

## ENSEÑANZA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA: TEORÍA Y PRÁCTICA

### TEACHING OF NANOTECHNOLOGY IN SECONDARY EDUCATION: THEORY AND PRACTICE

**Roberto Vazquez-Muñoz<sup>1,2</sup>, Noboru Takeuchi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNYN), Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 14, CP 22800; Ensenada, BC, México

<sup>2</sup> Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Carretera Tijuana-Ensenada 3918; CP 22860; Ensenada, BC, México

(Recibido: Noviembre/2016. Aceptado: Enero/2017)

#### Resumen

La nanotecnología cada día tiene más presencia en nuestra vida, con una gran diversidad de aplicaciones. Por tanto, es fundamental incluirla en el currículo educativo en todos los niveles educativos. En México, su enseñanza es muy limitada, particularmente en la parte práctica, lo que influye en su entendimiento. Se desarrolló un programa para enseñar la nanotecnología a estudiantes de educación secundaria, el cual inició con actividades teórico-prácticas sobre temas de nanociencias, nanotecnología y bionanotecnología. Para terminar el programa, los estudiantes desarrollaron un proyecto de aplicación de la nanotecnología a un problema que afectase a su comunidad. El proyecto propuesto consistió en el uso de nanopartículas de plata (AgNPs) para reducir la contaminación microbiana en aguas residuales, con la finalidad de mejorar la calidad de vida. Las muestras tratadas con las AgNPs mostraron una reducción de su carga microbiana. Al finalizar el proyecto, los estudiantes comprendían conceptos relativos a la nanotecnología. Los estudiantes aprenden mejor y muestran mayor interés cuando la enseñanza en los temas de nanociencias y nanotecnología incluye experimentos y otras actividades dinámicas. Estas actividades dejan una percepción y concientización muy favorable sobre la ciencia en los estudiantes involucrados.

**Palabras Clave:** Nanotecnología, Educación, Nanopartículas de plata.

## **Abstract**

Every day, nanotechnology has a stronger presence in our daily life, with a wide variety of applications. Therefore, it is essential to include it in the educational curriculum at all educational levels. In Mexico, science teaching is very limited, particularly in the experimental part, which influences their understanding. A program was developed to teach nanotechnology to junior high school students, which began with theoretical and practical activities on topics of nanoscience, nanotechnology and bio-nanotechnology. To complete the program, students developed a project to apply nanotechnology to a problem that affected their community. The proposed project involved the use of silver nanoparticles (AgNPs) to reduce microbial contamination in wastewater, in order to improve the quality of life. Samples treated with AgNPs showed a reduction of the microbial load. At project completion, students understood concepts of nanotechnology. The project allowed them to propose solutions to important problems in their community. Students learn better and show greater interest when teaching in the areas of nanoscience and nanotechnology includes experiments and other dynamical activities. These activities will leave a very favorable perception and awareness about science in the students involved.

**Keywords:** Nanotechnology, Education, Silver nanoparticles.

## **I. Introducción**

La nanotecnología está presente en nuestra vida diaria y es uno de los ejes más importantes para el desarrollo de diversas áreas, desde la salud y la alimentación, hasta la electrónica y la búsqueda de nuevas fuentes de energía[1]. Se estima que existen más de 2,500 productos comerciales que contienen nanomateriales[2]. Casi la mitad de los productos son del tipo de cuidado personal y salud, mientras que la cuarta parte contiene nanopartículas de plata, debido a sus múltiples propiedades en la clínica, principalmente antimicrobianas [3].

Asimismo, la inversión mundial en nanotecnología es en el orden de miles de millones de dólares, y la tendencia va en aumento[4], [5]. Debido al impacto creciente de las nanociencias y la nanotecnología (NyN) en nuestra vida diaria, es fundamental abordarlas en todos los niveles educativos, iniciando desde la educación básica. La formación en ciencias durante la

etapa de educación básica ayuda a generar conciencia sobre los avances de la ciencia y la tecnología; además de propiciar valores como el espíritu de colaboración y la conciencia ambiental, entre otros[6]. En éste sentido, contribuye en la generación de sociedades más informadas, que entienden mejor las implicaciones y retos de las nuevas tecnologías[7].

