientos de especialistas en el tema para resolver esta interrogante con bases científicas publicadas formalmente que permitirán una asimilación concreta de la forma en que impactan a nuestro medio ambiente y si deben considerarse como contaminantes peligrosos o no.

ABSTRACT

Today thousands of products that use nanomaterials are produced and marketed in most countries of this Planet, where Mexico is no exception, to distinguish them from nanomaterials that exist naturally, they have been called Artificial Nanomaterials, that is, those that are intentionally produced by humans, also known as ENM (engineered nanomaterials).

Not only its manufacture but its consumption has also spread throughout the planet, considering them as a benchmark of one of the greatest technological advances, however, the euphoria for the new discoveries and inventions of products developed with this technology has left aside the environmental impact they produce and the toxicity attributed to them.

These Nanomaterials can be found in products from areas sensitively linked to the conservation of human life, such as pharmaceutical, food and others where it would be expected to take great care not to affect the health of human beings in the first place, but also in general the care of all the flora and fauna that make up our environment.

For this thesis, the existing information on the real impact on the environment produced by the manufacture of products with nanomaterials was investigated, as well as the existing regulations in Mexico that regulate it to provide more information to those interested in these technologies about their impact on the environment and the regulatory instruments that exist in Mexico to allow a more appropriate use for the benefit of the community.

"Nanomaterials negatively impact the environment, truth or lie." Various approaches by specialists in the field were analyzed to resolve this question with formally published scientific bases that will allow a concrete assimilation of the way in which they impact our environment and whether they should be considered as dangerous pollutants or not.

Introducción

El tema central del presente trabajo aborda a los Nanomateriales Artificiales o ENM (engineered nanomaterials), para revisar su impacto ambiental.

Se abordarán los antecedentes sobre Nanotecnología, donde se comprenderá cuándo y dónde surgió esta tecnología, así como su evolución y sus principales aplicaciones.

Como en cualquier temática para lograr comprender la esencia y funcionamiento de algo, debe catalogarse, aunque ésta sea impuesta en cierta forma arbitraria por su creador, así que se compartirá una puntual clasificación de los Nanomateriales.

Se otorga también un panorama general sobre los productos con esta tecnología que se venden en México, analizando en qué áreas comerciales se encuentran, cuántos de estos se importan desde otros países y qué necesidades cubren, así como cuáles de estos productos se producen en México, pues a pesar de que a primera impresión se piense que nuestro país no tiene la tecnología necesaria para desarrollar productos con Nanomateriales, si existe una industria donde encontramos productores registrados en diversas áreas.

Se complementa esta investigación con la regulación existente en la normatividad mexicana sobre Nanomateriales, donde se analizan las Normas Oficiales Mexicanas o NOM, las Normas Mexicanas o NMX en sus apartados que refieren a los Nanomateriales y el análisis de su toxicidad, así como el Marco de referencia de la ISO14001.

Se analiza también la factibilidad de mejorar la regulación existente en México, buscando aminorar el impacto ambiental, con propuestas basadas en el estudio de las NOM y la información actualizada disponible sobre el impacto ambiental que producen estos nanomateriales.

Finalmente, en las conclusiones se realizan propuestas para mejorar el conocimiento de este tema, dar mayor importancia al impacto ambiental y por ello cambiar el carácter voluntario que tiene la aplicación de la normativa y volverlo vinculante para que obligue a la medición estandarizada y en su caso prevención de impactos ambientales negativos.

Sin más les invito a leer este trabajo que les informará sobre el seguimiento actualizado de la normativa que mide el impacto ambiental en México que

provoca el uso de la llamada Nanotecnología y cuáles son las propuestas para utilizar sus productos con el menor riesgo posible.



Justificación

El Proyecto tiene un fin social en el sentido de la búsqueda de minimizar el impacto ambiental del uso de los nanomateriales en México, ya que en nuestro país se elaboran y se venden productos que incorporan nanotecnología sin que se conozca la existencia de una regulación específica; por lo que es necesario analizar el impacto ambiental real con relación a la normatividad que se tiene conocimiento.

Esta investigación permitirá a futuro ser un elemento de consulta que contribuya a nuevas investigaciones que logre en el mediano plazo que las normalizaciones blandas que sólo pueden sugerir un cierto uso o restricción sin ser coercibles, es decir sin tener fuerza de ley para vincular y prohibir en su caso un uso cuando llegare a afectar la salud se vayan convirtiendo en normas duras con todo el poder vinculante que se requiere.

Al utilizar en las técnicas de investigación el derecho comparado, muestra lo que se hace en el mundo y en especial en los países más industrializados por prever todos los alcances que pudieran causar los impactos negativos que en su caso se vayan descubriendo para regularlos de mejor manera, donde la tendencia marca la incorporación de las más novedosas tecnologías para, en primer lugar, estar seguros del referido impacto que pudieran causar y de ser el caso prohibir su utilización con normas duras. Temas que debemos analizar, sintetizar y estudiar en camino a incorporarlos en México.

Finalmente se otorga información concentrada, analizada y actualizada derivada de la investigación planteada para que se tenga un parámetro real del uso que se puede dar a estas tecnologías sin correr riesgos directos e indirectos para la vida o la salud de todos los seres vivos.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto ambiental de la fabricación y uso de nanomateriales en México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el ciclo de vida que tienen los nanomateriales manufacturados (ENM).
- Analizar la producción y consumo de nanomateriales en el mundo y especialmente en México.
- Evaluar la normativa existente aplicada al uso de nanomateriales en diferentes sectores de la industria.

CAPÍTULO 1.

Marco Teórico

1. **Antecedentes sobre Nanotecnología:** Que permitirá entender en un contexto cronológico el nacimiento de esta rama científica y tecnológica y su contexto actual con el gran interés que reviste hoy.

Según la Agencia de trabajo en Nanociencia, Ingeniería y Tecnología definieron la nanotecnología como: “La nanotecnología pertenece a los sistemas cuyas estructuras y componentes exhiben nuevas propiedades físicas, químicas y propiedades biológicas, producto de su tamaño a nano escala”. (David Villarraga, 2009).

Sin embargo, la mayoría de los profesionales de diversas disciplinas, especialmente en el ámbito médico, carecen de conocimientos profundos sobre este tema, de los usos que se les da y sobre todo de los posibles usos que se dará en un futuro próximo. La nanotecnología no es una invención reciente, de hecho, el primer hombre en expresar y defender esta idea fue Richard Feynman ganador del Premio Nobel, quien en diciembre 29 de 1959, pronunció por primera vez su discurso sobre estructuras tan pequeñas que pudieran reconstruir la materia desde el principio, promoviendo una revolución (David Villarraga, 2009).

Los nanomateriales son materiales que dominan partículas, con dimensiones en la nano escala, por ejemplo: desde un nanómetro a 100 nanómetros. El nanómetro (nm) equivale a una milmillonésima parte de un metro. (INSHT, 2015)

Los nanomateriales son los productos de la nanotecnología, a medida que la tecnología va creciendo se va encontrando a la vez diferentes aplicaciones para estos nanomateriales. (Public Health, 2023).

Los nanomateriales pueden presentarse de una forma natural, un ejemplo son las cenizas que genera un volcán, o como subproducto no intencionado de una causa industrial, otro ejemplo son los productos de combustión, en este caso los nanomateriales son denominados nanomateriales incidentales o accidentales.

El término nanomaterial además incluye los nanomateriales manufacturados diseñados intencionadamente con unas propiedades ya específicas. (INSHT 2015).

El empleo que se le ha dado a los nanomateriales es bastante variado e incluso ambicioso ya que se encuentran en muchas industrias de productos

y servicios que avanzan tecnológicamente a una velocidad vertiginosa, aquí algunos ejemplos:

Nanotecnología en Alimentos.

La nanotecnología alimentaria sigue en desarrollo, a pesar de sus múltiples usos, entre los que se encuentran los siguientes:

- Aseguramiento de la calidad y seguridad alimentaria.
- Análisis de composición.
- Detección y neutralización de microorganismos alternantes y patógenos.
- Contaminantes abióticos.
- Control de Procesos.
- Alimentos más saludables, nutritivos y/o con mejores características organolépticas.

En el campo de la alimentación, la nanotecnología permite la producción de alimentos más saludables, más resistentes y de mayor durabilidad. La nanotecnología está ganando popularidad y, debido a sus múltiples aplicaciones seguirá avanzando. Esto ocurrirá porque brinda garantía de calidad y seguridad alimentaria, así como un mejor control de procesos como la determinación de azúcares, alcoholes, aminoácidos y ácidos orgánicos. Además, brinda la garantía de alimentos más nutritivos, saludables y/o con mejores características organolépticas. (Licda. Leticia Almengor,2009).

Nanotecnología en el Medio Ambiente.

Los avances nanotecnológicos tienen varias ventajas como desventajas para el medio ambiente. La información disponible es limitada sobre el destino de las nanopartículas, las cuales, debido a su pequeño tamaño, preocupan mucho que se propaguen y acumulen en los seres vivos, causando daño a los ecosistemas y la biodiversidad.

Las nanopartículas pueden ingresar fácilmente al organismo humano y tener un impacto en las proteínas celulares y las funciones inmunológicas. Sin embargo, los expertos afirman que las nanotecnologías también podrían tener un papel significativo en la preservación del medio ambiente. Las nanopartículas se pueden usar para atrapar contaminantes en el agua o para mejorar los sensores de emisiones de gases. (Innovación Educativa IPN. 2007).

La nanotecnología se ha propuesto como una solución potencial para el tratamiento de aguas residuales y la remediación de áreas contaminadas. Los nanomateriales con capacidad oxidante o reductora, o como nutrientes, se han propuesto como una alternativa para transformar contaminantes y sustancias tóxicas y estimular el crecimiento microbiano.

Los nanomateriales son más reactivos y pueden dispersarse más fácilmente debido a su tamaño pequeño y gran superficie específica. Por ejemplo, para remediar sitios contaminados con solventes como el tricloroetano u otros solventes clorados, los métodos convencionales de oxidación de contaminantes utilizando el reactivo de Fenton o hierro valencia cero producen subproductos indeseables como el dicloroetano y el cloruro de vinilo. En cambio con la utilización de nanopartículas bimetalicas se elimina casi por completo la contaminación sin esos subproductos (Mundo Nano enero-junio 2015).

La capacidad de reciclar el agua de cualquier fuente para una variedad de usos permitiría ahorrar enormes cantidades de agua y permitiría el uso de recursos hídricos que actualmente no se usan. Los filtros porosos en escala nanométrica pueden eliminar virus y bacterias por completo. Los metales pesados y las sales se pueden eliminar utilizando una tecnología de separación eléctrica que atrae iones a láminas especiales. (Revista UCT, marzo 2015).

Nanotecnología en la Salud.

