

“DOCENTE-NANO”: UNA ALTERNATIVA PARA LA DIVULGACIÓN DEL CONCEPTO DE NANOMATERIALES EN LA EDUCACIÓN MEDIA

"NANO-TEACHER": AN ALTERNATIVE FOR THE SPREAD OF THE CONCEPT OF NANOMATERIALS IN HIGH SCHOOL

Lady J. Torres, Álvaro Duarte-Ruiz

Nuevos Materiales Nano y Supramoleculares, Departamento de Química, Universidad Nacional, Colombia

(Recibido: Noviembre/2017. Aceptado: Enero/2018)

Resumen

La enseñanza de la Nanociencia y la Nanotecnología en la educación secundaria aún es muy incipiente en Colombia, ya que los estándares de competencias curriculares del Ministerio de educación Nacional MEN aún no contemplan el llevar estas temáticas a las aulas en estos niveles educativos.

“Docente-Nano” es una propuesta educativa dirigida a docentes de Ciencias Naturales de Educación Media (Ciclo V) para la divulgación y enseñanza del concepto de Nanomateriales, a partir de las dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica.

La investigación es de tipo cualitativo y la metodología comprende cinco etapas. La selección de conceptos, la definición de elementos y estructura, la elaboración, la implementación y evaluación. Los resultados y análisis se realizan en términos de tres etapas importantes tales como la convocatoria, la selección y la ejecución. En la convocatoria se contó con la inscripción de 72 personas, luego se realizó el proceso de selección y finalmente en la implementación se llevaron a cabo trece sesiones de trabajo de dos horas cada una en las cuales se abordaron temáticas como: introducción a la nanociencia y nanotecnología, nanoescala, nanomateriales, métodos de observación, nanomateriales de Carbono, nanotoxicología, entre otros. Los resultados fueron favorables, ya que ratifican que sí es posible e importante abordar temáticas de Nanotecnología desde la educación secundaria y que los docentes son conscientes de la necesidad de formarse en estos contenidos que abren un mar de posibilidades para

lograr generar impacto, curiosidad, motivación y así despertar el interés de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias.

Palabras Clave: Enseñanza de la ciencia, Nanociencia, Nanotecnología, nanomateriales, alfabetización científica y tecnológica.

Abstract

The teaching of Nanoscience and Nanotechnology in secondary education is still in its formative stages in Colombia, since the standards of curricular competences for the Ministry of National Education do not contemplate the introduction of these subjects into the classroom at these educational levels.

"Nano- Teacher" is an educational proposal addressed to teachers of Natural Sciences of Middle Education (Cycle V) for the divulgation of knowledge regarding the teaching of the concepts of Nanomaterials, based on the dimensions of Scientific and Technological Literacy.

The research is qualitative and the methodology comprises of five stages: The selection of concepts, the definition of elements and structure, elaboration, implementation and evaluation. The results and analysis are performed in terms of three important stages such: As the call, selection and execution. In the call, 72 people were registered, then the selection process, finally in the implementation thirteen work sessions in which topics such as: Introduction to Nanoscience and Nanotechnology, Nanoscale, Nanomaterials, methods of observation, Carbon Nanomaterials, Nanotoxicology, among others, were covered. The results were favorable since they confirmed that if it is possible and important to approach nanotechnology topics throughout secondary education and that teachers are aware of the need to be informed of these contents that will open a sea of possibilities to achieve an impact, inspiring motivation and curiosity towards nanomaterials, further arousing the students' interest in learning science.

Keywords: Science education, Nanoscience, Nanotechnology, nanomaterials, scientific and technological literacy.

Introducción

La Nanotecnología se postula como una de las bases del nuevo modelo económico global y por esa razón durante los últimos quince años los gobiernos de los países más desarrollados han realizado una decidida apuesta para fomentar la investigación en esta disciplina [1].