## **II. Antecedentes**

Mientras los países desarrollados introducen el tema de nanotecnología en la educación básica[8], en los países en vías de desarrollo el panorama no es claro. En México, aunque los temas de NyN, son abordados superficialmente en algunos materiales didácticos, no están incluidos en las prácticas de laboratorio. Asimismo, en las escuelas de regiones áreas rurales y de zonas marginadas la brecha en la enseñanza de las ciencias es aún más notoria, incluyendo a las NyN.

La falta de actividades relativas a las NyN podría influir en la comprensión y concientización de estos temas. Se ha documentado que los estudiantes no entienden los conceptos de nanotecnología cuando las clases carecen de actividades manuales o experimentales[7]. Por otro lado, en los países iberoamericanos, como México, los esfuerzos por impulsar estos temas en la educación básica nacen por grupos externos a las escuelas o al sistema educativo, como parte de la agenda de la divulgación de la ciencia. Estos esfuerzos han generado diversos productos, tales como material didáctico sobre nanotecnología, para educación secundaria[9].

Con la finalidad de involucrar a estudiantes de nivel medio básico de educación indígena en temas de NyN, se emprendió un proyecto aplicado de bionanotecnología.

Después de evaluar distintos problemas de su comunidad, los estudiantes seleccionaron el tema de la contaminación microbiana de las aguas residuales, debido a que es un problema que los impacta directamente.

En los países en desarrollo, la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales es limitada [10]. Uno de los problemas del agua residual es la presencia de agentes infecciosos, tales como virus, bacteria, hongos, protozoos, entre otros [11]. En el 2012, en México existían 2186 plantas de tratamiento de agua, de las cuales 59 están en la península de Baja California[12]. La nanotecnología podría superar los principales retos que se encuentran en las tecnologías actuales de tratamiento existentes, tales como la presencia de patógenos [13].

### III. Actividades

El trabajo se realizó con estudiantes de la escuela secundaria indígena #26 Bicentenario, ubicada en la ciudad de Tijuana, Baja California, México. Se trabajó con estudiantes de primero, segundo y tercer grado. El grupo inicial estaba constituido por aproximadamente treinta niños y niñas, de entre 13 y 15 años de edad. Sin embargo, debido a que las actividades se realizaron de forma voluntaria y en horas de clase, este número se redujo a aproximadamente 10 niños. Se trabajó con ellos por aproximadamente 3 meses, en sesiones semanales de aproximadamente 2 horas, con el siguiente calendario.

Primera semana: se impartió una charla sobre conceptos básicos de nanociencias y nanotecnología, que incluyó: definición del nanómetro, nanoestructuras, nanociencia y nanotecnología, las propiedades de las nanoestructura, herramientas para el estudio y fabricación de nanoestructuras y aplicaciones de la nanotecnología.

Segunda semana: se realizó un taller práctico con actividades relacionadas con la nanociencias y nanotecnología, para reforzar conceptos como: qué tan pequeño es un nanómetro, las propiedades de los materiales cambian con el tamaño, reacciones químicas, herramientas para ver el micro- y el nanomundo, aplicaciones de la nanotecnología, entre otros.

Tercera semana: se les pidió a los estudiantes que buscaran, en el internet, información sobre el tema de la nanotecnología y que lo expusieran ante sus compañeros de grupo. En la Figura 1 podemos ver a dos jóvenes exponiendo sobre nanotubos de carbono.



FIGURA 1. Jóvenes de la escuela Bicentenario de México hablando sobre temas de nanotecnología.

