

**Programa de Doctorado
en Estudios del Desarrollo
Proyecto Académico de Posdoctorado**

1. Título

Manejo y deshecho de nanomateriales. Prospectiva de impacto desde los centros de investigación y laboratorios desarrollando nanotecnologías en México.

2. Resumen

En la actualidad el uso de nanotecnologías, ha permeado diversas áreas económicas del mercado internacional. No hay sector económico que no aplique este paquete tecnológico: incluyendo el energético, médico, agrícola, electrónico, alimenticio, cosmético, de transporte, automotriz, comunicaciones, entre otros (Grillo, Rosa, & Fraceto, 2015; Mangematin & Walsh, 2012; Roco, 2011). Según los últimos reportes de empresas nanotecnológicas del Woodrow Wilson Institute y de la nanodatabase del gobierno Danés, más de 3000 productos utilizan equipos o técnicas para la fabricación, manipulación e integración de materiales y dispositivos con nanotecnologías (Nanodatabase, 2019; Nanoinventory, 2019).

Sin embargo, el incremento de las interacciones de dichos productos directamente con la población y el medio ambiente con lleva un inevitable impacto ambiental, el cual se ve exacerbado por los efectos desconocidos y poco estudiados de los nanomateriales que dichos productos contienen (Keller, McFerran, Lazareva, & Suh, 2013; Záyago, Foladori, Frederick, Arteaga, & Garía, 2015). México al ser, después de Brasil, uno de los líderes en América Latina en el desarrollo de nanotecnologías se convierte en un país con alta producción y deshecho de materiales con nanopartículas durante toda su cadena de valor (Zayago & Foladori, 2010). Diversos estudios (Harper, 2011; Drake & Hazelwood, 2005; Kulinowski & Lippy, 2011) han mostrado que estos materiales ingresan al medio ambiente de manera constante y sin regulación alguna. No obstante, se desconoce su manejo y destino una vez que termina su vida útil.

3. Palabras Clave

Impacto Ambiental, Innovación Tecnológica, Nanomateriales, Nanotecnología, Prospectiva Tecnológica, Regulación e Impacto

4. Objetivos y Metas

El objetivo de esta investigación posdoctoral se enfocará en sistematizar la información sobre manejo, uso y disposición de nanomateriales utilizados en los centros de investigación y laboratorios públicos en México. La recopilación, análisis y sistematización de la información se realizará a través de diversas fuentes bibliográficas y grupos de investigación. Los resultados de esta investigación serán una referencia para visibilizar el uso, deshecho y manejo de los nanomateriales en México. Siendo, sin lugar a dudas, de utilidad tanto a investigadores, como a hacedores de política pública y tomadores de decisiones.

5. Avances o Antecedentes

Las nanotecnologías se han establecido como un punto estratégico en el desarrollo científico e innovación tecnológica de la mayoría de los países industrializados, incluido México. La incorporación de esta tecnología en el sector productivo y manufacturero, supone una gran novedad debido a su escala nanométrica que permite modificar sus propiedades como por ejemplo: I) físicas, como superparamagnetismo (Vatta, et. al., 2009), superconductividad (Shi, et. al., 2012), incremento a la resistencia térmica (Miyake, et. al., 2013) y ultradureza (Lamni, et. al., 2005) entre otras; II) químicas, como su gran resistencia a la corrosión (Hamdy & Butt, 2007), alto rendimiento óptico (Lance et. al., 2003) y gran capacidad fotocatalítica como semiconductor (Tong, et. al., 2012; Evanoff & Chumanov, 2005); y III) biológicas, por sus características bactericidas (Chen&Chiang, 2008), en revestimientos antimicrobianos (Singh & Nalwa, 2011), así como en la remediación de suelos (Zhang, 2003). Debido a la mejora en las propiedades de diversos materiales, se ha registrado un aumento en la demanda de estos productos, lo que implica una importante inversión por parte del sector industrial y gubernamental en la creación, desarrollo, producción y regulación de nanomateriales, lo que permitirá a México, segundo país en investigación y desarrollo de nanotecnologías en América Latina (Kay & Shapira, 2009) un área de oportunidad para desarrollar esta industria.