Además, se estima que existen más de 2,500 productos comerciales que contienen Nanomateriales [2]. Varias razones permiten comprender que ningún país puede quedar al margen de esta revolución Científico-tecnológica. A nivel económico, aquellos países que no producen con nanotecnología, ya están importando productos de la nanotecnología muchas veces sin saberlo; lo cual tendrá impactos en la división social del trabajo, en la formación de las cadenas de valor, y en efectos no buscados como los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente [3].

Teniendo en cuenta que la nanotecnología está cambiando e impactando nuestras vidas la educación no se escapa de esta revolución científico - tecnológica. Diferentes estrategias de divulgación y formación hoy hacen parte de los programas marco de estos gobiernos quienes no solo han invertido en investigaciones científicas, sino también en capacitar a sus profesores y prepararlos para que les enseñen a sus estudiantes a comprender y aprender sobre los nuevos avances relacionados con Nanociencia y Nanotecnología [4].

Es por esta razón que la enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria hoy por hoy, y atendiendo al elevado desarrollo científico y tecnológico, podría ser enseñada desde lo nuevo, desde lo tecnológico, desde lo científico y *¿porque no desde lo Nano?*

La asimilación de contenidos de la Nanociencia y la Nanotecnología involucra actuaciones en el ámbito de la divulgación, y de la formación reglada, también denominada educación formal, en escuelas y universidades. Y estos procesos de divulgación y educación formal han sido fundamentados debido a diferentes tipos de razones: razones científicas y tecnológicas, razones comerciales, empresariales y razones sociales [5,6].

En Iberoamérica, según informe del CYTED [7] “en general no existe una proyección oficial por parte de los Ministerios de Educación locales en cuanto a la inclusión de contenidos de Nanotecnología en asignaturas de los ciclos primario y secundario” (p.47). Otro de los aspectos analizados en ese informe tiene que ver con los materiales didácticos diseñados para estos niveles educativos. En el caso de Colombia solo se reportó el diseño de uno de estos materiales hasta ese momento.

Al revisar los estándares de competencias curriculares de Ciencias Naturales en Colombia no se evidencia la inclusión de estas temáticas relacionadas con la Nanociencia y la Nanotecnología y, frente a lo poco que se ha hecho en el ámbito de llevar la divulgación de la Nanociencia a la educación escolar, se resaltan algunas propuestas que han surgido a raíz de la preocupación de vincular este tipo de temáticas desde la educación media.

Con el fin de mejorar significativamente la apropiación de conceptos de la física por parte de los estudiantes de grado once del Colegio Cristiano Semilla de Vida, se diseñó un material educativo para la enseñanza de los Nanomateriales por parte de Rubiano, C., (2015), denominado “Nanobox”, el cual contiene guías de trabajo donde se encuentran elementos para desarrollar los experimentos de los tres módulos propuestos: “*Consecuencias de la escala Nano*”, “*Propiedades eléctricas*” y “*Propiedades físicas de los Nanomateriales* [8].

Por su parte Ariza, L., & Torres, L., (2014), diseñaron la propuesta de alfabetización científica y tecnológica ACT fundamentada en el enfoque CTSA (*Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente*), la cual permitió involucrar la enseñanza de conceptos nanotecnológicos a partir de las etapas de síntesis de Aerogeles de carbono (*gelación y curado, secado y carbonización*) para evaluar la incidencia de la implementación de la propuesta en términos de la progresión en las dimensiones de la ACT (*práctica, cívica y cultural*) con un grupo de estudiantes de ciclo V del Colegio Rural Douglas Brown [9].

“*Docente-Nano*” es una propuesta educativa diseñada para la divulgación de conceptos en Nanociencia y Nanotecnología, específicamente sobre los nanomateriales, para que estos sean trabajados por docentes de Ciencias Naturales de Educación media (ciclo V).

Para la planeación de las actividades y herramientas de trabajo se tuvieron en cuenta los planteamientos de Marco., B. (2000) [10].