Cuarta semana: se les impartió una charla sobre algunos conceptos de microbiología: los virus, las bacterias, los protistas y los hongos; se les mencionó algunos ejemplos de cada uno de ellos y de las enfermedades que pueden producir.

Quinta semana: se hizo un taller práctico sobre microscopía: las partes del microscopio, aumento, preparación de las muestras, movimiento de las muestras, enfoque grueso y fino. Se observaron diferentes organismos, desde insectos pequeños hasta microorganismos como hongos y bacterias (ver figura 2).

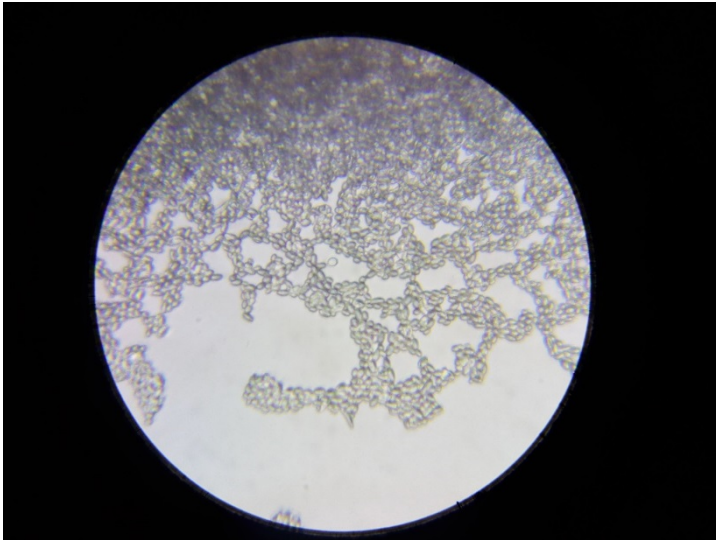


FIGURA 2. Como parte del taller de microscopía los jóvenes observaron diferentes muestras. En la figura se observa una foto que tomaron de una muestra de levaduras.

Sexta semana: se realizó una visita guiada en las instalaciones del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM. En la charla sobre nanotecnología y en la búsqueda por internet sobre los temas de nanotecnología, los estudiantes aprendieron que para poder estudiar las nanoestructuras se necesitaba el uso de microscopios especiales, como el microscopio electrónico de barrido, el electrónico de transmisión y el de efecto túnel por mencionar algunos. También se explicó la existencia de métodos físicos, químicos y biológicos para la fabricación de nanoestructuras. Es por esto que se programó una visita a las instalaciones del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM en Ensenada, para que los estudiantes conocieran un centro de investigación y que vieran de primera mano dichos instrumentos usados en la investigación científica (figura 3).



FIGURA 3. Participantes del proyecto en el Laboratorio de Nanocaracterización del CNyN-UNAM donde se les explica sobre las bases de la microscopía electrónica.

Séptima y octava semana: se realizó el experimento que se detalla en la siguiente sección, con su respectiva réplica.

Novena semana: se elaboró una presentación en power point para explicar los resultados que se obtuvieron en el experimento.

Décima y undécima semana: se hizo una práctica de la presentación en el grupo y posteriormente se hizo una práctica frente a toda la escuela, en una asamblea que se convocó con este fin (ver Figura 4).



FIGURA 4. Participantes del proyecto explican su trabajo ante la asamblea general de la Escuela General #26 de Tijuana.

Duodécima semana: se participó en el XVI Concurso Municipal de Ciencia y Tecnología 2016, en la ciudad de Tijuana, Baja California, organizado por el Sistema Educativo Estatal, como se describirá más adelante.

#### IV. Experimento de bionanotecnología

Se evaluaron problemas que pudieran ser resueltos mediante nanotecnología, y los estudiantes seleccionaron el tema de la contaminación microbiana de las aguas residuales, debido a que es un problema muy importante en la vida diaria de todas las personas. La solución propuesta fue el uso de nanopartículas de plata (AgNPs) para reducir la carga microbiana en las aguas residuales, para mejorar la calidad de vida.

