



La Nanoquímica, una disciplina en continuo progreso

Nanochemistry, a discipline in continuous progress

Nanoquímica, uma disciplina em contínuo progresso

Laura Leonor Valdez-López ^I

ll_valdez@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5883-0777>

María Matilde Duque-Mariño ^{II}

matiduqf@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1973-6881>

William Johnny Jiménez-Jiménez ^{III}

wiljim15@yahoo.es

<https://orcid.org/0000-0001-6302-5481>

Correspondencia: ll_valdez@hotmail.com

Ciencias naturales

Artículo de investigación

***Recibido:** 15 de agosto de 2020 ***Aceptado:** 10 de septiembre 2020 * **Publicado:** 01 de octubre de 2020

- I. Magíster en Diseño Curricular, Química y Farmacéutica, Universidad de Guayaquil, Carrera de Química y Farmacia, Ecuador.
- II. Diploma Superior en Atención Primaria de Salud, Magister en Bioquímica Clínica, Química y Farmacéutica, Universidad de Guayaquil, Carrera de Química y Farmacia, Ecuador.
- III. Magíster en Epidemiología, Doctor en Bioquímica y Farmacia, Químico y Farmacéutico, Universidad de Guayaquil, Carrera de Ciencias Químicas, Ecuador.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue enfatizar el papel que ha jugado el avance de la nanoquímica, en la obtención de nanomateriales aplicados en diferentes ámbitos. Como forma de lograr este propósito, se realizó una revisión documental-bibliográfica de diversas fuentes relacionadas con el objeto de estudio. La metodología se enmarcó en el análisis de contenido. Para la selección del material bibliográfico, se asumieron criterios de calidad metodológica y científica, aportes y años de publicación desde 2015 a 2020. Como técnica principal de recopilación de información se utilizó la búsqueda avanzada a través de descriptores clave. La población total fue de 15 documentos que permitieron desarrollar el estudio y, mediante el muestreo intencional, la muestra de análisis quedó conformada por seis (06) fuentes. Los resultados obtenidos dan cuenta de que la nanoquímica, tiene aplicaciones como: nanopartículas de plata, las Ag-NP's, para el tratamiento de agua, la industria de pinturas, dispositivos médicos, entre otros y en la química verde. Las nanopartículas de upconversion (UCNP), compuestas por nanocristales inorgánicos que contienen lantánidos, como NaYF₄ codopados con cationes lantánidos (como Er³⁺, Yb³⁺, Tm³⁺...), son de gran interés en campos como en seguridad, fotocatalisis fabricación de celdas solares o sensores y, especialmente, en biomedicina (bioimagen, terapia fotodinámica...) Se concluyó que: La nanotecnología, ha conducido a la aparición de diversas especialidades, como la nanoquímica, que a través de la manipulación de las estructuras moleculares y sus átomos, ha logrado la expansión y la evolución en muchos aspectos que permitirán una mejora en la vida de muchas personas.

Palabras clave: Avances; nanoquímica; nanomateriales.

Abstract

The objective of this research was to emphasize the role that the advancement of nanochemistry has played in obtaining nanomaterials applied in different fields. As a way to achieve this purpose, a documentary-bibliographic review of various sources related to the object of study was carried out. The methodology was framed in content analysis. For the selection of the bibliographic material, criteria of methodological and scientific quality, contributions and years of publication from 2015 to 2020 were assumed. As the main information gathering technique, the advanced search was used through key descriptors. The total population consisted of 15 documents that allowed the study to be carried out and, through intentional sampling, the analysis sample was made up of six (06) sources. The results obtained show that nanochemistry

has applications such as: silver nanoparticles, Ag-NP's, for water treatment, the paint industry, medical devices, among others, and in green chemistry. Upconversion nanoparticles (UCNP), composed of inorganic nanocrystals containing lanthanides, such as NaYF₄ co-doped with lanthanide cations (such as Er³⁺, Yb³⁺, Tm³⁺ + ...), are of great interest in fields such as security, photocatalysis, manufacturing of solar cells or sensors and , especially, in biomedicine (bioimaging, photodynamic therapy ...) It was concluded that: Nanotechnology has led to the appearance of various specialties, such as nanochemistry, which, through the manipulation of molecular structures and their atoms, has achieved expansion and the evolution in many aspects that will allow an improvement in the lives of many people.