Nano diagnóstico mediante *quantum dots* o puntos cuánticos que son un tipo único de semiconductores cuyo diámetro oscila entre 2nm y 10nm:

Los *quantums dots* se pueden utilizar para marcar células dañinas, lo que es una de sus aplicaciones más amplias. La fluorescencia que emiten es tan brillante que incluso es posible identificar una célula que contenga solo una de estas nanopartículas. Hoy en día, los *quantums dots* comienzan a ser comerciales y varios grupos de investigación han demostrado con éxito su utilidad para localizar tumores en los primeros estadios, permitiendo su extirpación inmediata. (Víctor G. Marroquín, Proyecto NANO-SME)

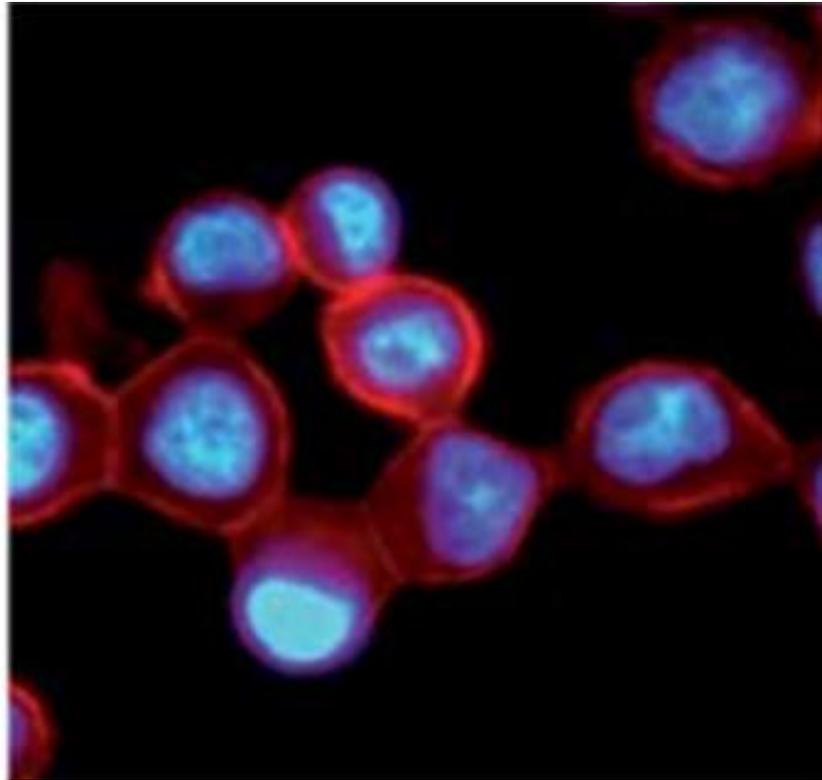


Figura 1 Células cancerígenas identificadas mediante quantum dots.
(gatech edu newsroom)

Detectores de CO₂ en vías respiratorias. Los sistemas actuales basados en tecnología infrarroja no dispersiva o colorimetrías son más costosos y requieren un mayor consumo de energía que los sensores para la detección de CO₂ en vías respiratorias basados en nanotecnologías. Los sensores que se basan en nanotubos sobre microestructuras de sílice permiten la creación de sistemas de detección ultrasensibles que son pequeños, consumen poca energía y tienen precios competitivos. (Víctor G. Marroquín, Proyecto NANO-SME)

Terapia mediante nanopartículas. La terapia médica con nanopartículas magnéticas es un campo muy prometedor. Por lo tanto, se ha iniciado una línea de investigación en el tratamiento de afecciones tumorales mediante métodos que utilizan nanopartículas ferromagnéticas recubiertas que, mediante campos magnéticos externos, pueden unirse a células cancerígenas y atacarlas de manera selectiva.

Estas partículas son tan pequeñas que pueden acercarse a las células e incluso interactuar con ellas. Los materiales ferromagnéticos clásicos, como el hierro, el cobalto y el níquel, son poco biocompatibles, lo que limita el uso de nanopartículas en biomedicina. Por lo tanto, el descubrimiento de

magnetismo en los metales nobles a escala nanométrica, que son altamente biocompatibles, representa un gran avance en el uso de estas nanopartículas para aplicaciones. (Víctor G. Marroquín, Proyecto NANO-SME).

Nanopartículas: Las nanopartículas, hace referencia a partículas cuyo diámetro oscila entre 1 y 100 nanómetros. Estas partículas tienen varios subtipos, incluidas las nanopartículas poliméricas, que están hechas de estructuras de polímeros biodegradables que tienen la capacidad de contener partículas o medicamentos en su interior. (David Villarraga, 2009).

Las nanopartículas se pueden obtener de una amplia gama de materiales, incluidos metales, cerámicos, polímeros, óxidos e incluso estructuras biológicas como las grasas (lípidos) y otros compuestos químicos relevantes. Habiéndose obtenido nanopartículas esféricas, cuadradas, triangulares, ovaladas, cilindros y esferas huecas, entre otras, pueden presentar una gran diversidad en relación a su forma (Nanotecnología Hoy, 2014).

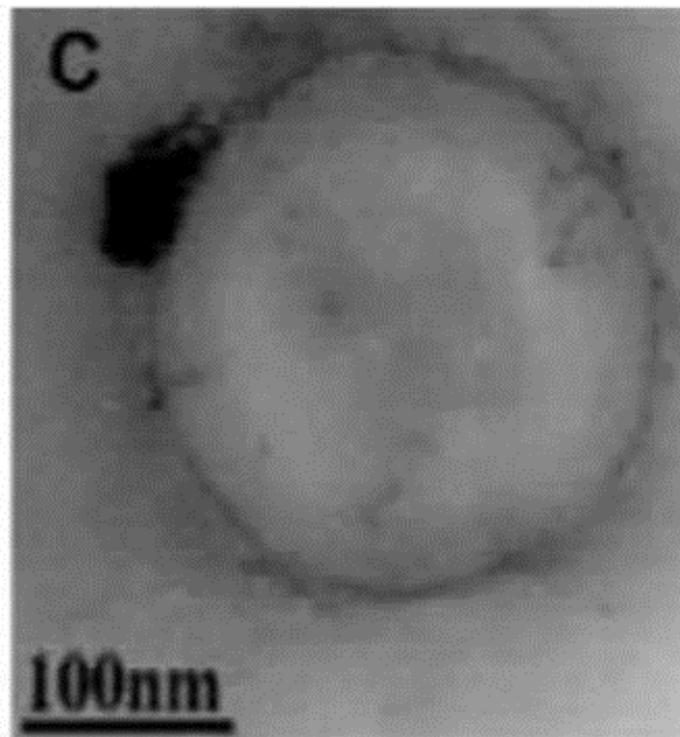


Figura 2. Nano partícula Individual
(Nanotecnología Hoy, 2014)

Obtención de Nanopartículas. Existe un procedimiento llamado “Bottom up” el cual implica ir de abajo hacia arriba. En este caso, las nanopartículas se obtienen a partir de una solución o fase vapor que contiene moléculas o

átomos que se unen para formar pequeños núcleos, que actúan como semillas, y que luego crecerán hasta alcanzar el tamaño final de la nanopartícula. Este método depende del control de las reacciones (químicas o físicas) de formación de las nanopartículas para lograr homogeneidad en tamaño o forma.

Las nanopartículas están formadas por una amplia gama de estructuras de formas distintas, con una amplia gama de materiales y tamaños. Por lo tanto, el conjunto de características que tendrán debido a su tamaño, forma y composición estarán relacionados con sus propiedades. Esta observación indica que hablar sobre las características de las nanopartículas requiere de sistemas específicos. En este caso, se examinará cómo el cambio de tamaño y forma de las nanopartículas metálicas y semiconductoras (también conocidas como *quantum dots*) afecta algunas de sus propiedades. (Nanotecnología Hoy, 2014).

2. Clasificación de los Nanomateriales: Es de importancia para el tema comprender cómo se clasifican para su estudio, producción y comercialización.

Los materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión se denominan nanomateriales. Una definición lógica situaría la nano escala entre la microescala (1 micrómetro) y la escala atómica/molecular (alrededor de 0.2 nanómetros). A pesar del hecho de que no hay consenso sobre el tamaño mínimo o máximo de un nanomaterial, algunos autores restringen su tamaño de 1 a 100 nanómetros.

Los nanomateriales actuales se han clasificado de la siguiente manera por la Agencia del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos:

- Basados en carbono.
- Basado en metales.
- Dendrímeros.
- Compuestos.

(Lecturas de Ingeniería de la UNAM FES- Cuautitlán, México 2012).

La Organización Internacional de Normalización clasifica los nanomateriales en cuatro categorías según sus dimensiones (terminología ISO):

1. La dimensión cero (0-D)
2. Unidimensional (1-D)
3. Bidimensional (2-D)
4. Tridimensional (3-D)

Existen estructuras comunes para los nanomateriales de acuerdo a la clasificación de sus dimensiones. Para la categoría 0-D hay nanoestructuras

como el fullereno, partículas coloidales, puntos cuánticos (Qdots), nanoclusters, átomos, moléculas y nanopartículas de plata y oro.

En cuanto a la categoría 1-D hay estructuras de tipo nano cables, nanotubos, nano fibras, nano varillas, fibras poliméricas y nano campanas.

Para la categoría 2-D mono capas, nano recubrimientos, películas poliméricas (nano) y películas multicapas.

Por último, en 3-D poli cristales, nano bolas, nano bobinas y nano flores. (Revista Química e Industria, 2020)

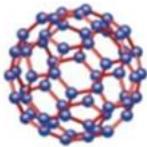
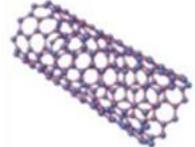
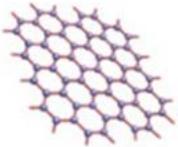
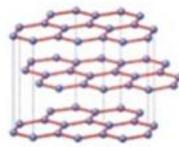
Clasificación de Nanomateriales			
0-D	1-D	2-D	3-D
Las tres dimensiones son menores a 100 nm y los electrones están confinados en las tres dimensiones.	Dos dimensiones son menores a 100 nm y los electrones están confinados en dos dimensiones.	Una dimensión es menor a 100 nm y los electrones están confinados en una dimensión.	Ninguna dimensión es menor a 100 nm y los electrones no están confinados y pueden desplazarse libremente.
EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO
			
Fullereno	Nanotubos de carbono	Grafeno	Grafito

Figura 3 Clasificación de los materiales, (Revista Química e Industria, 2020)

3. Concepto de Nanomateriales Artificiales (engineered nanomaterials o ENM):

Aunque los Nanomateriales existen en su estado natural, el desarrollo tecnológico ha permitido que de manera antropogénica sean manipulados y desarrollados para los usos específicos según las necesidades del propio ser humano, a este desarrollo se le denomina engineered nanomaterials o ENM de sus siglas.

La producción y el uso de nanomateriales artificiales en una variedad de industrias probablemente conducirá a su liberación involuntaria en el medio ambiente en algún momento del ciclo de vida de los productos. Por ejemplo, la ropa y los tejidos liberan nano plata cuando se lavan; la erosión libera nanopartículas de dióxido de titanio en pintura y materiales de construcción al aire y al agua; y durante la producción, los nanotubos de carbono se liberan al aire o al suelo a través del lixiviado de baterías de iones de litio desechadas. (Nanotecnología Hoy, 2014)

Los nanomateriales fabricados son materiales con una dimensión entre 1 y 100 nanómetros (nm). Las nanopartículas más pequeñas tienen el mismo tamaño que los átomos y las moléculas. Las partículas de este rango de tamaño pueden diferir de las partículas más gruesas del mismo material en algunos aspectos. En términos comparativos, forma, solubilidad, composición química y funcionalidad de la superficie y tratamiento, su pequeño tamaño y su gran área superficial le dan estas propiedades. Estas características han despertado gradualmente el interés de la ciencia y se utilizan para desarrollar nuevos productos y tecnologías (OSHwiki, 2020).

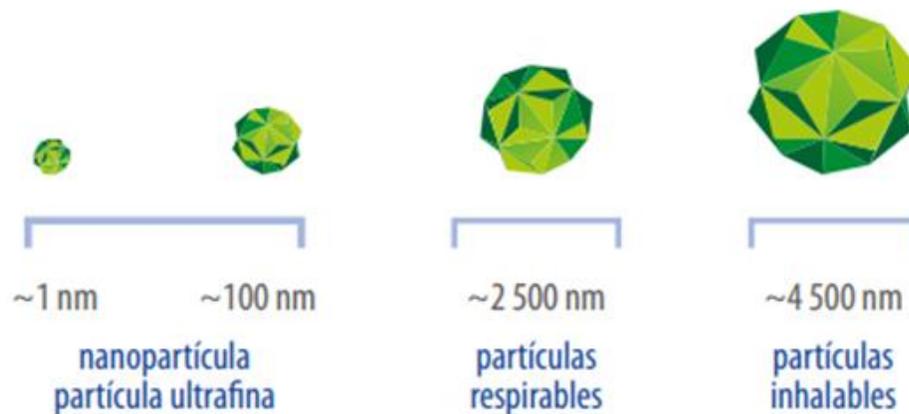


Figura.4 Comparativos, forma, solubilidad, composición química y funcionalidad de partículas y nanopartículas.(OSHwiki, 2020)

Fabricación de Nanomateriales. La fabricación a nivel nanométrico requiere un nuevo enfoque interdisciplinar en investigación y procesos de fabricación. Se tienen en cuenta dos enfoques conceptuales: el primero se enfoca en la reducción de los microsistemas, conocido como enfoque "de arriba abajo" o "topdown", mientras que el segundo se enfoca en imitar la naturaleza mediante el desarrollo de estructuras a partir de los niveles atómico y molecular, conocido como enfoque "de abajo arriba" o "bottom-up".