Las AgNPs se seleccionaron debido a la amplia literatura sobre sus propiedades antivirales y antimicrobianas, contra bacterias, hongos y protistas [14], [15]. Otro punto a considerar fue la facilidad para adquirir las AgNPs por parte de los estudiantes. En el caso de las AgNPs seleccionadas, éstas pueden comprarse en la ciudad (Figura 5).

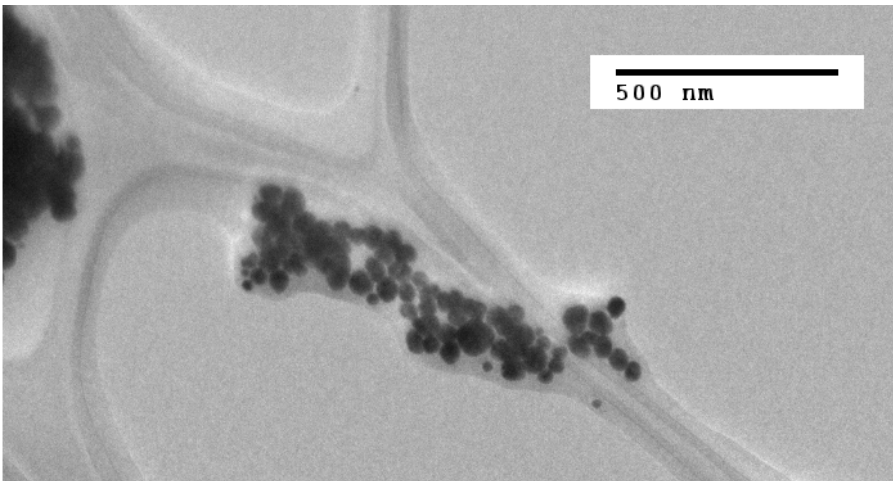


FIGURA 5. *Nanopartículas de plata similares a las usadas en el experimento, vistas en un microscopio electrónico de transmisión (MET).*

Para el desarrollo del proyecto, se recolectaron muestras de aguas residuales de distintos lugares. La metodología detallada se describe en un trabajo publicado previamente[16]. En resumen, las muestras de agua se vertieron en dos cajas Petri, pero sólo a una se le agregó las AgNPs (caja con tratamiento), la otra se quedó como control sin tratamiento (caja control). Se dejaron reposar por un periodo de aproximadamente 4 a 5 horas, a temperatura ambiente. Posteriormente, se tomaron muestras de cada cepa y

se re-inocularon en una caja Petri con medio de cultivo y se dejaron incubar a temperatura ambiente, por 24 horas (figura 6).