También se tienen en cuenta los criterios de elaboración de materiales desde el enfoque CTSA tomados de Martínez, Peña, & Villamil, (2007) [11] por otro lado se tuvieron en cuenta los estándares de competencias curriculares del Ministerios de educación Nacional MEN en Colombia [12].

En Colombia la enseñanza de la Nanociencia y Nanotecnología en la educación secundaria aún es muy incipiente y por esta razón este trabajo podría ser un referente importante para que otros docentes se motiven a llevar estos temas a sus aulas de clase, sin embargo, para ello se necesita de una gran vocación, pasión por aprender y enseñar ciencias desde estos temas, formación autónoma para prepararse en estos contenidos, ya que los espacios de formación aun son pocos y limitados en especial para los docentes de secundaria, por otro lado un aspecto esencial que debe tener un Docente-Nano es la creatividad para generar materiales didácticos llamativos y adecuados para lograr aprendizajes significativos en los estudiantes [4].

Hasta ahora podría afirmarse que es el primer trabajo de este tipo dirigido a la formación docente y este pretende ser una contribución y referente en términos

de lo que se ha venido haciendo en nuestro país en materia de divulgación y formación de docentes de Ciencias Naturales en el ámbito de llevar temas actuales de gran impacto e interés como son los de Nanociencia y Nanotecnología en la enseñanza de la educación secundaria en Colombia [4].

Parte Experimental y/o Desarrollo Teórico

La metodología comprende cinco etapas: La selección de conceptos, la definición de elementos y estructura, la elaboración, la implementación y evaluación.

- Selección de conceptos: Para seleccionar los conceptos se tuvieron en cuenta los estándares básicos de competencias curriculares de Ciencias Naturales en Colombia, principalmente los saberes: *entorno físico, entorno vivo y relaciones CTS* contemplados en la sección manejo conocimientos propios de las ciencias en la educación media es decir en el ciclo V.

Por otro lado, se hizo una revisión bibliográfica que permitió determinar cuáles son los conceptos importantes en la divulgación y enseñanza de la temática de nanomateriales que se deberían abordar antes, durante y después en la propuesta de intervención los cuales se especifican en la figura 1.

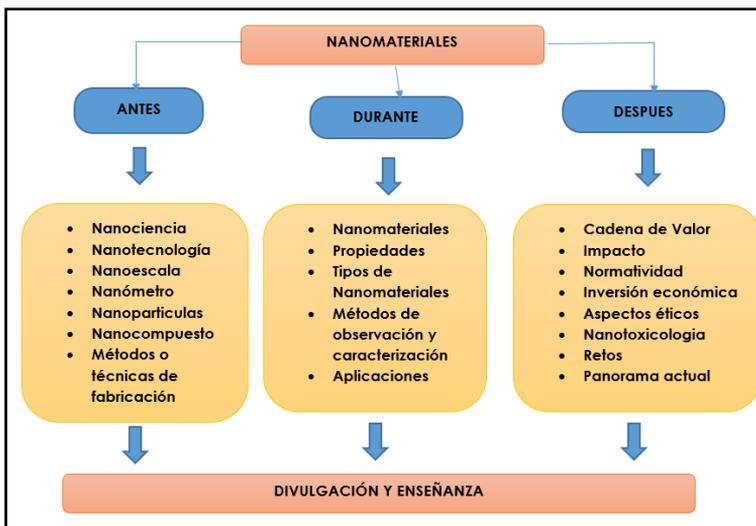


FIGURA 1. Conceptos importantes en la enseñanza de la temática de Nanomateriales.

- Definición de elementos y estructura: Luego de seleccionar los conceptos importantes tanto de los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional (MEN) en Colombia del ciclo V como los conceptos en la enseñanza y divulgación del concepto de Nanomateriales se tuvieron en cuenta las dimensiones de la ACT contempladas en la Tabla 1.