Sin embargo, muchos de los productos que emplean nanotecnologías, no están regulados ni etiquetados para alertar al consumidor del posible riesgo, eliminando así su derecho a elegir si desea o no evitarlos. Aunado a lo anterior, debido a su área superficial y reactividad energética, una vez en el medio ambiente las nanopartículas pueden sufrir diferentes transformaciones como oxidación, aglomeración, sulfuración o clorohidratación, entre otros, agravando aún más sus posibles efectos, debido a la falta de datos, pruebas y disposiciones de seguridad apropiadas por cada material, incrementando los impactos negativos que pudieran darse en la salud y el medio ambiente a mediano y largo plazo.

**Programa de Doctorado
en Estudios del Desarrollo
Proyecto Académico de Posdoctorado**

Por tanto, se vuelve preciso conocer y analizar, el estado actual del progreso técnico-científico, así como los materiales mayormente utilizados, que aceleran o reprimen la evolución de esta tecnología en el país, además de identificar la ruta de disposición que siguen una vez finalizado su ciclo de vida en busca de prevenir la mayor cantidad de incidentes que podrían derivarse de su interacción con el medio.

6. Justificación

La falta de regulación y normatividad, así como la existencia de estudios previos internacionales, que muestran los posibles efectos negativos de diversos nanomateriales (Hussain, Hess, Gearhart, Geiss y Schlager, 2005, Kim et al., 2009, Krzyzewska, Kyziół- Komosińska, Rosik-Dulewska, Czupioł, & Antoszczyszyn-Szpicka, 2016; Sung et al., 2009), aluden urgentemente a la sistematización del uso, manejo y deshecho de los nanomateriales, en primera instancia, en los centros de investigación y laboratorios públicos en México. En este sentido, cabe mencionar que la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) posee un directorio de empresas autorizadas para la recolección y el manejo de residuos peligrosos, sin embargo ninguna de ellas tiene en consideración como tipo de residuos a los nanomateriales, nanopartículas, nanotubos o nanocables (SEMARNAT, 2019). Es por lo anterior, que investigaciones previas sobre la potencial toxicidad de estos materiales han ilustrado la necesidad de realizar estudios más extensos para conocer la realidad concreta que se vive en el país (Záyago, Frederick, & Foladori, 2014).

Se propone la realización de un estudio mixto que sistematice la información de los principales nanomateriales utilizados en el país dentro del primer eslabón de su cadena de valor; es decir, la investigación y desarrollo. Tomando como referencia los trabajos previos que se han realizado sobre el tema desde la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS) y cuya sede se encuentra en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

7. Metodología

Se utilizara una metodología mixta para obtener información tanto cualitativa como cuantitativa, mediante la implementación de varias estrategias de búsqueda, como la identificación de publicaciones científicas, mediante un análisis bibliométrico utilizando diversas bases de datos como Web of Science (WoS), Scopus, Redalyc, IEEE, etc. Además, se identificarán los grupos de investigación existentes en el tema, para ello, se pueden utilizar diversos registros y catálogos de redes y grupos de investigación registrados en el CONACYT, PRODEP o directamente en la institución.

**Programa de Doctorado
en Estudios del Desarrollo
Proyecto Académico de Posdoctorado**

8. Otros recursos financieros

No se tienen otros recursos financieros.

9. Aportación al programa

El doctorado es Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas es sede de ReLANS y nos integraremos al grupo de investigadores que analizan las implicaciones sociales y ambientales del uso de las nanotecnologías en América Latina. Se impartirá un curso y/o de un seminario de acuerdo a la temática a desarrollar, como parte de las materias optativas que se ofrecen en el doctorado. Además, se participará en la dirección o asesoría de estudiantes con investigaciones relacionadas con el tema de las nanotecnologías o las ciencias y las tecnologías. Se espera socializar los resultados de la investigación mediante la publicación de dos artículos de investigación en revistas indexadas en coautoría con el investigador receptor, así como presentar dichos resultados en foros nacionales o internacionales.

10. Compromiso de la institución receptora

El posgrado ofrece un espacio físico para poder realizar los trabajos referidos. Además, ofrece el equipo de cómputo y servicios de telefonía e internet. Por otra parte, la Universidad de Zacatecas cuenta con una serie de recursos humanos y materiales que coadyuvarán para que el trabajo se realice cabalmente. Los co-coordinadores y el Secretario Técnico de ReLANS se encuentran adscritos al programa doctoral y tiene toda la disposición e interés de apoyar con este proyecto de investigación.