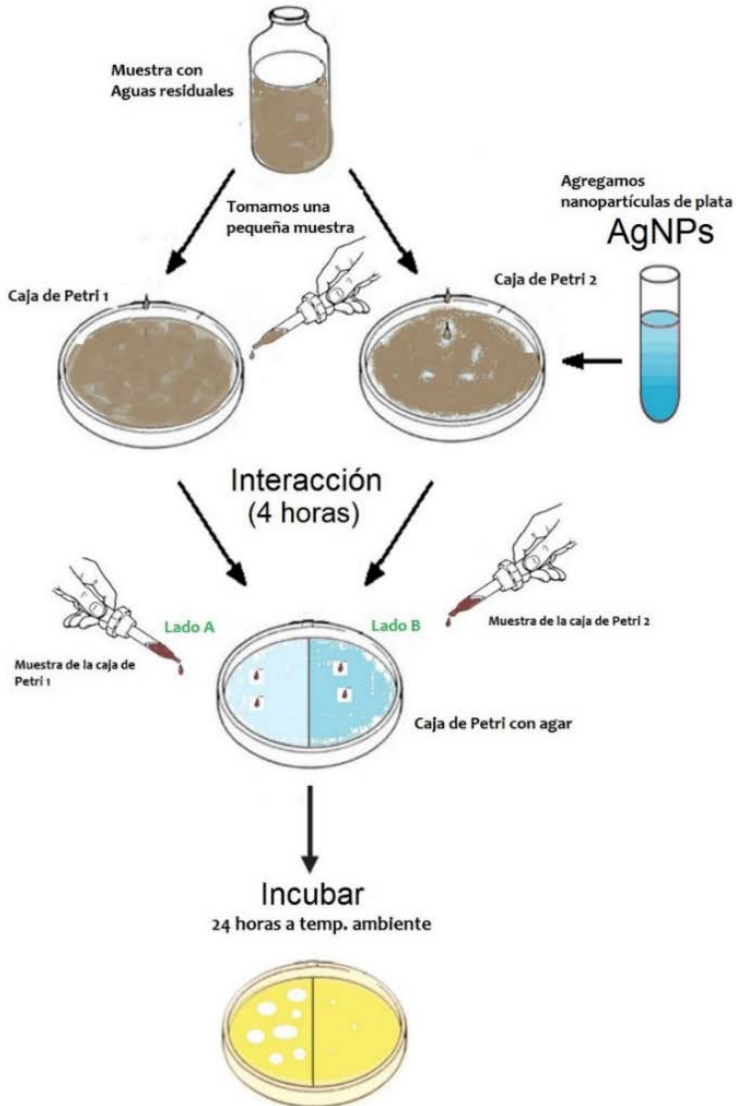


FIGURA 6. Diagrama esquemático del proceso para el uso de nanopartículas de plata para eliminar microorganismos de aguas residuales.

Debido a que la escuela secundaria no tiene ni la infraestructura ni el equipo para el trabajo de laboratorio, se utilizaron materiales sencillos, que estuvieran a su alcance. Los experimentos se llevaron a cabo por los mismos



estudiantes, por lo que pueden ser replicados por cualquier escuela (figura 7).



FIGURA 7. Estudiantes de la Escuela Secundaria Indígena General #26 haciendo el experimento.

### Resultados y discusión

Los estudiantes lograron manejar conceptos relacionados con las áreas de nanotecnología, microbiología, investigación científica, entre otros. En general, los estudiantes observaron de manera práctica los conceptos vistos durante las charlas. Involucrar directamente a los estudiantes en la planificación y la resolución de problemas fue motivante para ellos y favoreció el aprendizaje y el manejo de temas novedosos y avanzados.

Aunque no se implementaron herramientas de medición para evaluar objetivamente el grado de avance en cada estudiante, estos mostraron un claro dominio en los temas relativos al proyecto. Asimismo, desarrollaron las habilidades para realizar trabajo experimental y manejo de instrumental de laboratorio, a pesar de que esas habilidades no son enseñadas en su escuela, por falta de infraestructura.

Asimismo, el permitir que los estudiantes puedan trabajar con nanomateriales, proporciona una oportunidad única para propiciar un acercamiento con esta la nanotecnología. Esto influye inclusive en su percepción sobre esta disciplina, pues ahora es percibida como una tecnología cercana y presente, en lugar de ser algo lejano o inaccesible.

Además del aspecto académico, el proyecto sirvió de plataforma para que, de manera simultánea, ayudara a resolver un problema importante para ellos y su comunidad. Las muestras tratadas con las AgNPs mostraban una

disminución considerable en su carga microbiana como se muestra en la figura 8.