Dimensión	Definición
Práctica	La alfabetización científica práctica: Permite a un individuo hacer frente a los problemas básicos de supervivencia y de la vida diaria, Tiene que ver, por tanto, con cuestiones tales como la vivienda, el agua y los alimentos, la dieta, la salud y la crianza de los hijos, mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos. Permitiría a los sujetos utilizar sus conocimientos en situaciones comunes de la vida diaria.
Cívica	La alfabetización científica cívica: Permite a un ciudadano contribuir en los debates sobre cuestiones relacionadas con la ciencia que afectan a una sociedad, lo que se puede interpretar como las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas.
Cultural	La alfabetización científica cultural: Tiene que ver con el reconocimiento y apreciación de la ciencia como un logro majestuoso de la inteligencia y el espíritu humano, se puede entender también como la comprensión de los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social. Según Cañal (2004) Haría posible que los sujetos, no sólo tuvieran las posibilidades anteriores, sino que pudieran llegar a plantearse aspectos como qué es la ciencia, qué es la tecnología y como se relacionan e inciden ambas en la configuración y dinámica social.

TABLA 1. Dimensiones de la Alfabetización Científica y tecnológica

Para estructurar la propuesta se construyeron unos indicadores pedagógicos desde las dimensiones de la ACT estos indicadores permitirán no solo que los docentes con los que se implementa este trabajo mejoren los niveles de las dimensiones de la ACT, sino que por otra parte si estos docentes usan los materiales educativos propuestos con sus estudiantes también estos estarían mejorando dichas dimensiones de Alfabetización.

Para cada una de las temáticas se diseñaron estos indicadores para orientar los diferentes instrumentos, elementos de intervención tales como guías didácticas, presentaciones de PowerPoint, prácticas experimentales sencillas, ejemplos y materiales didácticos diseñados [4].

- Elaboración

Se diseñaron los diferentes elementos e instrumentos de intervención tales como materiales didácticos, presentaciones de PowerPoint y la guía didáctica que recopila todas las guías de trabajo.

Materiales didácticos: Para cada temática de trabajo se diseñaron materiales didácticos, experimentos caseros sencillos y diversas actividades para facilitar la enseñanza de conceptos relacionados con Nanomateriales y con otros conceptos de las Ciencias como se observa en la Figura 2.



FIGURA 2. Algunos materiales didácticos diseñados para la enseñanza de diversos Conceptos relacionados con Nanomateriales.

Presentaciones de PowerPoint: Las presentaciones de apoyo elaboradas para cada temática tenían cuatro componentes como son el disciplinar, reflexivo, motivacional y práctico; en la Figura 3 se observan algunos de estos diseños.



FIGURA 3. Algunas presentaciones elaboradas en PowerPoint como apoyo para el desarrollo de las clases y actividades.

Guía didáctica: En la Figura 4 se muestra la portada de la guía que recopila todas las actividades que se realizaron en las sesiones de trabajo, pero presentadas en un formato práctico para que puedan implementarse con los estudiantes.

- Para cada actividad se mencionan los elementos que se requieren y se mencionan los procedimientos a seguir.
- Se da un ejemplo de que preguntas se le podrían hacer a los estudiantes y se dejan los espacios pertinentes para que sean contestados.
- Contiene la bibliografía empleada para cada temática.

Al finalizar la guía se adjuntan links de videos y referencias bibliográficas de lecturas como material de apoyo complementario.



FIGURA 4. Portada de la Guía didáctica Docente-nano que recopila todo el trabajo realizado.