El primero es un proceso de ensamblaje, mientras que el segundo es un proceso de síntesis. Aunque el enfoque de abajo arriba aún está en su fase inicial de desarrollo, su potencial impacto es de gran alcance y podría cambiar las rutas actuales de producción. (Víctor G. Marroquín, Proyecto NANO-SME)

Ya está teniendo una influencia directa e indirecta significativa en el estudio de las propiedades de los materiales a nano escala, y está impulsando el avance en una amplia gama de campos para el estudio de las propiedades de la materia a una escala nanométrica ya está teniendo un impacto significativo, tanto directo como indirecto, y está impulsando el progreso en una amplia gama de campos.

La instrumentación también juega un papel importante en el desarrollo de procesos de fabricación basados en técnicas convencionales con enorme potencial, como las nuevas técnicas de deposición por plasma de recubrimientos nanoestructurados a partir de la inyección directa de precursores líquidos, o el uso controlado de plasmas de alta energía para la fabricación de nanopartículas o la funcionalización de superficies. (Víctor G. Marroquín, Proyecto NANO-SME)

4. Los Nanomateriales impactan negativamente el medio ambiente, verdad o mentira:

La investigación busca aclarar esta incógnita, ya que por un lado quienes producen utilizando Nanomateriales defienden la postura de que se respeta la reglamentación de medidas de impacto ambiental de los materiales que se utilizan, pero algunos investigadores consideran que no tienen las mismas propiedades de materia al encontrarse en su estado básico que al considerarse en su tamaño Nano, por su reducido peso, mayor dureza, elasticidad, conductividad eléctrica, entre otras.

“Dentro de los avances científicos y tecnológicos, la nanotecnología tiene un rol importante en las tecnologías emergentes y en las industrias ya establecidas. Su valor estratégico radica en que se trata de una tecnología transversal capaz de habilitar otras tecnologías; es la ingeniería aplicada a sistemas funcionales de una escala molecular, razón por la cual se abordarán los tipos de nanotecnología que existen, así como los usos y aplicaciones en los diferentes sectores, el impacto en el mercado, y la posición que ocupa México en el mundo” (Laura Saldívar Tanaka)

En México La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) trabaja seriamente en el tema, especialmente en la detección y caracterización de ENM, su transformación en productos de consumo y para el medio ambiente, así como las brechas en los métodos de toxicología de los nanomateriales y sobre nuevos métodos para la estandarización y evaluación de riesgos.

5. Productos con esta tecnología que se producen en el mundo, cuantos y cuáles:

En este apartado se realiza una investigación detallada de los productos que contienen Nanomateriales que se producen y consumen ya a gran escala para diversas áreas en todo el mundo, incluido nuestro país, se concentra y comparte esta información que considera tanto productos de fabricación mexicana, como aquellos que son importados de otros países.

Es importante referir que no sólo su fabricación, sino también su consumo se ha extendido en todo el Planeta (Figura 5), considerándolos como un referente de uno de los mayores avances tecnológicos, sin embargo, la euforia por los

nuevos descubrimientos e inventos de productos desarrollados con esta tecnología ha dejado de lado el impacto ambiental que producen y la toxicidad que se les atribuye.

Como puede observarse en la figura a nivel internacional existen ya 3,589 empresas que fabrican 10735 productos que contienen nanomateriales, clasificados en 15 diferentes sectores que abarcan estas ramas industriales y/o comerciales en 67 países, México incluido, información específica que se señala en el siguiente apartado.

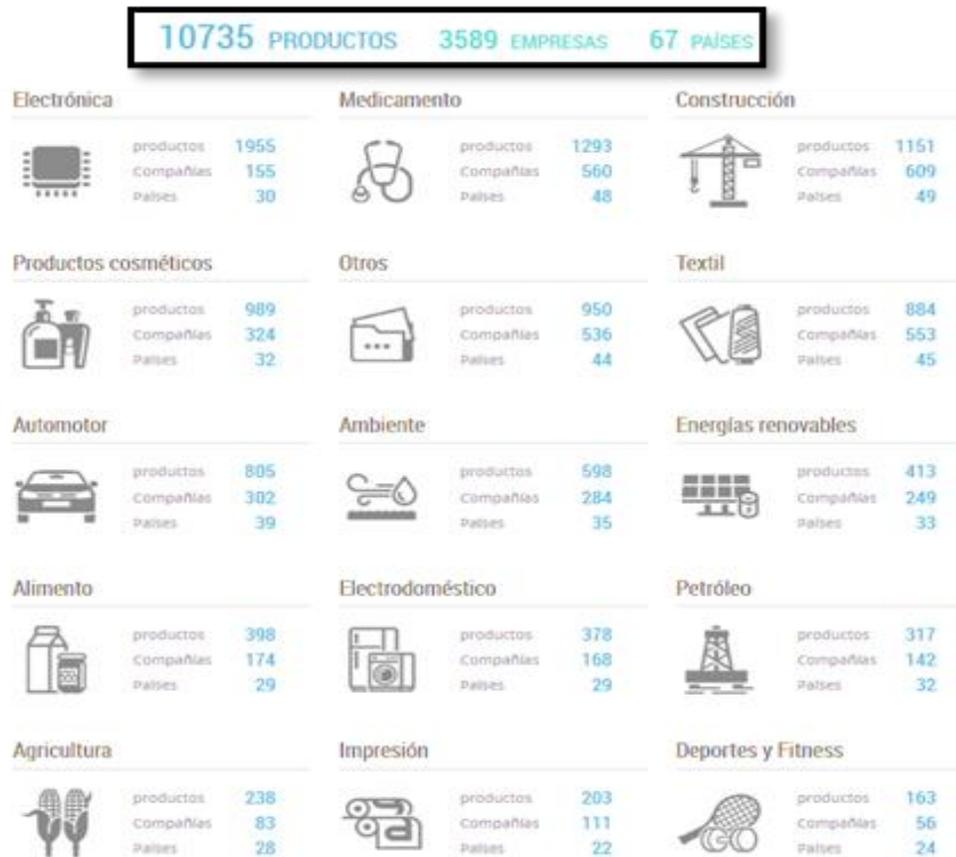


Figura 5 Productos con ENM en todo el mundo (Statnano)

Es de destacarse que independientemente de encontrar productos con nanomateriales en industrias como la electrónica, la construcción, la automotriz, la textil, el petróleo, los electrodomésticos entre otros, también se pueden encontrar estos Nanomateriales en productos de áreas sensiblemente ligadas a la conservación de la vida humana, como la farmacéutica, la alimenticia y otras donde se esperaría se tenga un sumo cuidado de la no afectación de la salud de los seres humanos en primer lugar, pero también, en general, el cuidado de toda la flora y fauna que componen nuestro medio ambiente.

6. Productos que contienen Nanomateriales que se producen en México:

Es importante primeramente contextualizar cuanto puede afectar este tema en México, pues pudiera pensarse que en este país no existe un desarrollo tecnológico en ciertos campos, debido a que tradicionalmente no es considerado un país a la vanguardia científica y tecnológica (las marcas más importantes en estos rubros no incluyen países en vías de desarrollo), sin embargo, esto no es así, pues en México existe investigación científica y tecnológica de alto nivel y por ello también se realiza investigación respecto de los ENM, en México se cuenta con cuatro centros de investigación que realizan estudios sobre Nanomateriales, lo que puede observarse en la Figura 6.

Al observar la referida gráfica de la Figura 6, resulta que actualmente son los países asiáticos quienes ocupan el primer lugar en número de universidades y Centros de investigación que tienen estos proyectos, en segundo lugar, los países europeos y en tercero Norteamérica (E.U.A. y Canadá) mientras en los países de Latinoamérica sólo se reportan 19 de los 812 centros en el mundo; aun así, México encabeza la lista de los países latinoamericanos con 4 Centros de Investigación especializados en Nanomateriales.

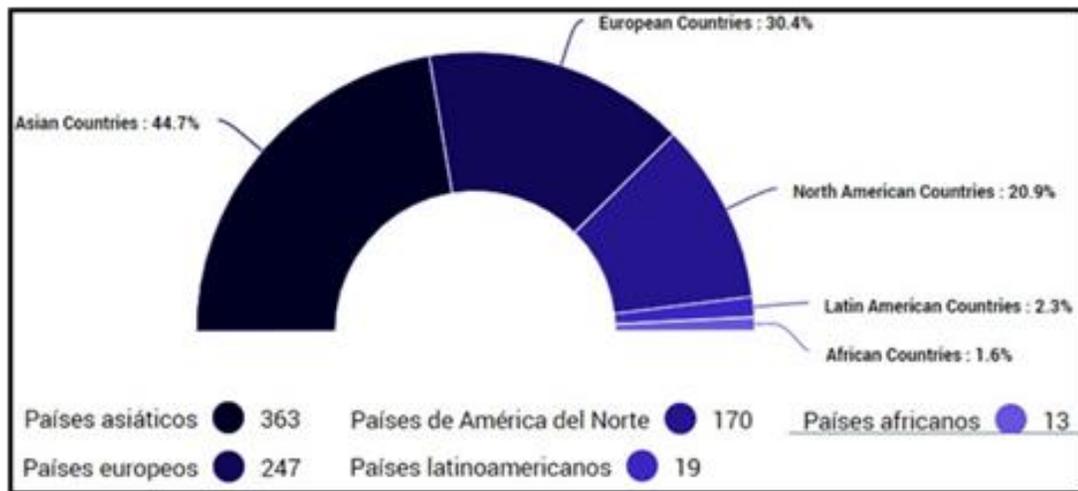


Figura. 6 Centros de investigación de ENM a nivel mundial (Statnano)

Adicionalmente es importante plantear cuantos y cuáles de estos productos basados en nanotecnología se producen en México: En este apartado al realizar una investigación detallada de los productos que contienen Nanomateriales que se fabrican ya a gran escala para diversas áreas, se concentra y comparte esta información de productos de fabricación mexicana en la figura 7.

Cómo puede observarse en la referida Figura 7, México fabrica 48 productos de 33 tipos a través de 24 empresas y en ramas diversas como la agricultura, automotriz, de la construcción, cosmética, medioambiental, alimentaria, electrodomésticos medicamentos, petróleo, energías renovables, rama textil y las consideradas en otros.



Figura 7 Productos con ENM de origen mexicano (Statnano)

De igual manera es importante observar la Inversión dedicada al desarrollo tecnológico de los Nanomateriales en el nivel internacional, resultado de la investigación al momento se puede argumentar que México ocupa el lugar 36 en el planeta, lo que efectivamente marca un nivel bajo comparado con Asia, Europa y Norteamérica, sin embargo, en una comparativa con el resto de los países latinoamericanos, México es el que país latinoamericano que mejores números aporta en este tema ocupando el dicho lugar 36 y primero en Latinoamérica, como puede observarse en la Figura 8.

34	 Polonia	6	6	17	17	21	21
35	 Arabia Saudita	19	19	19	20	20	20
36	 México	9	9	12	15	15	15
37	 Portugal	3	6	10	12	15	15
38	 Marruecos	12	12	12	12	12	12
39	 Sudáfrica	10	10	11	12	12	12
40	 Australia	8	9	10	10	10	10
41	 Malasia	6	7	7	7	7	7
42	 Perú	5	7	7	7	7	7
43	 Canadá	5	5	5	6	6	6
44	 Singapur			2	5	5	5

Figura 8 Lugar que ocupa México a nivel mundial en la producción de ENM (Statnano)

7. Regulación existente en la Normatividad Mexicana sobre Nanomateriales:

Una de las principales líneas de esta investigación es la revisión detallada de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) que refieren el impacto ambiental y su especificación a la escala nanométrica, así como si la ISO140001 considera dicha escala en sus mediciones para el logro de certificaciones ambientales.