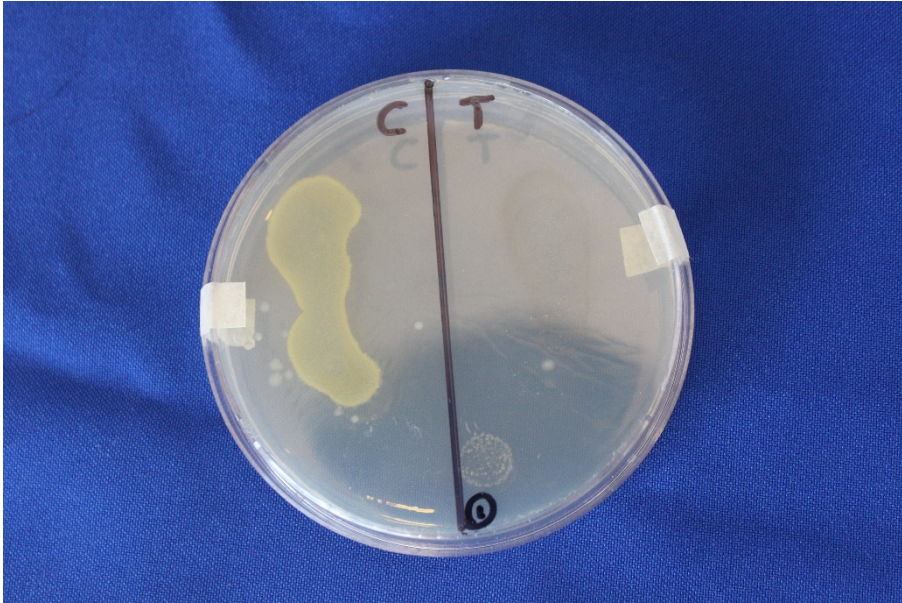


FIGURA 8. Caja de Petri después de 24 horas. T es la muestra tratada con nanopartículas de plata y C es la muestra de control. Se puede ver claramente el mayor crecimiento de microorganismos en la zona C.

La falta de crecimiento confirmó la capacidad antimicrobiana de las AgNPs y su capacidad potencial de utilizarse para el tratamiento de aguas residuales de diferente tipo. Por otro lado, las muestras de control se observaron mediante microscopía óptica, encontrándose una gran diversidad microbiana: bacterias, protistas y hongos.

Durante el proceso del proyecto, los profesores de ciencias de la secundaria se mostraron muy dispuestos a apoyar e impulsar el proyecto. Se ha sugerido que la necesidad de concientizar a los docentes para generar una actitud positiva hacia las ciencias y su enseñanza [17]. En este caso los maestros mostraron un interés por el desarrollo de las actividades e inclusión en el Concurso Municipal de Ciencia y Tecnología. Así, los estudiantes presentaron su trabajo en el XVI Concurso Municipal de Ciencia y Tecnología 2016, en la ciudad de Tijuana, Baja California, organizado por el Sistema Educativo Estatal. Los estudiantes participaron en la categoría de investigación y quedaron entre los primeros lugares (figura 9).



FIGURA 9. Participantes del proyecto recibiendo el Tercer lugar del XVI Concurso Municipal de Ciencia y Tecnología en la categoría de Investigación.

## V. Conclusión

La introducción de temas de nanociencias y nanotecnología en estudiantes de secundaria es prioritario. Los estudiantes aprenden mejor y muestran mayor interés cuando la enseñanza en estos temas incluye experimentos y otras actividades dinámicas. La disposición del personal de la escuela es fundamental para el desarrollo adecuado de todas las actividades, incluyendo las facilidades para el uso de las instalaciones y para trabajar con los estudiantes.

A pesar de que no se evaluó cuantitativamente el conocimiento adquirido por parte de los estudiantes que participaron en la actividad, se observó un dominio en los temas de nanotecnología, microbiología, trabajo experimental, entre otros. En un futuro se podrían incluir herramientas de medición que permitan evaluar el grado de avance de cada estudiante y justificar la inclusión de estas actividades en la educación básica.

Además, la introducción al trabajo de investigación fomenta que los estudiantes se cuestionen acerca de la importancia de las nuevas tecnologías, incluyendo su posible impacto negativo en el entorno.

La oportunidad que tuvieron los estudiantes de usar nanomateriales, nanopartículas de plata en este caso, los acerca a la nanotecnología, que ahora es percibida como algo más cercano.