Keywords: Advances; nanochemistry; nanomaterials.

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi enfatizar o papel que o avanço da nanoquímica desempenhou na obtenção de nanomateriais aplicados em diferentes campos. Como forma de atingir esse objetivo, foi realizada uma revisão bibliográfica documental de diversas fontes relacionadas ao objeto de estudo. A metodologia foi enquadrada na análise de conteúdo. Para a seleção do material bibliográfico, foram assumidos critérios de qualidade metodológica e científica, contribuições e anos de publicação de 2015 a 2020. Como principal técnica de coleta de informações, utilizou-se a busca avançada por meio de descritores-chave. A população total foi composta por 15 documentos que permitiram a realização do estudo e, por meio de amostragem intencional, a amostra de análise foi composta por seis (06) fontes. Os resultados obtidos mostram que a nanoquímica tem aplicações como: nanopartículas de prata, Ag-NP's, para tratamento de água, indústria de tintas, dispositivos médicos, entre outras, e na química verde. Nanopartículas de conversão ascendente (UCNP), compostas por nanocristais inorgânicos contendo lantanídeos, como NaYF₄ co-dopado com cátions lantanídeos (como Er³⁺, Yb³⁺, Tm³⁺ + ...), são de grande interesse em campos como segurança, fotocatalise, fabricação de células solares ou sensores e , em especial, na biomedicina (bioimagem, terapia fotodinâmica ...) Concluiu-se que: A nanotecnologia tem levado ao aparecimento de várias especialidades, como a nanoquímica, que, através da manipulação de estruturas moleculares e seus átomos, tem alcançado expansão e a evolução em muitos aspectos que permitirão uma melhoria na vida de muitas pessoas.

Palavras-chave: Avanços; nanoquímica; nanomateriais.

Introducción

En los últimos años, numerosas investigaciones científicas relacionadas con la Nanotecnología y la Nanociencia, dan cuenta del surgimiento de una nueva especialidad, la Nanoquímica, una disciplina científica que contempla los aspectos básicos del comportamiento de la materia a escala de nanómetros, que ha venido cobrando una gran importancia económica y social. Es así que, (Valcárcela & Soriano, 2015), afirman que el papel de la Química en la Nanociencia y Nanotecnología (N&N) es cada vez más relevante...La Nanoquímica es ya hegemónica y de una importancia indiscutible en el contexto de la Nanotecnología y la Nanociencia.

A decir de (Aguayo, Zarzuela, & Lama, 2011), la nanotecnología constituye un ámbito de conocimiento que permite desarrollar nuevos productos derivados del conocimiento de las propiedades y los procesos a escala nanométrica. Con relación a la Nanoquímica, (López, 2015), precisa que representa una parte de la química dedicada al estudio de la síntesis y las propiedades de materiales de tamaños submicrométricos, denominados nanomateriales. A decir de (Zambon, Córdoba, & Lombardi, 2019), los nanomateriales resultan de la reducción de partículas de una sustancia química a la escala nanométrica. Es de resaltar que, la escala nanométrica identifica una unidad métrica conocida como nanómetro (nm) equivalente a la mil millonésima parte de un metro (es decir, 1 nm equivale a 1×10^{-9} m). (Contreras & Cardozo, 2015).