NORMA
INTERNACIONAL

ISO
14001

Traducción oficial
Official translation
Traduction officielle

Tercera edición
2015-09-15

**Sistemas de gestión ambiental —
Requisitos con orientación para su uso**

*Environmental management systems — Requirements with
guidance for use*

*Systèmes de management environnemental — Exigences et lignes
directrices pour son utilisation*

Figura 9 Imagen de la portada de la Norma ISO14001. 2015

Respecto de la normatividad aplicable en México se revisó la Norma ISO14001 misma que contiene los requisitos con orientación para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental con un estándar internacional que incluye: a) la mejora del desempeño ambiental; b) el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos, así como c) el logro de los objetivos ambientales.

Sin embargo, esta norma en su apartado 2 Referencias normativas, indica “No se citan referencias normativas”, lo anterior porque al implantar esta norma en cada país debe revisarse la normatividad oficialmente aplicable a todos los máximos permisibles de cualquier tipo de contaminante, especificaciones que se encuentran en normas locales, en el caso de México en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX).

La diferencia entre ambos tipos de normas es que sólo las normas NOM son de uso obligatorio en su alcance. Las normas NMX expresan una recomendación de parámetros o procedimientos, aunque si son mencionadas como parte de una norma NOM, al ser éstas de uso obligatorio, su observancia pasa a ser obligatoria.

Desafortunadamente para este tema la presente investigación concluye que las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) no contemplan en ninguna de ellas referentes normativos a los nanomateriales, ni en su uso, producción o comercialización, es decir no es vinculante, por lo que no puede coactivamente existir una prohibición legal ni aún y cuando se demostrara un impacto ambiental negativo causado por esta industria. Este hecho podría cambiar si con estudios serios y confiables que señalaran impactos negativos al ambiente o la salud, reales y probados, se estaría en posibilidad para que de las normas NMX donde si se encuentra regulación fueran referidos hacia las NOM y así pudiera exigirse su cumplimiento.

México cuenta con 17 normas (NMX) referentes a los Nanomateriales debidamente publicadas en Diario Oficial y una en proyecto. De la revisión al momento se puede adelantar que, si se ha realizado una ardua labor legislativa en torno al tema de los Nanomateriales a partir del año 2014, con sus debidas actualizaciones, en especial para efecto de la presente investigación son relevantes dos de estas normas (ambas del año 2019) que se refieren una a la manera de evaluar toxicidad y otra al riesgo tanto para quien produce como para quien utiliza los nanomateriales. En la siguiente diapositiva se citan todas estas NOM y se detallan los dos mencionadas.

Normas Mexicanas (NMX) referentes a nanomateriales

1.- NMX-R-10867-SCFI-2014: Nanotecnologías-Characterización de nanotubos de carbono de una capa (NTCUC) mediante espectroscopia de fotoluminiscencia en el infrarrojo cercano (EFL-IRC).

- 2.- NMX-R-10929-SCFI-2014: Nanotecnologías-Characterización de muestras de nanotubos de carbono de múltiples capas (NTCMC).
 - 3.- NMX-R-27687-SCFI-2014: Nanotecnologías-Terminología y definiciones para nano-objetos-Nanopartícula, nanofibra y nanoplaca.
 - 4.- NMX-R-80004-1-SCFI-2014: Nanotecnologías-Vocabulario-Parte 1: Conceptos básicos.
 - 5.- NMX-R-80004-3-SCFI-2014: Nanotecnologías-Vocabulario-Parte 3: Nano-objetos de carbono.
 - 6.- NMX-R-62622-SCFI-ANCE-2014: Nanotecnologías-Descripción, medición y descripción de parámetros de calidad dimensional de rejillas artificiales.
 - 7.- NMX-R-12901-1-SCFI-2015: Nanotecnologías-Gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. Parte 1: Principios y enfoques.
 - 8.- NMX-R-80004-5-SCFI-2015: Nanotecnologías-Vocabulario-Parte 5: Interfaz nano/bio.
 - 9.- PROY-NMX-R-18196-SCFI-2017: Nanotecnologías-Matriz de técnicas de medición para la caracterización de nano-objetos.
 - 10.-PROY-NMX-R-80004-4-SCFI-2015: Nanotecnologías-Vocabulario Parte 4: Materiales nanoestructurados.
 - 11.- PROY-NMX-R-20660-SCFI-2018: Nanotecnologías-Especificación de materiales-Nanopartículas antibacteriales de plata.
 - 12.- NMX-R-10798-SCFI-2016: Nanotecnologías-Characterización de nanotubos de carbono de una capa por microscopía de barrido con electrones y espectrometría de dispersión de energía de rayos x.
 - 13.- NMX-R-12901-2-SCFI-2016: Nanotecnologías Gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. Parte 2: uso del enfoque de control por bandas.
 - 14.- NMX-R-16197-SCFI-2019: Compilación y descripción de métodos de detección toxicológica para nanomateriales manufacturados.
 - 15.- NMX-R-10868-SCFI-2019: Nanotecnologías-characterización de nanotubos de carbono de una capa por espectrometría ultravioleta-visible-infrarrojo cercano (UV-VIS-NIR).
 - 16.- NMX-R-13121-SCFI-2019: Nanotecnologías-evaluación del riesgo de nanomateriales.
 - 17.- NMX-R-80004-2-SCFI-2020: Nanotecnologías-vocabulario-parte 2: nano-objetos.
 - 18.- NMX-R-80004-1-SCFI-2020: Nanotecnologías-vocabulario-parte 1: conceptos básicos (cancela a la NMX-R-80004-1-SCFI-2014) **(Esta norma sustituye la señalada como número 4).**
- NMX-R-16197-SCFI-2019: Compilación y descripción de métodos de detección toxicológica para nanomateriales manufacturados.

Esta Norma Mexicana ofrece una recopilación y descripción de métodos in vitro e in vivo que pueden ser útiles para el examen toxicológico, incluida la detección ecotoxicológica de los nanomateriales manufacturados.

Las pruebas de detección toxicológica incluidas en este Proyecto de Norma Mexicana se pueden utilizar para fines tales como la toma de decisiones iniciales en la investigación y el desarrollo de productos, retroalimentación rápida sobre posibles problemas toxicológicos o de seguridad, o para la evaluación preliminar de nanomateriales manufacturados.

Este Proyecto de Norma Mexicana se divide entre ensayos de detección relacionados con humanos y ensayos de detección relacionados con el medio ambiente. Una prueba de detección es una prueba relativamente simple y económica que puede administrarse fácilmente y proporciona una indicación de los posibles efectos adversos y efectos sobre la salud humana o el medio ambiente.

Esta Norma Mexicana pretende complementar otros esfuerzos internacionales que abordan la toxicología de los nanomateriales centrándose en los métodos de detección adecuados para la evaluación preliminar y no pretende duplicar esfuerzos similares en otras organizaciones internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Si la prueba de detección proporciona una indicación temprana de peligro, la guía se referirá a los enfoques de otras organizaciones para la evaluación toxicológica a gran escala o estudios escalonados adicionales.

NMX-R-13121-SCFI-2019: Nanotecnologías-evaluación del riesgo de nanomateriales

Esta Norma Mexicana describe un proceso para identificar, evaluar, abordar, tomar decisiones y comunicar los riesgos potenciales del desarrollo y uso de nanomateriales manufacturados, con el fin de proteger la salud y la seguridad del público, los consumidores, los trabajadores y el medio ambiente.

Si bien el proceso general de administración y gestión de los productos establecido en este Informe Técnico no es exclusivo de los nanomateriales, complementa los enfoques reconocidos proporcionando, cuando es posible, un enfoque en la información y las cuestiones específicas de las nanotecnologías.

Ofrece orientación sobre la información necesaria para realizar evaluaciones sólidas del riesgo y las decisiones de gestión de riesgos, así como sobre cómo manejar frente a la información incompleta o incierta mediante el uso de suposiciones razonables y prácticas adecuadas de gestión de riesgos.

Además, incluye métodos para actualizar suposiciones, decisiones y prácticas a medida que se dispone de nueva información, y sobre cómo comunicar información y decisiones a las partes interesadas.

Esta Norma Mexicana sugiere métodos que las organizaciones pueden usar para ser transparentes y responsables en cómo manejan los nanomateriales. Para ello, describe un proceso de organización, documentación y

comunicación de lo que las organizaciones de información tienen sobre los nanomateriales. Esto incluye reconocer dónde está incompleta la información, explicar cómo se abordaron las brechas de información y explicar la razón de las decisiones y acciones de la organización en materia de gestión de riesgos.

8. En búsqueda de la Factibilidad de mejorar la regulación existente en México para aminorar el impacto ambiental

Se ha considerado la información actualizada de las mejores prácticas encontradas internacionalmente y cuáles de ellas son adecuadas para México.

Las normas de vigilancia sobre nanotecnología en la mayoría de los países son de autorregulación, es decir voluntarias, conocidas en conjunto como regulación blanda. Pueden realizarse a través de registros, etiquetado, códigos de conducta, sistemas de manejo de riesgo, guías y estándares técnicos) en especial las normas técnicas también denominadas NTs.

El principal órgano de estandarización en materia de NT es el Comité Técnico en Nanotecnología de la Organización Internacional de Estandarización, el ISO/TC-229. Interviene también la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

Algunos de los registros existentes son:

Voluntary Reporting Scheme for Engineered Nanoscale Materials, implementado por el Department for Environment, Food y Rural Affairs (DEFRA) del Reino Unido en 2006.

La Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP) la que recomendó que el registro fuera obligatorio.

Nanoscale Materials Stewardship Program (NMSP),2 programa implementado en 2008 por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EUA.

Swiss Nano-Inventory, fue una propuesta para la industria suiza, desarrollada entre 2005 y 2007 por el Institute Universitaire Romand de Santé au Travail (IST) para evaluar el grado de uso y la importancia de las NPs en la industria suiza.

Estos son ejemplos de regulación blanda que en ocasiones deviene en dura. Es importante mencionar que, en algunas zonas de la Unión Europea, especialmente de los Países Bajos y los nórdicos, hay un número cada vez mayor de actores que consideran necesaria la existencia de un registro obligatorio para la región con el fin de garantizar que los datos fueran comparables, lo cual sería menos costoso que si cada país lo hace individualmente, como ya está sucediendo.

Algunos registros obligatorios existentes son los de Francia, Bélgica, Noruega, Dinamarca y Suecia (ECHA, 2018), siendo Francia el primer país en hacer obligatoria la declaración anual en 2012, otorgando a la Agencia de Alimentos, Seguridad y Trabajo (ANSES) la autoridad de coleccionar información sobre la producción, distribución e importación de sustancias a la nanoescala a partir de 100 gramos.

Por su parte, Bélgica aprobó en 2014 un decreto real relativo al registro de sustancias y mezclas con ENM para comercialización con volúmenes mayores de 100 g/año.

Dinamarca creó la base de datos NanoDatabase, a cargo del Ministerio del Ambiente (DEPA), para el registro de productos que contengan ENM. También en Dinamarca se diseñó el NanoRiskCat como una herramienta para apoyar la comprensión del nivel de riesgo de cada producto y decidir en la gestión de riesgos.

En Suecia, la regulación que requiere el registro de productos con ENM en el registro de la Agencia Sueca de Químicos (KEMI) entró en vigor el 1 de enero del 2018 (KEMI, 2018).

Al analizar dieciocho Normas mexicanas NMX las cuales, si regulan el uso de los nanomateriales, fueron dos de ellas las que destacaron respecto a la prevención del posible impacto ambiental, el resto se limitan a la caracterización y descripción del tema, estas dos se expusieron en el punto anterior.