- **Implementación:** Para la implementación de este trabajo se realiza la gestión para dar apertura a un curso de extensión y para ello se contó con el apoyo de la Universidad Antonio Nariño (UAN). La implementación tuvo tres etapas que fueron: La convocatoria, la selección y la ejecución.
- **Convocatoria:** Para la convocatoria se diseñaron avisos publicitarios los cuales estuvieron en circulación a través de los correos electrónicos de docentes en formación inicial y en ejercicio y la página oficial de facebook de la UAN y otras instituciones.
- **Selección:** Para esta convocatoria se diseñó un Formulario de Google denominado “formulario de Inscripción al Curso Docente-Nano” https://docs.google.com/a/unal.edu.co/forms/d/1VWW_B9kM54EPJxsr0ojsRx_cf8ocwo31AoWDgZBXUrg/edit, en el cual se solicitaba información

personal de los interesados en tomar el curso. Dicho formulario constaba de diez preguntas. Cinco preguntas sobre información personal, una pregunta acerca de las temáticas que le interesaba tomar del curso, una pregunta sobre como evaluaría los conocimientos personales en Nanociencia y Nanotecnología, una pregunta sobre la motivación personal para tomarlo, una sobre la participación en eventos de divulgación en este campo y una pregunta sobre el mejor horario disponible para participar.

- **Ejecución:** Se programaron trece sesiones de trabajo en las cuales se abordaron las siguientes temáticas: Introducción a la Nanotecnología, Nanoescala, Nanomateriales generalidades, Métodos de Observación y caracterización, Nanomateriales de Carbono, Nanomateriales Metálicos, Nanocompositos y otros materiales, Nanotoxicología, enseñanza de la Nanociencia y la Nanotecnología con una intensidad total de 26 horas.
- **Evaluación:** Se diseñaron algunos instrumentos importantes para el análisis de este trabajo tales como:
 - Prueba de ideas previas sobre aspectos básicos de Nanociencia y Nanotecnología y enseñanza de la Nanotecnología en la educación secundaria.
 - Test tipo Likert sobre percepción de la enseñanza de la Nanotecnología en la educación secundaria.
 - Instrumento para conocer los hábitos que tienen los docentes a la hora de enseñar la temática de microscopía.
 - Instrumento respecto a la enseñanza de la Química Orgánica.
 - Test sobre la percepción del curso y otro sobre información complementaria.

Resultados y Discusión

Los resultados y análisis se realizan en términos de los tres momentos importantes que tuvo la ejecución del trabajo tales como la convocatoria, la selección y la ejecución.

➤ La convocatoria

En la convocatoria se contó con 75 inscritos interesados en tomar el curso Docente-Nano. Del total de inscritos en el curso 32 personas eran licenciados en química lo cual corresponde a un 42,7 % como se observa en la Figura 5 por otro lado 28 personas eran licenciados en física con un valor de porcentaje de 37,3 %, mientras que 17,3 % es decir 13 personas se identificaron con otra profesión distinta a la licenciatura y solo 2 personas hacían parte de licenciatura en Biología.

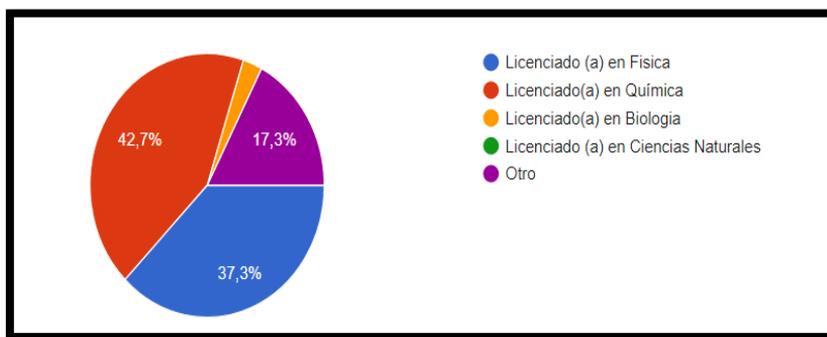


FIGURA 5. Clasificación de los inscritos según sus profesiones.

La edad de los inscritos varía teniendo en cuenta que el valor mínimo de edad fue de 18 y el de máxima edad de 66 años, sin embargo, la gran mayoría de los interesados se encontraban entre rangos de 21 a 31 años.

➤ La selección

Para esta etapa se tuvieron en cuenta todas las respuestas del formulario, pero en especial se hizo un análisis del perfil que se buscaba para la implementación y de otros factores como la disposición del tiempo, el interés por aprender sobre enseñanza de la nanotecnología, las razones que generaban motivación para tomar el curso, etc.