Finalmente, este tipo de dinámicas podrían dejar una percepción y concientización muy favorable de la ciencia en los estudiantes involucrados. Inclusive, se genera un precedente para que se consideren a las ciencias como una opción académica y laboral a futuro.

### Agradecimientos

A la Escuela Secundaria Bicentenario # 26 de Tijuana, Baja California. Este proyecto recibió apoyo económico de PAPIME-DGAPA Proyecto PE100316.

### Referencias

- [1] N. Takeuchi, *Nanociencia y nanotecnología: La construcción de un mundo mejor átomo por átomo*. Fondo de Cultura Económica, 2009.
- [2] Nanowerk, "Nanotechnology Materials and Equipment," 2016. [Online]. Available: <http://nanowerk.com/nanocatalog/>. [Accessed: 27-May-2016].
- [3] M. E. Vance, T. Kuiken, E. P. Vejerano, S. P. McGinnis, M. F. Hochella, and D. R. Hull, "Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory," *Beilstein J. Nanotechnol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1769–1780, 2015.
- [4] Nanotechnology 101, "NNI Budget," 2016. [Online]. Available: <http://www.nano.gov/about-nni/what/funding>. [Accessed: 27-May-2016].
- [5] T. Harper, "Nanotechnology Funding : A Global Perspective Científica," *World Econ. Forum*, p. 31, 2012.
- [6] M. García-Ruiz and B. Sánchez Hernández, "Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria," *Perfiles Educ.*, vol. 28, no. 114, pp. 61–89.
- [7] P. Schank, A. Wise, T. Stanford, and A. Rosenquist, "Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the Nanosense curriculum," *SRI Int.*, no. January, pp. 1–54, 2009.
- [8] J. D. Tutor Sánchez, "Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en iberoamerica," *MOMENTO - Revista de Física; núm. 46E (2013): Memorias NANODYF; 42-53 0121-4470*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 17-Feb-2014.
- [9] P. A. Serena, J. J. Giraldo, N. Tekeuchi, and J. Tutor, *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria*. Reprodusse S.L. Alberto Aguilera, 25 1ª planta 28015 - MADRID - España, 2014.
- [10] X. Qu, P. J. J. Alvarez, and Q. Li, "Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment," *Water Res.*, vol. 47, no. 12, pp. 3931–3946, 2013.
- [11] CDC, "Water-related Diseases and Contaminants in Public Water Systems," 2014. [Online]. Available: [http://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water\\_diseases.html](http://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_diseases.html). [Accessed: 04-May-2016].
- [12] CONAGUA, "Atlas Digital del Agua México 2012," *Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento*, 2012. [Online]. Available:

- <http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua31.html>. [Accessed: 30-May-2016].
- [13] Q. Li, S. Mahendra, D. Y. Lyon, L. Brunet, M. V. Liga, D. Li, and P. J. J. Alvarez, “Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: Potential applications and implications,” *Water Research*, vol. 42, no. 18. Elsevier Ltd, pp. 4591–4602, 2008.
- [14] M. Rai, A. Yadav, and A. Gade, “Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials,” *Biotechnol. Adv.*, vol. 27, no. 1, pp. 76–83, 2009.
- [15] R. Vazquez-Muñoz, M. Avalos-Borja, and E. Castro-Longoria, “Ultrastructural Analysis of *Candida albicans* When Exposed to Silver Nanoparticles,” *PLoS One*, vol. 9, no. 10, p. e108876, 2014.
- [16] R. Vazquez-Muñoz and N. Takeuchi, “Ag nanoparticles to eliminate microorganisms in wastewater: a science experiment in junior high school,” *J. Nanoeducation*.
- [17] M. García-Ruiz and L. Orozco Sánchez, “Orienting an attitude change toward natural sciences and its teaching in Primary School teachers,” *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, vol. 7, no. 3. Universidade de Vigo, p. 3, 2008.