**Programa de Doctorado
en Estudios del Desarrollo
Proyecto Académico de Posdoctorado**

11. Cronograma

| Actividad | Fecha de Inicio | Fecha de Terminación | Resultados Esperados | Impacto en el Programa Receptor |
|--|------------------------|-----------------------------|---|---|
| Curso Presencial | Septiembre 2019 | Diciembre 2019 | Difundir el conocimiento acerca del desarrollo e impacto de las nanotecnologías. | Reforzar la línea de investigación de Ciencia, Tecnología e Innovación del programa. |
| Seminario | Noviembre 2019 | Noviembre 2019 | Dar a conocer los avances en la regulación y estatus actual de las nanotecnologías. | Mostrar las metodologías empleadas en los estudios de prospectiva tecnológica, así como el intercambio de ideas y opiniones para el debate de estas nuevas tecnologías. |
| Dirección y/o Asesoría de estudiantes | Agosto 2019 | Agosto 2020 | Apoyar en la dirección o asesoría de los proyectos de titulación de los estudiantes del programa. | Coadyuvar en el proceso de titulación, apoyando a los estudiantes y a la plantilla académica del programa. |
| Publicación de Artículo de Investigación en revista indexada | Julio 2019 | Agosto 2020 | Publicar los resultados obtenidos de la investigación en una revista indexada con el mayor factor de impacto posible. | Acrecentar el nivel de reconocimiento del programa tanto a nivel nacional como internacional. |
| Ponencia en Congreso Nacional y/o Internacional | Febrero 2020 | Junio 2020 | Evidenciar el trabajo realizado frente a un auditorio experto en la temática. | Divulgar la investigación realizada así como las líneas de investigación del programa con una audiencia especializada a nivel nacional y/o internacional. |

**Programa de Doctorado
en Estudios del Desarrollo
Proyecto Académico de Posdoctorado**

Referencias

- Chen, C.Y.; Chiang, C.L. (2008). Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles. *Materials Letters* (Vol. 62, Issues 21-22, pp 3607-3609).
- Drake, P.L.; Hazelwood, K.J. (2005). Exposure-Related Health Effects of Silver and Silver Compounds: A Review. *The Annals of Occupational Hygiene* (Vol. 49, Issue 7, pp 575-585).
- Evanoff, D.D. Jr.; Chumanov, G. (2005). Synthesis and optical properties of silver nanoparticles and arrays. *ChemPhysChem* (Vol. 6, Issue 7, pp 1221-1231).
- Grillo, R., Rosa, A. H., & Fraceto, L. F. (2015). Engineered nanoparticles and organic matter: A review of the state-of-the-art. *Chemosphere*.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.07.049>
- Hamdy, A.S.; Butt, D.P. (2007). Novel anti-corrosion nano-sized vanadia-based thin films prepared by sol-gel method for aluminum alloys. *Journal of materials processing technology*. (Vol. 181, pp 76-80).
- Harper, T. (2011). Global Funding of Nanotechnologies and its impact. Científica Applying Advanced Materials Ltd, London U.K.
- Hussain, S. M., Hess, K. L., Gearhart, J. M., Geiss, K. T., & Schlager, J. J. (2005). In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells. *Toxicology in Vitro*, 19(7), 975-983. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2005.06.034>
- Kay, L.; Shapira, P. (2009). Developing nanotechnology in Latin America. *Journal of Nanoparticle Research*. (Vol. 11, Num. 2, pp 259-278).
- Keller, A. A., McFerran, S., Lazareva, A., & Suh, S. (2013). Global life cycle releases of engineered nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(6).
<https://doi.org/10.1007/s11051-013-1692-4>
- Kim, S., Choi, J. E., Choi, J., Chung, K. H., Park, K., Yi, J., & Ryu, D. Y. (2009). Oxidative stress-dependent toxicity of silver nanoparticles in human hepatoma cells. *Toxicology in Vitro*, 23(6), 1076-1084. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2009.06.001>
- Krzyzewska, I., Kyzioł-Komosińska, J., Rosik-Dulewska, C., Czupioł, J., & Antoszczyszyn-Szpicka, P. (2016). Inorganic nanomaterials in the aquatic environment: Behavior, toxicity, and interaction with environmental elements. *Archives of Environmental Protection*, 42(1), 87-101. <https://doi.org/10.1515/aep-2016-0011>
- Kulinowski, K., Lippy, B. (2011). Training workers on risks of nanotechnology. U.S. Department of Health and Human Services. Bethesda, 43.
- Lance, K.; Coronado, E.; Zhao L. L.; Schatz, G.C. (2003). The optical properties of Metal Nanoparticles: The influence of size, shape, and dielectric environment. *J. Phys. Chem. B* (Vol. 107, Num. 3, pp 668-377).
- Lamni, R; Sanjinés, R; Parlinska-Wojtan, M; Karimi, A.; Lévy, F. (2005). Microstructure and nanohardness properties of Zr-Al-N and Zr-Cr-N thin films. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films* (Vol. 23, Num. 1-2, pp 593-598).
- Mangematin, V., & Walsh, S. (2012). The future of nanotechnologies. *Technovation*.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.01.003>
- Miyake, S.; Kawasaki, S.; Yamazaki, S. (2013). Nanotribology properties of extremely thin diamond-like carbon films at high temperatures with and without vibration. *Wear*. (Vol. 300, Num. 1-2, pp 189-199).
- Nanodatabase. (2019). Denmark nano inventory. Disponible en: www.nanodb.dk Fecha de consulta: 25/Marzo/2019.