➤ La ejecución

En la figura 6 se observan algunas imágenes de la implementación del curso.

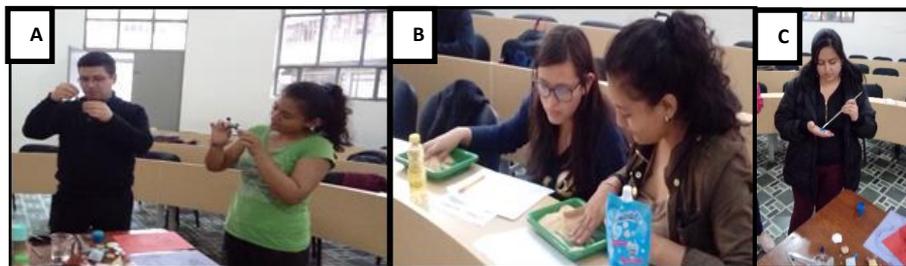


FIGURA 6. Implementación del curso Docente-Nano a) Nanomateriales metálicos b) y c) Nanocompositos y otros materiales.

Al iniciar el curso se aplicó una prueba para conocer las ideas previas que tenían los docentes entorno a temáticas de Nanociencia y enseñanza de esta en la educación secundaria.

➤ *Instrumento de ideas previas*

De este instrumento se determinó que en general los docentes no tienen unas bases sólidas y conceptuales básicas sobre temas generales de Nanociencia y Nanotecnología, Nanomateriales, y microscopia y por otro lado hay un desconocimiento total frente a temáticas relacionadas con Nanotoxicología, divulgación de la Nanociencia, eventos e instituciones que lideran estas temáticas en nuestro país.

En efecto los docentes han afirmado que la nanotecnología en la educación secundaria si es posible de enseñar, pero cuando se les pregunta si han enseñado algún concepto al respecto la respuesta fue negativa. A continuación, se encuentran algunos obstáculos metodológicos y/o disciplinares que ellos mismos propusieron tales como:

"Desconocimiento de estrategia metodológica en la enseñanza de la nanotecnología", "Recursos", "el hecho de que no hay formación disciplinar en el tema", "Se cree que no es entendible", "los docentes desconocen la materia" serían entonces algunas de las principales razones por las cuales aún no se han llevado estos temas a la educación secundaria.

➤ *Test sobre percepción de la enseñanza de la Nanotecnología en la educación secundaria*

En algunos enunciados en especial de esta prueba tipo Likert consignados en la Tabla 2 se observó que hay una tendencia a marcar la opción de "indeciso" y "desacuerdo en parte" lo cual podría ser una señal de escepticismo frente a aspectos que se podrían lograr, mejorar o fortalecer con la enseñanza de la Nanotecnología en la educación secundaria.

Enunciados
▪ La Nanotecnología es un campo multidisciplinar que le permite a cualquier docente de cualquier área implementarla en sus clases.
▪ Podrían divulgarse conceptos relacionados con nano no solo desde la educación media, sino también desde la educación primaria.
▪ Se podrían abordar temáticas sobre la naturaleza de la enseñanza de las ciencias a través de actividades que involucren aspectos relacionados con Nanociencia y Nanotecnología
▪ Es posible realizar pruebas experimentales con elementos caseros para enseñar aspectos relacionados con Nanomateriales.
▪ Debe existir una motivación personal para que un docente divulgue información sobre Nanociencia en sus clases y se convierta en un "docente-nano"
▪ Cualquier docente podría convertirse en un "docente-Nano"

TABLA 2. *Enunciados de Instrumentos de percepción de la enseñanza de la Nanotecnología en la educación secundaria.*

➤ *Enseñanza de la Microscopía*

De este instrumento se corroboró en primer lugar que los docentes reconocen que hay una relación entre los nanomateriales y el tema de microscopía, por lo tanto, mediante este tema si sería posible acercar a los estudiantes en aspectos relacionados con Nanomateriales.