De igual manera se deben analizar con mayor detalle los nuevos descubrimientos en nanotecnología que plantean cómo mejorar la medición del daño o toxicidad que pudieran producir.

Se han descubierto cada día nuevas técnicas y nuevos usos para los productos elaborados con Nanomateriales, sin embargo, desafortunadamente, aunque existe el serio planteamiento de que los Nanomateriales no pueden ser utilizados considerándolos dentro del rango que establece una licencia sobre el uso de materiales en bulk que miden aspectos cómo la toxicidad, de la misma manera cómo si se tratara de su utilización en la escala macro, porque a la nanoescala la materia muestra diferentes propiedades.

Se han revisado investigaciones en curso que plantean el diseño de experimentos que miden la toxicidad de los nanomateriales y su distinta relación con los materiales base de los que proceden, revelando la significancia de esta medición, que han abordado el tema de los impactos ambientales que llegan a producir los Nanomateriales en el mundo y específicamente en México.

CAPÍTULO 2.

Antecedentes

Para el estudio y propuesta de este tema se utiliza la investigación documentada tanto nacional como internacional con sus bases científicas y experimentales, así como las plataformas de comercialización de productos que utilizan Nanomateriales, pues el objetivo es concentrar información, tenerla a mano más acotada del tema propuesto y permitir al lector del presente medios de convicción del panorama actual de la medida del impacto ambiental de los Nanomateriales en México, ya sea para privilegiar su uso o tener el cuidado necesario en la utilización de los mismos.

Se han revisado investigaciones en curso que plantean el diseño de experimentos que miden la toxicidad de los nanomateriales y su distinta relación con los materiales base de los que proceden, para entender los fundamentos de la presente investigación y se revele la significancia de esta medición, recopilando y presentando en lo subsecuente las investigaciones que han abordado el tema de los impactos ambientales que llegan a producir los Nanomateriales en el mundo y específicamente en México, así como la manera en que se norma toda esta medición en la leyes mexicanas, con un análisis comparado con la normalización internacional, principalmente europea que se ha preocupado por regular legalmente este tema.

Se presenta la referencia de las consultas a publicaciones científicas serias, dando particular importancia a los artículos de revistas científicas, también se consultaron libros y sitios de internet especializados en el tema, encontrando información de interés como la siguiente.

Ha sido más rápida la comercialización de productos basados en nanotecnología que el desarrollo de herramientas para medir de manera fiable el uso seguro de los nanomateriales.

Los nanomateriales han atraído mucha atención debido a su pequeño tamaño, efecto de superficie y efecto túnel cuántico, así como aplicaciones potenciales en materiales tradicionales, dispositivos médicos, dispositivos electrónicos, recubrimientos y otras industrias. Existe una amplia gama de aplicaciones de los nanomateriales por sus propiedades únicas que los hacen superiores a los materiales tradicionales. Por lo tanto, los nanomateriales tendrán una perspectiva de aplicación más amplia en el futuro. (Qiong Wu)

En la descripción de desafíos y oportunidades para la evaluación de la seguridad de los nanomateriales manufacturados (ENM) influye trascendentalmente el taller de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) desarrollado en Querétaro, México, con trabajos como detección y caracterización de ENM, su transformación en productos de

consumo y para el medio ambiente, así como las brechas en los métodos de nanotoxicología y los métodos para la estandarización y evaluación de riesgos.

Las prioridades a futuro incluyen métodos para detectar y caracterizar ENM en matrices complejas y sus transformaciones en esos ambientes, con investigación en materiales más desafiantes, más complejos o más avanzados

Existe una necesidad urgente de datos fiables para la presentación de datos respaldados por modelos informáticos a fin de permitir el desarrollo de métodos de agrupación y métodos de lectura (Linda J. Johnston).

En la revisión de diversos artículos en la búsqueda del impacto ambiental que producen los nanomateriales (NM) se encontró que pueden interactuar con la materia orgánica natural de modo que ésta se adsorbe en la superficie de los NM para formar una corona ecológica (eco-corona).

Así la formación de una eco-corona puede influir en gran medida en el comportamiento, el riesgo y el destino de los NM en el medio ambiente. Por lo que una comprensión sistemática de los impactos de una eco-corona sobre los peligros de los NM es crucial para la evaluación de riesgos de los NM en el medio ambiente acuático.

Se han discutido los efectos de una eco-corona sobre la bioacumulación y la toxicidad de los NM para los organismos acuáticos. Los resultados mostraron que una eco-corona podría alterar la toxicidad de los NM al cambiar la disolución de los NM, la adhesión de los NM y los daños a las biomembranas, la internalización y la generación de especies reactivas de oxígeno inducidas por los NM. (Xiangrui Wang)

Hasta el día de hoy se ha dejado de lado el posible impacto ambiental que provoca el uso y fabricación de productos que contienen Nanomateriales Artificiales, cuando de manera extraoficial se les atribuye una gran toxicidad, entendiéndola como aquella alteración a la naturaleza donde la unión de algunos compuestos pudiera provocar una contaminación ya sea sobre agua, aire o suelo que pudiera resultar en un deterioro de la salud de cualquier ser vivo, especialmente del ser humano. (Luis Guillermo Garduño-Balderas)

Es cierto también que hoy en día se sabe de casos donde los productos se han retirado del mercado luego de que sus consumidores presentaron alguna reacción, como sucedió con el spray de limpieza Nano Magic de Kleinmann en Alemania, donde su uso causó efectos de intoxicación a 78 personas y debió retirarse del mercado temporalmente.

En el tema tratado no se observa interés actual de priorizar a la salud y al medio ambiente en los procesos de producción utilizando nanotecnología, en cambio existe un optimismo tecnológico que plantea que las consecuencias a

futuro podrán ser mitigadas justamente a futuro, planteando que existirán nanorobots replicantes que incluirán medios avanzados para mitigar los impactos que esos podrían generar.

La nanotecnología es actualmente uno de los campos de investigación de mayor prioridad en muchos países debido a su inmensa potencialidad e impacto económico, implica la investigación, el desarrollo, la producción y el procesamiento de estructuras y materiales a escala nanométrica en diversos campos de la ciencia, la tecnología, la atención médica, las industrias y la agricultura.

Sin embargo, debido a las incertidumbres e irregularidades en la forma, el tamaño y las composiciones químicas, la presencia de ciertos nanomateriales puede ejercer impactos adversos en el medio ambiente y en la salud humana.

Por lo tanto, se han planteado preocupaciones sobre el destino, el transporte y la transformación de las nanopartículas liberadas en el medio ambiente.

El reconocimiento de las ventajas potenciales y los peligros no deseados de los nanomateriales para el medio ambiente y la salud humana es de vital importancia para lograr su desarrollo en el futuro. (Ehsanul Kabir)

CAPÍTULO 3.

Materiales y Métodos

Toda vez que el presente proyecto se refiere a la clasificación de investigaciones y materiales existentes para determinar cómo se evalúa actualmente el impacto ambiental generado por los productos que contienen Nanomateriales y la manera en que están contemplados en la Normatividad internacional vigente, así como en México para así diagnosticar si se hace lo necesario o si se requiere de un mayor detalle en la especificación normativa, no se requiere de diseño de experimentos, técnicas estadísticas, ni utilizar el laboratorio para procedimientos científicos.

Las metodologías a seguir para cumplir con cada uno de los objetivos planteados tienen un enfoque mixto de la investigación iniciando con la investigación documental a través del análisis de la información contenida ya en investigaciones científicas, realizando una comparativa con la normatividad existente en México, para determinar en su caso la necesidad de su actualización o de la mayor difusión para que quienes estén en contacto con los productos que contengan Nanomateriales.

Para medir la percepción de los usuarios de nanomateriales en México, se considera desde un enfoque cualitativo la encuesta, que fue aplicada a una población de 160 personas de diferentes edades y diversas preparaciones académicas, arrojando resultados que fueron analizados con técnicas estadísticas de un enfoque mixto con gráficas que permiten medir los resultados con mayor fiabilidad y objetividad.

CAPÍTULO 4.

Resultados y discusión

Hoy en día se producen y comercializan miles de productos en el mundo que emplean nanomateriales, tan sólo en México se fabrican 48 productos de 33 tipos diferentes en 24 empresas, conocidos como ENM (de sus siglas en inglés engineered nanomaterials).

No sólo su fabricación, sino también su consumo se ha extendido en todo el Planeta, considerándolos como un referente de uno de los mayores avances tecnológicos.

Se pueden encontrar estos Nanomateriales en productos de áreas sensiblemente ligadas a la conservación de la vida humana, como la farmacéutica, la alimenticia y otras donde se esperaría se tenga un sumo cuidado de la no afectación de la salud de los seres humanos en primer lugar, pero también, en general, el cuidado de toda la flora y fauna que componen nuestro medio ambiente.

Se analizaron los productos elaborados con nanotecnología mismos que se producen, comercializan y usan en el planeta entero incluyendo México desde una visión normativa, basándose en el análisis de las reglas se utilizan para medir su impacto ambiental así como del seguimiento de los protocolos establecidos en estas normas por todos los que intervienen en la cadena productiva, dando un especial énfasis a si dichas reglas están establecidas para los materiales en su medida en su escala normal o específicamente para la escala de los nanomateriales.

En tal sentido se consideran cubiertos los objetivos de esta investigación acercando a los interesados en los ENM a los referentes de medición actuales en México para tener una plena conciencia sobre el mejor uso de estos sin el peligro de afectación de su salud, así como el conocimiento sobre las normas NMX que regulan la producción y riesgo sobre su uso.

En México existe investigación científica y tecnológica de alto nivel y por ello también se realiza investigación respecto de los ENM, se cuenta con cuatro centros de investigación que realizan estudios sobre Nanomateriales.

De igual manera es importante observar la Inversión dedicada al desarrollo tecnológico de los Nanomateriales en el mundo donde México ocupa el lugar 36, siendo un referente en Latinoamérica.

Se visualizó a la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) que trabaja seriamente en el tema, especialmente en la detección y caracterización de ENM, su transformación en productos de consumo y para el medio

ambiente, así como las brechas en los métodos de nanotoxicología y sobre nuevos métodos para la estandarización y evaluación de riesgos.

En la mayoría de los países al igual que en México las normas de vigilancia sobre nanotecnología son de autorregulación, es decir voluntarias, conocidas en conjunto como regulación blanda.

El principal órgano de estandarización en materia de Nanotecnología es el Comité Técnico en Nanotecnología de la Organización Internacional de Estandarización, el ISO/TC-229. Interviene también la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

Las Normas mexicanas NMX las cuales si regulan el uso de los nanomateriales aunque de manera voluntaria para su adhesión, se analizaron para obtener que fueron dos de ellas las que destacaron respecto a la prevención del posible impacto ambiental, el resto se limitan a la caracterización y descripción del tema, estas dos se exponen en seguida:

NMX-R-16197-SCFI-2019: Compilación y descripción de métodos de detección toxicológica para nanomateriales manufacturados.

Esta Norma Mexicana ofrece una recopilación y descripción de métodos in vitro e in vivo que pueden ser útiles para el examen toxicológico, incluida la detección ecotoxicológica de los nanomateriales manufacturados.

Las pruebas de detección toxicológica incluidas en esta Norma Mexicana se pueden utilizar para fines tales como la toma de decisiones iniciales en la investigación y el desarrollo de productos, retroalimentación rápida sobre posibles problemas toxicológicos o de seguridad, o para la evaluación preliminar de nanomateriales manufacturados.

Se divide entre ensayos de detección relacionados con humanos y ensayos de detección relacionados con el medio ambiente. Una prueba de detección es una prueba relativamente simple y económica que puede administrarse fácilmente y proporciona una indicación de los posibles efectos adversos y efectos sobre la salud humana o el medio ambiente.

Pretende complementar otros esfuerzos internacionales que abordan la toxicología de los nanomateriales centrándose en los métodos de detección adecuados para la evaluación preliminar y no pretende duplicar esfuerzos similares en otras organizaciones internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Si la prueba de detección proporciona una indicación temprana de peligro, la guía se referirá a los enfoques de otras organizaciones para la evaluación toxicológica a gran escala o estudios escalonados adicionales. (DOF: 03/06/2020)

NMX-R-13121-SCFI-2019: Nanotecnologías-Evaluación del Riesgo de Nanomateriales

Esta Norma Mexicana describe un proceso para identificar, evaluar, abordar, tomar decisiones y comunicar los riesgos potenciales del desarrollo y uso de nanomateriales manufacturados, con el fin de proteger la salud y la seguridad del público, los consumidores, los trabajadores y el medio ambiente.

Si bien el proceso general de administración y gestión de los productos establecido en este Informe Técnico no es exclusivo de los nanomateriales, complementa los enfoques reconocidos proporcionando, cuando es posible, un enfoque en la información y las cuestiones específicas de las nanotecnologías.

Ofrece orientación sobre la información necesaria para realizar evaluaciones sólidas del riesgo y las decisiones de gestión de riesgos, así también sobre cómo manejar la información incompleta o incierta mediante el uso de suposiciones razonables y prácticas adecuadas de gestión de riesgos. Además, incluye métodos para actualizar suposiciones, decisiones y prácticas a medida que se dispone de nueva información, y sobre cómo comunicar información y decisiones a las partes interesadas.

Esta Norma Mexicana sugiere métodos que las organizaciones pueden usar para ser transparentes y responsables en cómo manejan los nanomateriales.

Para ello, describe un proceso de organización, documentación y comunicación de lo que las organizaciones de información tienen sobre los nanomateriales. Esto incluye reconocer dónde está incompleta la información, explicar cómo se abordaron las brechas de información y explicar la razón de las decisiones y acciones de la organización en materia de gestión de riesgos. (DOF: 03/06/2020)

A efecto de conocer la percepción de personas con diferentes perfiles y edades sobre la existencia, producción, comercialización y normativa de Nanomateriales en México se aplicó una encuesta a 160 personas a través de formulario Google que arrojaron el siguiente análisis:

- 1.- Se recolectaron respuestas de una amplia población de edades desde los 18 y hasta los 74 años pasando por todos los rangos.
- 2.- De igual manera se encuestó a diversas personas con grados de estudios diferentes, desde educación básica hasta doctorado, encontrando el mayor porcentaje de encuestados en el rango de licenciatura (66.2%) y con grado de doctorado sólo el 1.9%.

¿Grado de estudios?
160 respuestas

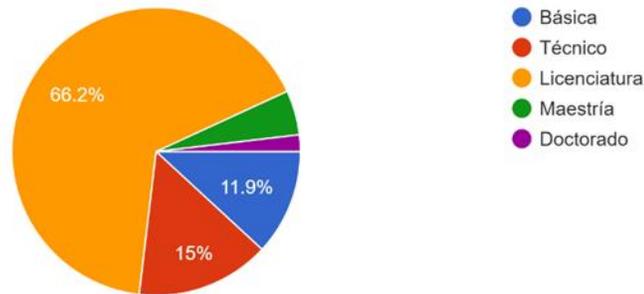


Figura 10 Imagen de la grafica sobre grado de estudios (Encuesta)

3.- En esta muestra el 57.9% (mayoría) han escuchado sobre el tema de los nanomateriales fabricados por el ser humano.

¿Ha escuchado que los nanomateriales pueden ser fabricados por el ser humano para incorporarlos a los productos?
159 respuestas

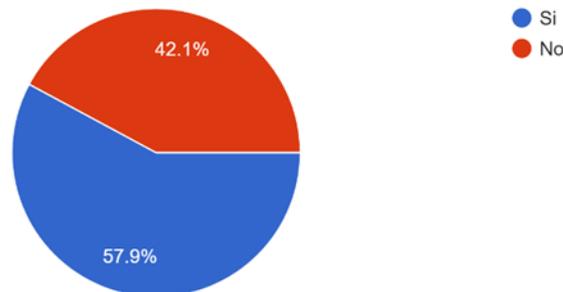


Figura 11 Imagen de la gráfica sobre respuesta a se pueden incorporar los ENM a productos (Encuesta)

4.- Sin embargo, al ser más específicos preguntando sobre productos de su diario que contengan nanomateriales sólo el 25% de los encuestados los conoce y el 28.1% no están seguros, mientras que el 46.9 no los conocen.

¿Conoce productos de uso diario que contengan nanomateriales?
160 respuestas

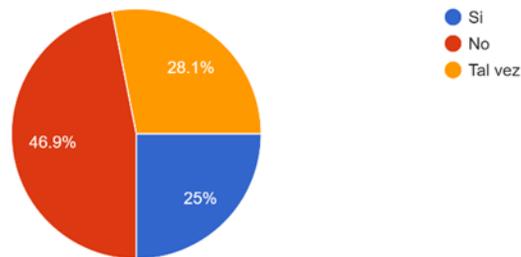


Figura 12 Imagen de la gráfica sobre respuesta a conocimiento de productos de uso diario que incorporen ENM (Encuesta)

5.- Cómo se refiere en la investigación la mayor parte de los mexicanos desconoce que en México se producen y comercializan productos que contienen nanomateriales, en este caso casi el 60% de los encuestados lo desconocía.

¿Sabe que en México se producen y comercializan productos que contienen nanomateriales?
159 respuestas

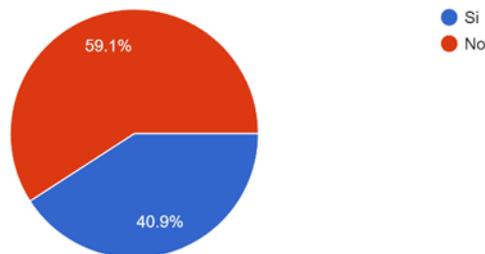


Figura 13 Imagen de la gráfica sobre respuesta a conocimiento de productos hechos en México que incorporen ENM (Encuesta)

6.- Al especificar en la pregunta sobre el posible impacto a la salud que pueden provocar los nanoproducidos el 38.8% consideran que si causan daño y el 16.2% consideran que tal vez causen daño superando a aquellos que consideran que no causan daño con un 45%.

¿Ha escuchado que los nanoprodutos pueden causar daño ambiental y/o daño a la salud?
160 respuestas

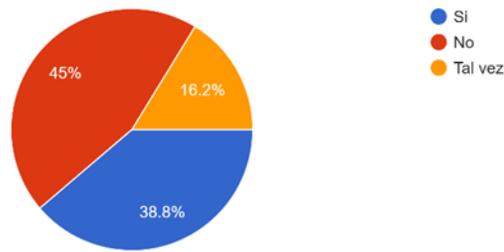


Figura 14 Imagen de la gráfica sobre respuesta a conocimiento de nanoprodutos que pueden causar daño (Encuesta)

7.- Aún es más notorio el desconocimiento de los encuestados respecto de la normatividad existente en México que regule la producción y comercialización de estos nanoprodutos, donde casi el 80% no sabe del tema.

¿Sabe si existen en México Leyes o normas que regulen la producción y uso de los nanoprodutos?
158 respuestas

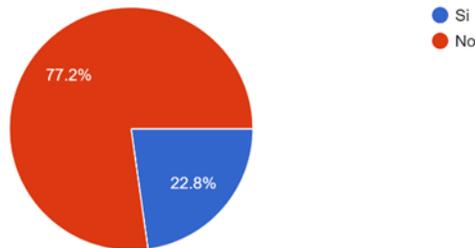


Figura 15 Imagen de la gráfica sobre la percepción sobre las normas que regulan la producción y uso de nanoprodutos (Encuesta)

8.- En lo que coincidieron casi la totalidad de los encuestados 90.5% es en que debe darse mayor importancia a regular adecuadamente la producción y comercialización con nanotecnología.

¿Considera de importancia que en México se regule adecuadamente la fabricación y venta de productos
158 respuestas

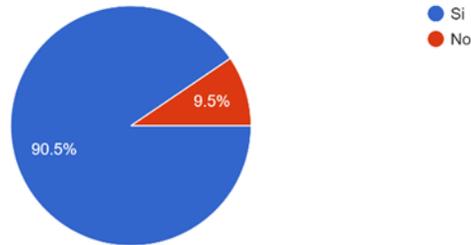


Figura 16 Imagen de la gráfica sobre la percepción sobre la importancia de regular la producción y uso de nanoproductos (Encuesta)

9.- De igual manera la gran mayoría coincidió en que le gustaría tener la tranquilidad de utilizar estos productos sabiendo que no le causarán daño y sólo el 3.1% refirió que no es tema de su interés.

¿Le gustaría tener la tranquilidad de utilizar productos basados en nanomateriales, sabiendo que no le causarán daño?
160 respuestas

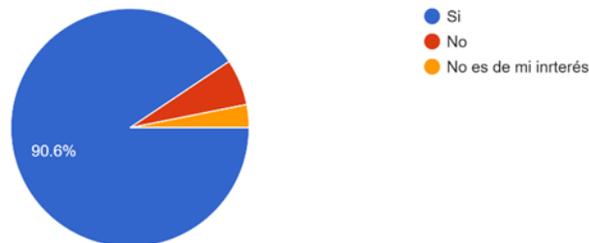


Figura 17 Imagen de la gráfica sobre la percepción sobre la tranquilidad que representaría saber que la producción y uso de nanoproductos no causa daño (Encuesta)

Conclusiones y recomendaciones

Ha sido más rápida la comercialización de productos basados en nanotecnología que el desarrollo de herramientas para medir de manera fiable el uso seguro de los nanomateriales.

Existen aún desafíos y oportunidades para la evaluación de la seguridad de los nanomateriales manufacturados (ENM).

Siguen siendo retos a futuro el incorporar métodos para detectar y caracterizar ENM en matrices complejas y sus transformaciones, así como investigación con materiales más desafiantes, más complejos y avanzados.

También deberán establecerse más protocolos validados y materiales de referencia para avanzar en estudios de nanoseguridad y en su debida caracterización.

Por todo esto aún existe una necesidad urgente de datos fiables para la presentación de datos respaldados por modelos informáticos.

En México se trabaja en la búsqueda de estandarizar las mediciones; prueba de ello son las normas oficiales mexicanas que se actualizan constantemente; varias de estas normas están en proceso de revisión para su autorización y posterior publicación oficial; en todos los casos estas normas retoman referentes internacionales para reglamentar el uso y producción de nanomateriales, haciendo especial énfasis en los parámetros máximos permisibles en los niveles de contaminación que pudieran llegar a ser dañinos para el medio ambiente y en especial para los seres vivos.

A pesar de ello, la falta de regulación suficiente de las Nanotecnologías debiera ser una barrera para el desarrollo y comercio de los ENM no evaluados en cuanto a su toxicidad.

Por ahora, la mayoría de los instrumentos a nivel internacional son de índole voluntario, como normas técnicas, (NMX en el caso de México) que sin duda son importantes, pero insuficientes.

PUNTOS FINALES

El compromiso de la Agenda 2030 marca la obligación de todos los estados parte de contribuir hacia un medio ambiente saludable que permita que los seres humanos convivamos con la naturaleza y sus recursos naturales sin agotarlos, aún más tratando de permitir su regeneración como lo hizo por siglos sin la intervención antropogénica, para que las nuevas generaciones puedan disfrutarlos logrando así la sustentabilidad y con un fuerte compromiso escalar hacia la sostenibilidad con ese factor económico social tan necesario en la búsqueda de que todos los seres humanos vivamos en armonía incluyendo los hoy menos favorecidos.

No es posible lograr lo expuesto en el párrafo anterior de no preocuparnos por medir adecuadamente el impacto ambiental negativo que pudiera producir la fabricación, comercialización y uso de los Nanoproductos, es por ello que debe existir una mayor inversión gubernamental en las técnicas y herramientas más novedosas para evaluar adecuadamente la toxicidad de todos los materiales incluyendo a los nanomateriales.

Los resultados de esas investigaciones deben ser incorporados a normativas que no sean de carácter voluntario, sino vinculante para que todo aquel que interactúe con estas nuevas tecnologías tenga la total certeza de que no produce un impacto negativo para el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carolina Vericat. NANOMATERIALES METÁLICOS: YENDO DE LA FISICOQUÍMICA HACIA LAS APLICACIONES BIOMÉDICAS Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA-CONICETUNLP) - Suc. 4, C. C. 16, (1900) La Plata, Argentina
- César Germán Lizarazo-Salcedo, Edgar Emir González-Jiménez. NANOMATERIALES: UN ACERCAMIENTO A LO BÁSICO. Medicina y seguridad en el trabajo. vol.64 no.251 Madrid abr./jun. 2018
- Diario Oficial de la Federación 20/10/2014. Declaratoria de vigencia de las Normas Mexicanas NMX-R-10867-SCFI-2014, NMX-R-10929-SCFI-2014, NMX-R-27687-SCFI-2014, NMX-R-80004-1-SCFI-2014 Y NMX-R-80004-3-SCFI-2014.

- Diario Oficial de la Federación 13/04/2015. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-62622-SCFI-ANCE-2014.
- Diario Oficial de la Federación 01/02/2017. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-12901-1-SCFI-2015, nanotecnologías-gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. parte 1: principios y enfoques.
- Diario Oficial de la Federación 01/02/2017. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-80004-5- SCFI -2015-nanotecnologías-vocabulario-parte 5: interfaz nano/bio.
- Diario Oficial de la Federación 13/08/2019. Aviso de consulta pública del proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-R-18196-SCFI-2017, nanotecnologías-matriz de técnicas de medición para la caracterización de nano-objetos.
- Diario Oficial de la Federación 15/08/2019. aviso de consulta pública del proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-R-20660-SCFI-2018, "nanotecnologías-especificación de materiales-nanopartículas antibacteriales de plata".
- Diario Oficial de la Federación 20/09/20149. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-10798-SCFI-2016, nanotecnologías-caracterización de nanotubos de carbono de una capa por microscopía de barrido con electrones y espectrometría de dispersión de energía de rayos x.
- Diario Oficial de la Federación 25/09/2019. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-12901-2-SCFI-2016, nanotecnologías-gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. parte 2: uso del enfoque de control por bandas.
- Diario Oficial de la Federación 03/06/2020. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-16197-SCFI-2019, compilación y descripción de métodos de detección toxicológica para nanomateriales manufacturados.
- Diario Oficial de la Federación 03/06/2020. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-13121- SCFI -2019, nanotecnologías-evaluación del riesgo de nanomateriales.
- Diario Oficial de la Federación 25/02/2022. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-80004-2-SCFI-2020, nanotecnologías-vocabulario-parte 2: nano-objetos.

- Diario Oficial de la Federación 25/02/2022. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-R-80004-1-SCFI-2020, nanotecnologías-vocabulario-parte 1: conceptos básicos (cancela a la NMX-R-80004-1-SCFI-2014).
- Diario Oficial de la Federación 01/03/2022. aviso de consulta pública del proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-R-12901-1-SCFI-2020, nanotecnologías-gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. parte 1: principios y enfoques (cancelará a la NMX-R-12901-1-SCFI-2015).
- Diario Oficial de la Federación 20/10/2019. aviso de consulta pública del proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-R-12901-1-SCFI-2020, nanotecnologías-gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. parte 1: principios y enfoques (cancelará a la NMX-R-12901-1-SCFI-2015).
- Doroteo Mendoza López. NANOMATERIALES: NUEVAS PROPIEDADES A MENORES DIMENSIONES. Revistaciencia.amc.edu.mx, enero-marzo 2003 pp. 23-29
- Eduardo Camarillo Abad, Rafael Blome Fernández, Pablo Ivan Castellanos Andrade, Jessica Campos Delgado, Agosto 2018, <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/65023/59367#info.10.22201/ceiich.24485691e.2019.22.65023>
NANOTECHNOLOGY AN ALTERNATIVE FOR WASTEWATER TREATMENT: ADVANCES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES
- Ehsanul Kabir, Vanish Kumar, Ki-Hyun Kim, Alex C.K. Yip, J.R. Sohn Journal of Environmental Management “ENVIRONMENTAL IMPACTS OF NANOMATERIALS” Volume 225, 1 November 2018, Pages 261-271
- Enríquez Montoya, Ana Rosela, Vargas Hernández, Diana. 2015. ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO (AS) POR MEDIO DE LA ADSORCIÓN UTILIZANDO NANOMATERIALES. Tesis. Ingeniería Química. Universidad de Sonora.
- Eva Márquez Durán. LAS NANOPARTÍCULAS Y SUS APLICACIONES BIOMÉDICAS Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones. Plaza de Caldereros, 2. 10071 Cáceres (España) publicac@unex.es <http://www.unex.es/publicaciones>.
- Fernando Martínez Melgarejo. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN NANO, MICRO Y MACRO ESTRUCTURAL DE NANOCEMENTOS HÍBRIDOS: CEMENTO PORTLAND – GEOPOLÍMERO DE FRAGUADO RÁPIDOPARA ULTRA THIN COMPOSITES PAVEMENTS (ETAPA

CERO) Tesis para obtener grado de Maestro en Ingeniería. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacana, México 2011

- Gian Carlo Delgado. 2006. RIESGOS AMBIENTALES DE LA NANOTECNOLOGÍA: NANOPARTÍCULAS Y NANOESTRUCTURAS. Revista de Ciencias Ambientales. Volumen 31. Junio, 2006 34-39
- Gian Carlo Delgado. 2020. IMPLICACIONES AMBIENTALES Y A LA SALUD DE LA NANOTECNOLOGÍA. Revista Tecnología e sociedade. Número 4 PEGTE Universidad Tecnológica 77-101
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO CON NANOMATERIALES. Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSHT. Madrid, España, abril 2015
- Instituto Politécnico Nacional IPN. NANOTECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. Innovación Educativa [En Línea]. 2007, 7(36), 73-77[fecha de Consulta 12 de Noviembre de 2023]. ISSN: 1665-2673. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179420814007>.
- J. David Álvarez Villarraga, Pablo Arbeláez Echeverri, Juan Carlos Acevedo González y Oscar Feo Lee. NANOTECNOLOGÍA. Revista Oficial de la Asociación Colombiana para el Estudio del Dolor, Vol. 4 número 1, 2009
- Jahaziel Amaya y William Quiroga. NONOMATERIALES: UNA CLASIFICACIÓN DESDE SUS DIMENSIONES. Revista Química e Industria. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, jdamayab@unal.edu.col
- Jorge E. Silva Yumi y Carlos A. Medina S. MATERIALES Y NANOMATERIALES, PRINCIPIOS APLICACIONES Y TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN. Dirección de publicaciones de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2022
- Laura Beatriz Herrero Montarelo. ACTUALIZACIÓN SOBRE NANOTECNOLOGÍA EN LA UNIÓN EUROPEA. NANOMATERIALES ARTIFICIALES. Área de Gestión de Riesgos Nutricionales. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Madrid noviembre 2020.
- Laura Saldívar Tanaka www.mundonano.unam.mx | Mundo Nano <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.24.69621> | 13(24), 1e-27e, enero–junio 2020. SOFT REGULATION, TECHNICAL

- Leary SP, Liu CY, Apuzzo ML. TOWARD THE EMERGENCE OF NANONEUROSURGERY: PART I–NANOMEDICINE: DIAGNOSTICS AND IMAGING AT THE NANOSCALE LEVEL. *Neurosurgery* 2005; 57: 606-634
- Licda. Leticia Almengor. NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. *Revista Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar. Número 13, pp 13-52, julio 2009.*
- Linda J. Johnston, Norma González-Rojano, Kevin J. Wilkinson, Baoshan Xing. 2020. KEY CHALLENGES FOR EVALUATION OF THE SAFETY OF ENGINEERED NANOMATERIALS. *NanoImpact. Vol 18, No. 100219, abril 2020.*
- Luis Guillermo Garduño-Balderas, Ismael Manuel Urrutia-Ortega, Estefany Ingrid Medina Reyes, Yolanda Irasema Chirino. 2015. DIFFICULTIES IN ESTABLISHING REGULATIONS FOR ENGINEERED NANOMATERIALS AND CONSIDERATIONS FOR POLICY MAKERS: AVOIDING AN UNBALANCE BETWEEN BENEFITS AND RISKS”. *Journal of Applied Toxicology. Vol 35, No. 10, Octubre 2015*
- M. en I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez. INTRODUCCIÓN A LOS NANOMATERIALES. *Lecturas de Ingeniería de la UNAM FES-Cuautitlán, México 2012.*
- Marcela Gómez Garzón. NANOMATERIALES, NANOPARTÍCULAS Y SÍNTESIS VERDE. *Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Bogotá Colombia. Repertorio de Medicina y Cirugía Vol. 27 número 2, 2018*
- Marco Erick Espinosa Vincens, Claudia Esteves Cano, María Cynthia Cuadros Bustos, Agustín Yukio Olivera Ocegüera. 2018. EL MUNDO DE LA NANOTECNOLOGÍA SITUACIÓN Y PROSPECTIVA. *ProMéxico*
- Mendoza, Guadalupe; Rodríguez-López, José Luis. LA NANOCIENCIA Y LA NANOTECNOLOGÍA: UNA REVOLUCIÓN EN CURSO. *Perfiles Latinoamericanos, núm. 29, enero-junio, 2007, pp. 161-186. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Distrito Federal, México*

- Miguel E. Medina M., Luis E. Galván R. y Rosa E. Reyes G. LAS NANOPARTÍCULAS Y EL MEDIO AMBIENTE. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología, vol. 19 no- 74. Puerto Ordáz, marzo 2015
- Norma Internacional ISO14001. Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Traducción oficial. Tercera edición 2015/09/15. Publicado por la Secretaría Central de ISO, Ginebra Suiza.
- OSHwiki. NANOMATERIALES MANUFACTURADOS EN EL LUGAR DE TRABAJO. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, website 2020
- Paulina Abrica González y Sandra Gómez Arroyo. EFECTOS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS (NP-CuO, ZnO) EN PLANTAS. Rev. Int. Contam. Ambie. 38, 145-164, 2022 <https://doi.org/10.20937/RICA.54303>
- Public Health. NANOMATERIALES. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/es/l-3/index.htm#0 Fecha de Consulta: 04 de octubre del 2023.
- Qiong Wu, Wei-shou Miao , Yi-du Zhang EMAIL logo , Han-jun Gao and David Hui “MECHANICAL PROPERTIES OF NANOMATERIALS” From the journal Nanotechnology Reviews <https://doi.org/10.1515/ntrev-2020-0021>
- Rafael Vazquez-Duhalt. NANOTECNOLOGÍA EN PROCESOS AMBIENTALES Y REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN. Mundo Nano Volumen 8, No. 14 enero-junio 2015.
- Ricardo Molins. 2008. OPORTUNIDADES Y AMENAZAS DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA LA SALUD, LOS ALIMENTOS, LA AGRICULTURA Y EL AMBIENTE. Revista COMUNICA. Año 4, segunda etapa 39-53.
- Sergio Oscar Silvestri. NANOTECNOLOGÍA HOY: EL DESAFÍO DE CONOCER Y ENSEÑAR REVISTA. Escritura en Ciencias del Ministerio de Educación de Argentina
- Víctor G. Marroquín, Proyecto NANO-SME. APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA NANOTECNOLOGÍA. IDEPA Proyecto ESTIIC
- Xiangrui Wang, Dingyuan Liang, Ying Wang, Willie J. G. M. Peijnenburg, Fazel Abdolapur Monikh, Xiaoli Zhao, Zhaomin Dong & Wenhong

ANEXOS

Participación En el 6° Congreso Nacional Multidisciplinario Tecnológico: Convocatoria



Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco
Dirección Académica
Subdirección de Estudios Profesionales B
División de IMCT y IEMI

TESCO

Te Invita a Participar en el:

6^{to} Congreso Nacional Multidisciplinario Tecnológico 12-16 junio 23

Actividades:

- Exposición de Empresas
- Conferencias Magistrales
- Ponencias de Artículos
- Reconocimiento a los Mejores Promedios
- Presentación de Póster's
- Eventos Deportivos - Culturales
- Concurso de Robots
- Cursos y Talleres
- 4to Encuentro Estudiantil IES
- Reunión con Empleadores y egresados de IMCT- IEMI "Casos de Éxito"

Temas del Congreso:

- Sistemas Eléctricos
- Electrónica, Control y Automatización
- Manufactura y Producción
- Industria 4.0, Cómputo y Redes
- Seg. e Hig. Ocupacional
- Calidad
- Robótica
- Materiales
- Energía
- Química
- Inteligencia Artificial
- Nanotecnología
- Mantenimiento
- Docencia

Fechas:

- 9 de diciembre 2022
Publicación de Convocatoria
- 19 de abril de 2023
Límite de Recepción de Artículos
- 11 de mayo de 2023
Aceptación y Arbitraje
- 2 de junio de 2023
Límite de Entrega de Artículo final
- Del 12 al 16 junio de 2023
Ponencia de Artículos Aceptados
- 6 de septiembre de 2023
Publicación de la Revista

Los artículos deben ser Originales de Trabajos de Investigación que no hayan sido Publicados, de Docencia y Desarrollo Tecnológico, los Artículos Aceptados serán Publicados en la Revista "Innovación Científica y Tecnológica en las Ingenierías" del TESCO, Vol. 6, año 2023, con registro ISSN: 2594-2131 y Reserva de Derechos al Uso Exclusivo en Trámite.

La publicación en la Revista y Participación en el Congreso **NO TIENE COSTO.**

Los artículos se recibirán por vía electrónica al e-mail revista.icti@tesco.edu.mx
El formato en Word. Se puede descargar en:
<https://sites.google.com/view/revista-icti> y CODE.



Informes: congreso.icti@tesco.edu.mx y/o daniela.pinales@tesco.edu.mx

SEDE Av. 16 de septiembre # 54 CP 55700 Col. Colaboración Nacional, Cuicuilco de Restructuración, Estado de México.

Aprobación del artículo para publicación en Revista digital del Congreso



Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco
Dirección Académica
Subdirección de Estudios Profesionales B
División de Ingeniería Mecatrónica



16 de mayo del 2023

Eneida Leopoldo Téllez Gutiérrez
Cecilia Mercado Zúñiga
María Teresa Torres Mascara

PRESENTES

Anteponiendo un cordial saludo, es un placer informarles, que el artículo con título:

"PRODUCCIÓN Y REGULACIÓN DE NANOMATERIALES EN MÉXICO"

Fue revisado y aprobado por el Comité Revisor para su publicación en el Vol. 6 Año 2023 de la Revista en formato digital "Innovación Científica y Tecnológica en las Ingenierías" del TESCo, con ISSN: 2594-2131, dicha publicación será en el mes de septiembre del presente año.

Para poder hacer la publicación es indispensable se envíe el documento "Derechos de Autor 2023" debidamente requisitado, a más tardar el 29 de mayo del 2023 al siguiente correo: revista.icti@tesco.edu.mx.

Reiterándoles nuestras más sinceras consideraciones, quedamos de ustedes.

Atentamente

Comité Organizador



Índice de la citada Revista donde se localiza la publicación del artículo

/revista-icti/contenido-2023

42. [DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLINO DE GRANOS DE COSECHA \(MOLITECI\) \(Págs. 289-294\)](#)
43. [IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA KAIZEN PARA LA MEJORA DE PROCESOS \(Págs. 295-300\)](#)
44. [DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN EXPERIMENTAL PARA MEDICIÓN DE FLUJO DE AGUA \(Págs. 301-309\)](#)
45. [MODELO MATEMÁTICO DE RIESGO Y DESERCIÓN ESCOLAR EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DEL TESVG \(Págs. 310-315\)](#)
46. [DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA MÁQUINA SANDBLASTING DE ALTA PRECISIÓN PARA EL MANEJO DE MATERIALES CERÁMICOS, DIRIGIDA A PYMES \(Págs. 316-321\)](#)
47. [PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA EN C# APLICADA A LA SOLUCIÓN DE INTEGRALES DEFINIDAS EMPLEANDO EL MÉTODO DE TRAPECIOS \(Págs. 322-324\)](#)
48. [SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA EMPRESA, MEDIANTE UN LAYOUT EN LA HOJA DE EXTINTORES \(Págs. 325-328\)](#)
49. [ESTUDIO DE CALIDAD CRISTALINA EN NANOTUBOS DE CARBONO A PARTIR DE IMÁGENES DE REFLEXIÓN DIFUSA LÁSER Y MODELOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO \(Págs. 329-333\)](#)
50. [DESARROLLO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA LA TRANSMISIÓN DE AUDIO POR LUZ INFRAROJA A MÚLTIPLES RECEPTORES \(Págs. 334-341\)](#)
51. [TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO A LA RED TIPO VGG19, PARA CLASIFICAR IMÁGENES DE HOJAS DE TOMATE CON TIZÓN TARDÍO \(Págs. 342-347\)](#)
52. [SISTEMA AUXILIAR DE MEDIDAS SANITARIAS PARA LA DETECCIÓN DE PERSONAS CON CUBREBOCAS \(Págs. 348-351\)](#)
53. [DESARROLLO DE UN MODELO REUSABLE DE DECISIÓN DE ESTRATEGIAS DE CALIDAD BASADO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PYMES \(Págs. 352-361\)](#)
54. [DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HORTALIZAS A TRAVÉS DEL RECONOCIMIENTO Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES \(Págs. 362-370\)](#)
55. [USO DE DIAGRAMAS DE RELEVANCIA PARA LA ACTUALIZACIÓN BAYESIANA DEL POSIBLE SITIO DE FUGA EN UNA TUBERÍA \(Págs. 371-377\)](#)
56. [MATRIZ BIOCARBÓN LIGNINA PARA LA ELIMINACIÓN DE COLORANTES AZOICOS \(Págs. 378-382\)](#)
57. [ÁRBOL CLASIFICADOR SUPERVISADO COMO APOYO A LA DECISIÓN EN LA CONTRATACIÓN DE PERSONAL ACADÉMICO DEL TESCO \(Págs. 383-388\)](#)
58. [EDUCACIÓN CON CALIDAD UNA REALIDAD PARA TODOS \(Págs. 389-393\)](#)
59. [IMPACTO DE LA EDUCACIÓN EN LÍNEA EN EL ESTADO DE SALUD DEL CUERPO DOCENTE DEL TECNMI CAMPUS TEPEXI DE RODRÍGUEZ EN TIEMPOS DE CONFINAMIENTO POR COVID-19 \(Págs. 394-399\)](#)
60. [CASO DE APLICACIÓN DE METODOLOGÍA 5'S A UNA EMPRESA DE HORNOS Y RECUBRIMIENTOS CERÁMICOS \(Págs. 400-408\)](#)
61. [EL USO DE LAS PLATAFORMAS DIGITALES EDUCATIVAS EN EL DESEMPEÑO ACADÉMICO DE LOS ALUMNOS Y BENEFICIO PARA LOS DOCENTES EN EL SISTEMA EDUCATIVO DEL TECNMI / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEPEXI DE RODRÍGUEZ \(Págs. 409-415\)](#)
62. [SISTEMA MECATRÓNICO PARA PROCESO DE EMPLOYEE Y ESTIBADO EN CAJAS DE PRODUCTOS DE TORNILLERA \(Págs. 416-420\)](#)
63. [REINGENIERÍA DE LA APP MÓVIL BBVA PARA RETIRO SIN TARJETA EN COMERCIOS, CASO GONET \(Págs. 421-427\)](#)
64. [DESEMPEÑO HIDRODINÁMICO DE UN IMPULSOR PB4 EN UN SISTEMA LÍQUIDO-LÍQUIDO \(Págs. 428-432\)](#)
65. [DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE CONTEO Y EMPAQUETADO DE LLAVES PARA CERRADURAS \(Págs. 433-439\)](#)
66. [DISEÑO DE UN ACTUADOR ELÉCTRICO PARA UNA VÁLVULA TIPO MARIPOSA \(Págs. 440-447\)](#)
67. [PRODUCCIÓN Y REGULACIÓN DE NANOMATERIALES EN MÉXICO \(Págs. 448-453\)](#)
68. [PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ÁREA DE COMPRAS DE UNA EMPRESA DE PROMOCIONALES \(Págs. 454-460\)](#)
69. [PROTOCOLO PARA IMPLEMENTAR UN ERP EN SPIRA \(Págs. 461-467\)](#)
70. [LA CONCIENCIA AMBIENTAL REQUIERE DEL DESARROLLO DE UNA CONCIENCIA DE COLECTIVIDAD \(Págs. 468-472\)](#)
71. [LOGÍSTICA INVERSA EN EMPRESAS DEL SECTOR ALIMENTICIO \(Págs. 473-478\)](#)
72. [PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA MINI - HIDROELÉCTRICA PARA EL POBLADO DE LA NORIA, EN EL ESTADO DE OAXACA \(Págs. 479-483\)](#)
73. [LAS FASES Y SU COMPORTAMIENTO AL DESGASTE DE ACERO CEMENTADO 1018 Y 8620 \(Págs. 484-488\)](#)
74. [DESGASTE DE ACERO INMOVILIZABLE AISI 316 NITRIDADO \(Págs. 489-493\)](#)

Zjv2roEqYmd/view?usp=sharing

Artículo publicado: Producción y regulación de Nanomateriales en México

RC 67 (448-453).pdf

Revista Digital
Innovación Científica y Tecnológica en las Ingenierías
<https://sites.google.com/view/revista-ict1>

TESCO

PRODUCCIÓN Y REGULACIÓN DE NANOMATERIALES EN MÉXICO.

Enedino Leopoldo Téllez Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México/TES de Coahuila
e-mail: l.tellez@tesco.edu.mx
Cecilia Mercado Zúñiga, Tecnológico Nacional de México/TES de Coahuila
e-mail: cecilia@tesco.edu.mx
María Teresa Torres Mancera, Tecnológico Nacional de México/TES de Coahuila
e-mail: teresa@tesco.edu.mx

Recibido: 27 de abril de 2023 Aceptado: 20 de mayo de 2023

RESUMEN

La producción y comercialización de miles de productos que emplean nanomateriales en la mayoría de los países deja de lado la necesidad de un análisis detallado sobre si estos productos tienen un efecto nocivo a la salud, la presente investigación es el resultado del estudio exhaustivo de información que permite contar con referencias probadas científicamente que pretenden dar tranquilidad a quienes utilizan y/o producen con ésta nanotecnología, de la misma manera se otorga un panorama general sobre el papel de México con referencia al resto de los países en investigación, inversión y fabricación de Nanomateriales; también se realiza un análisis de la normatividad vigente en México que prevé la estandarización de los referentes de máximos permisibles de contaminación ambiental provocada por nanomateriales priorizando la seguridad de los seres vivos en especial del

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día se producen y comercializan miles de productos que emplean nanomateriales en la mayoría de los países, donde México no es la excepción, para distinguirlos de los nanomateriales que existen naturalmente, se les ha denominado Nanomateriales Artificiales, es decir aquellos que son producidos intencionalmente por el ser humano, conocidos también como ENM (de sus siglas en inglés engineered nanomaterials).

No sólo su fabricación, sino también su consumo se ha extendido en todo el Planeta (Figura 1), considerándolos como un referente de uno de los mayores avances tecnológicos, sin embargo, la euforia por los nuevos descubrimientos e inventos de productos desarrollados con esta tecnología ha dejado de lado el impacto ambiental y la toxicidad que se les atribuye

Página 1 / 6

1872 palabras, 208 palabras, 42 min