En la literatura especializada, se afirma que las propiedades de la materia cambian a escala nano. (López, 2015), manifiesta que se ha observado que cuando los nanomateriales se reducen a tamaños muy pequeños, de forma que contengan solamente un número reducido de átomos (menor de aproximadamente 100-500 átomos), las propiedades cambian drásticamente. (Díaz, 2012), dice que muchas de las propiedades de los materiales dependen de cómo se comporten los electrones que se mueven en su seno o de cómo estén ordenados los átomos en la materia. (Contreras & Cardozo, 2015), señalan que es ampliamente conocido que las transformaciones químicas están determinadas por ruptura y formación de enlaces o, en todo caso, por reordenamientos electrónicos, lo cual significa que el electrón es, en definitiva, la piedra angular de la nanoquímica. Siguiendo con (Díaz, 2012), en un material nanométrico, el movimiento de los electrones está muy limitado por las dimensiones del propio material. Por consiguiente, si se reducen las dimensiones de un material, se modifican sus propiedades y en consecuencia se pueden diseñar materiales con propiedades a la carta.

De este modo, (López, 2015) indica que, en esta última región de la materia, antes de llegar a los átomos, los efectos cuánticos de tamaño juegan un papel muy importante, de forma que aparecen nuevas e inesperadas propiedades que convierten a los nanomateriales en una nueva revolución científica.

Lo anterior, tiene base en los aportes del connotado físico Richard Feynman (1918-1988), citado en (Contreras & Cardozo, 2015), en su disertación “en el mundo de lo muy, muy pequeño, muchas cosas nuevas podrán suceder, porque los átomos se comportan de manera distinta a como lo hacen los objetos a mayor escala, pues deben satisfacer las leyes de la mecánica cuántica.” De este manera, (Aguayo, Zarzuela, & Lama, 2011), destacan que el mundo nano, no es regido por las leyes de la física clásica, sino por las leyes de la física cuántica. Si un electrón se lanza contra un muro, en lugar de chocar con este, lo traspasa. Otra de las ideas clave de Feynman, expuesto en (Contreras & Cardozo, 2015), refiere que “a nivel atómico, aparecen nuevos tipos de fuerzas, nuevas posibilidades, nuevos efectos. [...] Resulta interesante que, en principio, es posible que un físico sintetizase cualquier molécula que un químico le dibujase.”

Estos planteamientos constituyen uno de los primeros modelos de la nanotecnología y en consecuencia de la Nanoquímica, al considerar un cambio novedoso en la manera de sintetizar nuevas estructuras moleculares a escala nanomolecular. Por ello, (Huang & Otros, 2014), reconocen que “la Nanoquímica implica desarrollar una serie novedosa de diseños experimentales que permitan sintetizar nuevas moléculas utilizando el criterio de Feynman de construir de abajo hacia arriba (bottom-up).”

Hoy en día, los avances acontecidos en los últimos años en el ámbito de la Nanoquímica, han permitido sintetizar nanomateriales con tamaños, formas y propiedades específicas, para cumplir con usos y funciones puntuales. Como subrayan, (Contreras & Cardozo, 2015), la nanotecnología, y otras áreas de aplicación (como la Nanoquímica), surgen como estrategias inteligentes para resolver problemas concretos, a través del diseño de materiales novedosos que responden a necesidades especiales en campos que van desde la catálisis industrial, hasta la biomedicina. Junto a ello, (López, 2015), afirma que la Nanoquímica y, en particular, los nanomateriales ya se están usando en numerosos productos y en una gran diversidad de aplicaciones industriales.

Como se ha venido apuntando, la Nanoquímica presenta diversas aplicaciones, sobre todo en el área industrial y de la salud. (López, 2015), asevera que por su carácter transversal, la Nanoquímica puede estar presente en la mayor parte de los sectores productivos. En la misma

línea, (Aguayo, Zarzuela, & Lama, 2011), refieren que “los ámbitos de aplicación de estas tecnologías no se encuentran limitados a ciertos sectores o ámbitos del conocimiento, las mismas se han incorporado rápidamente en muchos sectores, como son el sanitario, textil, mecánico alimentario, agronómico, electrónico, químico, farmacéutico, construcción, etc.”