En segundo lugar, los docentes en general son conscientes de que el tema de microscopía no es exclusivo para la biología y concuerdan en que, si se podrían enseñar temáticas desde la física y la Química, sin embargo, se contradicen ya que cuando se les solicita proponer las actividades que harían para enseñar esta temática en su mayoría hacen referencia al microscopio óptico y más a su afinidad con la biología.

➤ *Enseñanza de la Química orgánica*

Uno de los temas que se enseña en la educación secundaria tiene que ver con la Química del carbono, sin embargo, muchas veces los docentes hablan del carbono en su forma mineral pero pocas veces se les enseña a los estudiantes sobre la alotropía del carbono, es decir: “*una propiedad que tienen algunos elementos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes*” y estas estructuras hacen parte de una clasificación denominada Nanomateriales de carbono.

Justamente se implementó este instrumento para corroborar que efectivamente los docentes no tienen en cuenta estas temáticas cuando enseñan la Química del carbono.

➤ *Test sobre percepción de la enseñanza de la Nanotecnología en la educación secundaria*

Este test se aplicó nuevamente al finalizar el curso y es reconfortante saber que al analizar los resultados (en especial nuevamente los enunciados consignados en la Tabla 2 donde antes los docentes tenían una postura indecisa o en desacuerdo luego de finalizar el curso se observó que todos los participantes cambiaron su posición frente a estos enunciados seleccionando la opción totalmente de acuerdo. Lo cual fue bastante favorable y satisfactorio confirmar que eventualmente el curso logró cambiar estas concepciones en los docentes y aportar a su formación.

➤ *Percepción sobre el curso docente-nano “pequeñas ideas para grandes aprendizajes”*

Fue gratificante saber que los participantes en su mayoría seleccionaron las opciones “*totalmente de acuerdo*” y frente a muy pocos enunciados marcaron la opción “*de acuerdo en parte*”.

Lo que refleja que los docentes percibieron que el curso fue muy completo, ya que integró todos los elementos y aspectos que se evaluaron tales como: Las temáticas abordadas, la secuencia en la que se presentaron las actividades realizadas, la originalidad y creatividad del curso, los materiales didácticos diseñados, la posible inclusión de estas temáticas en la educación secundaria a pesar de que oficialmente no se contemplan en los estándares del MEN en Colombia, la contribución del curso a su formación y una motivación e implementación futura de las presentaciones y materiales de trabajo y de seguir aprendiendo sobre temáticas de Nanociencia y Nanotecnología.

Finalmente, con el instrumento denominado información complementaria que contemplaban algunas preguntas abiertas tales como: ¿Qué fue lo que más le gusto o lo que le aporó este curso? y ¿Por qué enseñar Nanociencia y Nanotecnología en la educación secundaria? Fue gratificante encontrar algunas respuestas como las siguientes:

-El poder conocer sobre NANO ya que este no es un tema común, también capacitarnos para llevar estos temas al aula y poder explicarlos.

-El aprender una nueva forma de contextualizar la enseñanza de las ciencias pues genera una motivación para el aprendizaje de los estudiantes.

-La metodología para acercar al estudiante sobre como comprender la temática sobre la nanotecnología, las distintas aplicaciones donde se utiliza este método y como desde experimentos sencillos se exponen toda esta área del conocimiento.

Conclusiones

Es posible diseñar propuestas para la enseñanza y divulgación de la Nanotecnología en la educación secundaria a partir del concepto de Nanomateriales teniendo en cuenta las dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica.

Por otro lado, las guías didácticas, experimentos caseros, materiales de divulgación como (videos, artículos, blogs, etc.) los materiales didácticos elaborados para cada temática del curso demuestran que a través de estos medios y recursos si es posible no solo enseñar temas de Nanociencia y Nanotecnología, sino su relación con conceptos propios de las Ciencias Naturales que no solo mejorarían la enseñanza y la metodología propia de los docentes, sino que también son la vía directa para despertar el interés, motivación y aprendizajes de los estudiantes por las ciencias.