**Programa de Doctorado
en Estudios del Desarrollo
Proyecto Académico de Posdoctorado**

- Nanoinventory. (2019). The Project on Emerging Nanotechnologies. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Disponible en: <http://www.nanotechproject.org/cpi/products/> Fecha de consulta: 25/Marzo/2019.
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: The National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*. <https://doi.org/10.1007/s11051-010-0192-z>
- SEMARNAT, 2017. Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos [WWW Document]. Inf. Empres. autorizadas en el manejo residuos peligrosos (acopio, reciclaje, Aprovech. Trat. etc.). URL <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos> Fecha de consulta 25/Marzo/2019.
- Shi, W.; Wang, Z.; Qiu, Z.; Zhang, Q.C.; Leong, C.; He, M.Q.; Lortz, R.; Zheng, Y.; Cai, Y.; Wang, N.; Zhang, T.; Zhang, H.J.; Tang, Z.K.; Sheng, P.; Muramatsu, H.; Kim, Y.A.; Endo, M.; Araujo, P.T.; Dresselhaus, M.S.; (2012). Superconductivity in Bundles of Double-Wall Carbon Nanotubes. *Scientific Reports*. (Vol. 2, Num. 625).
- Singh, R.; Nalwa, H.S. (2011). Medical applications of nanoparticles in biological imaging, cell labeling, antimicrobial agents, and anticancer nanodrugs. *Journal of Biomedical Nanotechnology*. (Vol. 7, Num. 4, pp. 489-503).
- Sung, J. H., Ji, J. H., Park, J. D., Yoon, J. U., Kim, D. S., Jeon, K. S., ... Yu, I. J. (2009). Subchronic Inhalation Toxicity of Silver Nanoparticles, *108*(2), 452-461. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn246>
- Tong, H.; Ouyang, S.; Bi, Y.; Umezawa, N.; Oshikiri, M.; Ye, J. (2012). Nanophotocatalytic Materials: Possibilities and Challenges. *Advanced Materials*. (Vol. 24, Issue 2, pp. 229-251).
- Vatta, L.L.; Sanderson, R.D.; Koch, K.R. (2009). Magnetic nanoparticles: Properties and potential applications. *Pure and Applied Chemistry*. (Vol. 78, Issue 9, pp. 1793-1801).
- Záyago-Lau, E., & Foladori, G. (2010). La nanotecnología en México: un desarrollo incierto. *Economía, sociedad y territorio*, *10*(32), 143-178.
- Záyago, E. Z., Frederick, S., & Foladori, G. (2014). Twelve years of nanoscience and nanotechnology publications in Mexico. *Journal of Nanoparticle Research*, *16*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11051-013-2193-1>
- Záyago, E. Z., Foladori, G., Frederick, S., Arteaga, E. & Garía M. (2015). Investigación sobre los riesgos de los nanomateriales en México. In: G. Foladori, A. Hasmy, N. Invernizzi, E. Záyago, ed., *Nanotecnologías en América Latina*, 1st ed. Ciudad de México: Miguel Ángel Porrúa, pp. 155-170.
- Zhang, W. (2003). Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview. *Journal of Nanoparticle Research*. (Vol. 5, Issue 3, pp. 323-332).