En este orden, diversos estudios señalan la aplicación de la Nanoquímica en el desarrollo de diversos materiales de interés en diferentes contextos. (De la Rosa & Otros, 2020), presentó una investigación titulada: Algunas aplicaciones de la nanofotónica en la biomedicina, en la Universidad De La Salle Bajío, Guanajuato, México, cuyo objetivo fue analizar sus características fundamentales y su aplicación en el diseño de dispositivos y técnicas para la detección, imagen y terapia, especialmente en problemas de cáncer. Entre los aportes se discuten algunos resultados recientes obtenidos en nuestro laboratorio donde hemos podido medir concentraciones del orden de 10^{-22} moles de complejos de interés. Reportamos la detección de residuos en sangre de medicamentos del orden de 10^{-8} y 10^{-9} molar (M), lo que abre el camino para el monitoreo de fármacos con un enfoque a la implementación de una medicina persona.

(Díaz E. , 2019), realizó un estudio denominado: Nanopartículas de plata: síntesis y funcionalización. Una breve revisión, en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, que tuvo como objetivo: realizar una breve descripción del papel de las Ag NP's, la funcionalización en su superficie, así como la mención de su síntesis, técnicas de caracterización y tendencias a futuro en investigación. Dentro de sus conclusiones, se señala que las nanopartículas han tomado importancia en el área biomédica así como en otras aplicaciones de la ciencia. Las Ag-NP's, además de ser utilizadas como agentes antimicrobianos y antivirales, tienen aplicación en el tratamiento de agua, la industria de pinturas, dispositivos médicos, entre otros. La tendencia de la síntesis de Ag-NP's se ha enfocado recientemente en la utilización de la “química verde”, ganando popularidad debido a sus bajos costos y ser una técnica amigable con el medio ambiente.

(Francés, 2017), en la Universidad de Valencia, España, presentó un trabajo de investigación denominado Nanopartículas de upconversion: síntesis y aplicaciones, cuyo objetivo fue la síntesis, caracterización y mayor funcionalización de nanopartículas luminiscentes de conversión ascendente para su aplicación en diferentes áreas. Las nanopartículas de upconversion (UCNP) están compuestas por nanocristales inorgánicos que contienen lantánidos, como NaYF₄ codopados con cationes lantánidos (como Er³⁺, Yb³⁺, Tm³⁺...).

Dentro de los resultados se tiene que, las UCNP son de gran interés en muchos campos como en seguridad, fotocatalisis, fabricación de celdas solares o sensores y, especialmente, en biomedicina (bioimagen, terapia fotodinámica...) debido a la gran profundidad de penetración de la luz NIR en los tejidos. Como aspecto relevante, se indica la Nanoquímica abre caminos innovadores en la ciencia para desarrollar materiales con nuevas propiedades y comportamientos novedosos.

En Ecuador, (Ortiz & Otros, 2015), desarrolló una investigación denominada: La nanotecnología aplicada en el campo de la medicina, en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sangolquí, Ecuador, cuyo objetivo versó en: evaluar no sólo los beneficios, sino también los posibles riesgos que plantean las nanopartículas y probablemente acordar medidas efectivas mediante criterios reguladores adecuados. Dentro de las conclusiones más notables, se tiene que: la nanotecnología en las ciencias de la salud, tiene su aplicación en la nanomedicina, que se perfila como la de mayor proyección en un futuro próximo debido a sus importantes aplicaciones, especialmente diagnósticas y terapéuticas.

Contextualizando esta investigación, en Ecuador, según lo afirmado por María Fernanda Pilaquina, jefa del Laboratorio de Nanotecnología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) en (El Comercio, 2017), "Ecuador da pasos sólidos en lo que respecta a la investigación en la ciencia y la tecnología de lo diminuto." Los principales avances se han registrado en la educación superior...en la actualidad existen nueve grupos de investigación de las universidades del país que trabajan en temas relacionados con la nanotecnología.

No obstante, indicó la docente que aún hay retos que superar, debido al alto costo de los equipos, el país no cuenta con suficientes laboratorios de caracterización de nanomateriales. Es por ello que el trabajo en conjunto se vuelve indispensable. (El Comercio, 2017).

Sobre la base de los planteamientos anteriores se tiene que el propósito de esta de esta investigación es enfatizar el papel que ha jugado el avance de la Nanoquímica, en la obtención de nanomateriales aplicados en diferentes ámbitos.

Metodología

Para la realización de este estudio se empleó una revisión documental bibliográfica para el análisis de contenido acerca del papel que ha jugado el avance de la Nanoquímica, en la obtención de nanomateriales aplicados en diferentes ámbitos. En esta investigación se implementó un estudio cualitativo de tipo descriptivo. El método empleado fue el inductivo, en

función del cual se analizaron las fuentes de carácter documental-bibliográfico, como forma de ampliar el conocimiento acerca de temática objeto de investigación.

La recolección de información se realizó mediante la técnica de búsqueda de registros bibliográficos de literatura especializada a través de internet en páginas especializadas de naturaleza académicas y científica altamente confiables. Una vez seleccionada las bases de datos, se elegirán los descriptores o palabras clave para comenzar la búsqueda. La información se obtuvo de fuentes primarias tales como artículos, trabajos de grado, posgrados y tesis doctorales de reciente publicación, entre los años 2015 y 2020. Sin embargo, se consideraron algunas publicaciones de años anteriores, pues se admitieron como valiosas para esta investigación. Asimismo, se establecieron diversos criterios: selección del buscador la base de datos como: Scielo, Dialnet, entre otros, y se realizó la búsqueda avanzada para lo cual se incorporó los descriptores clave: Nanotecnología, Nanociencia, nanoquímica.

En base a los procedimientos anteriores la población a estudiar estuvo conformada por los registros obtenidos atendiendo a los criterios antes mencionados. Los resultados refieren 15 artículos/tesis. Para la selección de los documentos, se empleó el muestreo intencional. Se organizó y priorizó la búsqueda, lo que permitió seleccionar seis (06) publicaciones científicas, cuya información se consideró más relevantes y pertinentes para el desarrollo de este estudio. La presentación de los resultados más significativos se organizó en base a relevancia, pertinencia y aportes de la información y se elaboró una síntesis de la revisión bibliográfica compilada, la cual se muestra en la tabla 1. Por último, se presentan la discusión de los resultados y las principales conclusiones del estudio.

Análisis y Discusión

Tabla 1 Fuentes bibliográficas consultadas por año de publicación

Autor/año	Resultados/Conclusiones
(De la Rosa & Otros, 2020)	En nuestro laboratorio hemos podido medir concentraciones del orden de 10^{-22} moles de complejos de interés. Reportamos la detección de residuos en sangre de medicamentos del orden de 10^{-8} y 10^{-9} molar (M), lo que abre el camino para el monitoreo de fármacos con un enfoque a la implementación de una medicina persona.
(Díaz E. , 2019)	Las Ag-NP's, además de ser utilizadas como agentes antimicrobianos y antivirales, tienen aplicación en el tratamiento de

agua, la industria de pinturas, dispositivos médicos, entre otros. La tendencia de la síntesis de Ag-NP's se ha enfocado recientemente en la utilización de la "química verde", ganando popularidad debido a sus bajos costos y ser una técnica amigable con el medio ambiente.

(Francés, 2017) Las nanopartículas de upconversion (UCNP), son de gran interés en muchos campos como en seguridad, fotocatalisis, fabricación de celdas solares o sensores y, especialmente, en biomedicina (bioimagen, terapia fotodinámica...) debido a la gran profundidad de penetración de la luz NIR en los tejidos

(Ortiz & Otros, 2015) Dentro de la nanotecnología, la nanomedicina, se perfila como la de mayor proyección en un futuro próximo debido a sus importantes aplicaciones, especialmente diagnósticas y terapéuticas.

(Castañeda, 2018) Pese a que no existe una estrategia nacional respecto a las nanotecnologías, nuestro país, de 2000 a 2015, se publicaron 115 artículos sobre el tema en 45 instituciones, lo cual coloca a México como país que aporta gran porcentaje de la investigación sobre el tema en la región; asimismo, hay empresas nacionales e internacionales que ofrecen opciones para el tratamiento del agua, a saber: dispositivos y materiales nanoestructurados, así como servicios para purificar el agua con nanopartículas

(Lira & Otros, 2018) La aplicación de la nanotecnología (NT) en el sector agroalimentario es uno de los campos de más rápido crecimiento en la nano-investigación. Con la NT se abre un amplio abanico de oportunidades en la agricultura para producir agroproductos como nanofertilizantes, nanopesticidas, nanoherbicidas y nanosensores, que permitirán incrementar el rendimiento de alimentos de manera sustentable y reduciendo el impacto ambiental.

Fuente. Elaboración propia

Discusión

Una vez realizado el proceso de compilación de los datos en relación al tema de estudio se pudo constatar en las investigaciones consultadas, que esta tecnología de micropartículas, no sólo es interesante, por su aplicabilidad, sino que cada día conduce a la obtención de nuevos materiales, en diversas áreas del conocimiento y por tanto, a grandes avances en muchas áreas como: la medicina, desarrollo de fármacos, tratamientos de aguas, agricultura, entre otros. (De la Rosa & Otros, 2020), afirmó que los adelantos relacionados con la nanotecnología, abre el camino para el monitoreo de fármacos en sangre con un enfoque a la implementación de una medicina

personal. En la misma línea, (Ortiz & Otros, 2015) señala la importancia de las nanopartículas en el área de la nanomedicina y sus aplicaciones diagnósticas y terapéuticas.

Por su parte, (Díaz E. , 2019), da cuenta de la síntesis de nanopartículas de plata, las Ag-NP's, para diversos usos: agentes antimicrobianos y antivirales, tienen aplicación en el tratamiento de agua, la industria de pinturas, dispositivos médicos, entre otros y más recientemente su utilización apunta a la química verde, como una técnica amigable con el medio ambiente. (Castañeda, 2018), asevera que las nanotecnologías, ofrecen opciones para el tratamiento del agua, a saber: dispositivos y materiales nanoestructurados, así como servicios para purificar el agua con nanopartículas.

Por su parte la investigación presentada por (Francés, 2017), ha aprovechado las posibilidades que brindan las nanopartículas de upconversion (UCNP), en muchos campos como en seguridad, fotocatalisis, fabricación de celdas solares o sensores y, especialmente, en biomedicina (bioimagen, terapia fotodinámica...)

En este contexto, (Lira & Otros, 2018) refiere el abanico de posibilidades de la aplicación de la nanotecnología en el sector agroalimentario, particularmente en la agricultura para producir agroproductos como nanofertilizantes, nanopesticidas, nanoherbicidas y nanosensores, que permitirán incrementar el rendimiento de alimentos de manera sustentable y reduciendo el impacto ambiental.

Por todo lo anterior, se puede inferir que las investigaciones en nanotecnología y de manera concreta en la nanoquímica, confirman que este campo del conocimiento abre infinitas posibilidades de progresar en todos los campos del saber, cuyos resultados esperados pueden ser favorables para las economías y las sociedades a nivel planetario.

Conclusiones

El desarrollo de la nanotecnología, ha conducido a la aparición de diversas especialidades, como la Nanoquímica, que a través de la manipulación de las estructuras moleculares y sus átomos, ha logrado la expansión y la evolución en muchos aspectos que permitirán una mejora en la vida de muchas personas.

Nunca como ahora, el ser humano ha necesitado de los avances científicos y tecnológicos para satisfacer una gran cantidad de necesidades en su vida y en este punto la tecnología de micropartículas, y por ende la Nanoquímica, ha llegado para lograr avances en diversos sectores

como la salud, la agricultura, el tratamiento de aguas, que otorgan múltiples beneficios en el día de los individuos.

De ahí la importancia de que la nanotecnología y sus áreas emergentes, como la nanoquímica, continúen su ascenso en la consecución de nuevos y diversos materiales que cada día faciliten el bienestar no solo del ser humano, sino también del medio donde se desenvuelve. La nanoquímica como ciencia incipiente aún está lejos de alcanzar su asombroso potencial.

Referencias

1. Huang, J., & Otros. (2014). Bottom-Up Assembly of Hydrophobic Nanocrystals and Graphene Nanosheets into Mesoporous Nanocomposites. *Langmuir*, 30(15), 4434-4440.
2. Aguayo, F., Zarzuela, E., & Lama, J. (2011). Nanotecnología y Nanoquímica. *Sevilla Técnica*, número 36, 1-10.
3. Castañeda, J. (2018). Panorama de la investigación y desarrollo de las nanotecnologías para el tratamiento de agua en México. *Revista Posgrado y Sociedad*. Volumen 16, Número 1. Universidad Estatal a Distancia, México., 1-18.
4. Contreras, R., & Cardozo, E. (2015). Conceptos de Nanoquímica. *Nanotecnología: fundamentos y aplicaciones*. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/44608/capitulo1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, pp. 28.
5. De la Rosa, E., & Otros. (2020). Algunas aplicaciones de la nanofotónica en la biomedicina. *Mundo nano vol.13.Núm.24*. Universidad De La Salle Bajío, Campus Campestre, León, Guanajuato. México., 1-24.
6. Díaz, E. (2019). Nanopartículas de plata: síntesis y funcionalización. Una breve revisión. *Mundo Nano*.12(22), 1e-11e. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mn/v12n22/2448-5691-mn-12-22-00006.pdf>, 1-11.
7. Díaz, F. (2012). Introducción a los Nanomateriales. *Lecturas de Ingeniería 20*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cautitlán Izcallí. México. http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/Introduccion%20a%20los%20nanomateriales.pdf], pp. 82.
8. El Comercio. (2017). La nanociencia en Ecuador deja lado a los niños y jóvenes. El comercio. <https://www.elcomercio.com/guaifai/nanociencia-ecuador-ninos-jovenes-tecnologia.html>.
9. Francés, L. (2017). Nanopartículas de upconversion. síntesis y aplicaciones. *Universitat de València*. España. Tesis Doctoral, 274.

10. Lira, R., & Otros. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. Acta universitaria. Vol.28. Núm.2 . México. <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v28n2/2007-9621-au-28-02-9.pdf>, 1-16.
11. López, M. (2015). Nanoquímica: Una verdadera revolución científico-tecnológica. Panorama social. Núm 21.Madrid. España., pp. 39- 50.
12. Ortiz, J., & Otros. (2015). La nanotecnología aplicada en el campo de la medicina. Revista Digital. Buenos Aires, Año 20, Núm 211. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. , Sangolquí. Ecuador., 1-17.
13. Peñate, B. (2016). La Nanotecnología para el Tratamiento de las Aguas. Nano. Vol 22. Núm 6. , 1-10.
14. Valcárcela, M., & Soriano, L. (2015). Nanoquímica de los Alimentos. Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Madrid y Universidad de Córdoba. España, 1-10.
15. Zambon, A., Córdoba, M., & Lombardi, O. (2019). ¿Nanomateriales o nanopartículas? Desafíos de la ontología del dominio nano. Mundo Nano. 12(23). Argentina. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mn/v12n23/2448-5691-mn-12-23-2.pdf>, 1-9.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).