Los docentes reconocen que no existen desventajas de llevar estos temas a la educación secundaria, pero que en si la mayor desventaja radica en la desactualización que existe por parte los docentes y en el hecho de que aún no hay programas globales para formar y capacitar a los docentes en estos temas y esta es la razón por la cual aún no hay un amplio impacto para enseñar Nanotecnología en la Educación Secundaria porque no tienen las bases o la formación disciplinar al respecto.

El concepto de Nanomateriales es un concepto primordial en la Enseñanza de la Nanociencia y la Nanotecnología, ya que reúne diversos aspectos que no solo implican una formación disciplinar en el área, sino que además hablar de nanomateriales involucra aspectos que tienen que ver con políticas nacionales e internacionales, inversión económica, seguridad, ética, avances científicos, sector empresarial, salud, riesgo laboral, medio ambiente, normatividad, rutas de exposición, aplicaciones, cadena de valor, entre otros aspectos que permiten generar debates y demostrar por qué a todas las personas nos conviene tener una Alfabetización Científica y Tecnología acerca de estos temas.

Finalmente se invita a los lectores a consultar el trabajo completo, ya que en esta publicación no fue posible mostrar todos los instrumentos y materiales didácticos diseñados que podrían servir como referente y apoyo a los interesados.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia. Al Dr. Daniel Llamosa Coordinador NanoUAN y la Dra. Alejandra Baena Coordinadora del Centro de extensión de la Universidad Antonio Nariño. A todos los docentes y personas que estuvieron interesados en tomar el curso y a quienes lograron participar activamente y culminarlo con éxito.

Referencias

- [1] Delgado, G.C. (2008): Guerra por lo invisible: Negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología. Ceiih, UNAM, México.
- [2] Nanowerk, "Nanotechnology Materials and Equipment," 2016. [Online]. Available: <http://nanowerk.com/nanocatalog/>.
- [3] Foladori, G., (2016), Políticas públicas en nanotecnología en América Latina. Revista Problemas del Desarrollo, 186 (47), julio-septiembre.
- [4] Torres, L., (2017), "Docente-Nano": Una alternativa para la divulgación del concepto de Nanomateriales en la educación media". Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.

- [5] Tutor –Sánchez, J., (2013), Actualidad y perspectivas de la divulgación y formación de la Nanotecnología en Iberoamérica: Red NANODYF CYTED. Revista Digital Universitaria de la Universidad Nacional, Autónoma de México, No. 3, Vol. 4, 1 de marzo.
- [6] Tutor- Sánchez, J., (2013). Formación en Nanociencia y Nanotecnología: un reto en Iberoamérica, revista de física, no. 46e, noviembre.
- [7] CYTED., (2013), Informe diagnóstico, situación en algunos países de Iberoamérica acerca de la formación de conocimientos sobre Nanociencia y nanotecnología en la enseñanza universitaria, NANODYF.
- [8] Rubiano, C., (2015), Desarrollo de material educativo en nanomateriales como promotor de la creatividad científica en estudiantes de media secundaria. Universidad de los Andes.
- [9] Ariza, L., Torres L., (2014), Propuesta de Alfabetización Científica y Tecnológica, desde el estudio químico de la síntesis, caracterización y aplicación de Aerogeles de Carbono. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.
- [10] Marco, B., (2000), *La alfabetización científica*. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 141-164. Alcoi: Marfil.
- [11] Martínez, L., Peña, D., & Villamil, Y., (2007). Relaciones Ciencia, tecnología, Sociedad y Ambiente a partir de casos simulados: una experiencia en la enseñanza de la química. Ciencia & Ensino, 1 (Especial), 1-16.
- [12] Estándares de Competencias Curriculares del MEN Tomado de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf.