

Enseñanza de conceptos nanotecnológicos a partir de síntesis de aerogeles de carbono, una propuesta desde la alfabetización científica y tecnológica

Torres Romero Lady Johana, Ariza Traslaviña Leidy Bibiana, Blanco Martínez Diego Alexander

Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Química.
Calle 72 No. 11 - 86, Bogotá, Colombia.

Leidyto_4@hotmail.com

Fecha de aceptación: 2 de agosto de 2015

Fecha de publicación: 23 de septiembre de 2015

RESUMEN

Se implementa la propuesta de alfabetización científica y tecnológica fundamentada en el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), a partir de la cual se evalúa la progresión en las dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) al abordar situaciones enmarcadas en la aplicación de conceptos nanotecnológicos y su incidencia en las problemáticas actuales, en un grupo de estudiantes de Ciclo V del Colegio Rural Douglas Brown. Las actividades de la propuesta se plantearon desde un enfoque CTSA, partiendo de las etapas involucradas en la síntesis de aerogeles de carbono, las cuales involucraron preguntas orientadoras generadas a partir de lecturas de diferentes temáticas, salidas de campo, laboratorio y juego de roles. Mediante la intervención educativa se logró que los estudiantes involucraran un lenguaje científico avanzado. Los resultados fueron satisfactorios evidenciando avances en los niveles iniciales de las dimensiones práctica, cívica y cultural de la ACT. Siendo lo más relevante el gran interés de los estudiantes por el aprendizaje de la química.

Palabras clave: nanotecnología, ACT (Alfabetización Científica y tecnológica), CTSA (Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente), aerogeles de carbono.

ABSTRACT

The proposed scientific and technological literacy based on the approach Science, Technology, Society and Environment (STS-E), from which the progression is evaluated in the dimensions of Scientific Literacy and Technology (LST). Are evaluated taking into account the situations covered by the application of nanotechnology concepts and their impact on current problems in a group of students of cycle V of the Douglas Brown rural school. The activities of the proposal arose taking into account the STS-E bases on the stages involved in the synthesis of carbon aerogels which involved guiding questions, generated from different thematic readings, field trip, laboratories and role plays. Through this educational intervention, students achieved an advanced scientific language; the results were satisfactory thanks to the advances on the first levels of the practical, civic and cultural dimensions of the LST. The most relevant of this proposal was the interest of the students on learning chemistry.

Key words: nanotechnology, LST (scientific and technological literacy), STCE (Science, technology, society and environment), carbon aerogels.

INTRODUCCIÓN

¿Por qué enseñar Química desde la nanociencia y la nanotecnología? En Colombia existen diversidad de trabajos que giran en torno a la divulgación de la nanociencia y la nanotecnología y cada día estos términos son más frecuentes en programas de educación superior, cada vez aumenta el número de universidades, instituciones y grupos de investigación que se preocupan por ofrecer entre sus programas este tipo de temáticas, pero estas no son usuales en la enseñanza secundaria.

A la hora de implementar un programa en el cual se enseñe ciencias desde la nanociencia se deben tener en cuenta diferentes aspectos para su implementación como por ejemplo: *¿qué conceptos y que contenidos se deben enseñar? ¿Cómo vincular situaciones de la cotidianidad para integrar el conocimiento? ¿Qué desafíos éticos nos plantean la nanociencia y la nanotecnología? ¿Cuál será el medio más adecuado para trasladar esta temática al aula? ¿Cómo conseguir a partir de la nanociencia el involucramiento de los estudiantes en los necesarios debates sobre ciencia y tecnología? ¿Qué instrumentos se deben implementar? ¿Qué recursos se deben emplear para aproximar al estudiante al lenguaje científico implicado? ¿Cómo motivar al estudiante al aprendizaje a través de este campo de estudio?* Pensar en la nanociencia y la nanotecnología como medio para propiciar la enseñanza de las ciencias es una opción apropiada para el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico pese a las diferentes posiciones desfavorables que se puedan generar al respecto, entre las ventajas que se pueden encontrar radica su naturaleza multidisciplinar, su juventud como campo de conocimiento, su presencia en la vida cotidiana a través de múltiples aplicaciones, generalmente sin conocimiento por parte de los estudiantes, su potencialidad para modificar la realidad económica, social y cultural, sus derivaciones éticas, entre otras.

Los avances en la investigación a nanoescala plantean un gran reto a las comunidades de educadores y comunicadores, en tanto deberán crear nuevos métodos y materiales educativos que transmitan el trabajo científico y tecnológico en este campo, esto incluye la adquisición de un vocabulario de términos relacionados con el nanomundo, y el acercamiento a un tema científico que se vuelve parte importante de nuestra vida diaria; de manera que la nanociencia y la nanotecnología deberían abordarse desde los programas escolares, hasta los sistemas de educación informal y los medios de comunicación. (Sánchez y Tagüeña, 2011).

La nanotecnología constituye una temática que admite ser estudiada con un enfoque como el CTS. No es posible dejar escapar del aula la gran enseñanza que representa poner en debate el propio objeto de aprendizaje, buscando el cuestionamiento en todos los aspectos mencionados con los cuales inherentemente está vinculado el conocimiento científico. (Amy y Latronica, 2012).

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo principal de este trabajo consistió en evaluar la incidencia de la implementación de una propuesta de alfabetización científica y tecnológica, relacionada con la síntesis y aplicación de aerogeles de carbono, en términos de los niveles alcanzados por los estudiantes de grado décimo del Colegio Douglas Brown en las dimensiones de la ACT.

METODOLOGÍA

La estructuración de la propuesta de Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) se realizó mediante el modelo de investigación-acción propuesto por Elliot (1993), citado en (Bisquerra, 2009) a partir del cual se definieron dos ciclos estructurados en cuatro fases: identificación, planificación, acción y reflexión.

Ciclo 1.

Identificación:

Corresponde a la definición del problema de investigación, revisión de antecedentes relacionados con investigaciones sobre alfabetización científica y tecnológica así como el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) y la síntesis de aerogeles de carbono.

Planificación:

Se seleccionó la población para el trabajo investigativo, se diseñaron los instrumentos para la recolección de información institucional PEI, malla curricular y proyectos transversales, caracterización de los estudiantes mediante el (COCTS) tomado de Manassero y Vásquez (2001), los conocimientos generales de algunas temáticas en química y finalmente en esta etapa se realizó la construcción del protocolo para la preparación de aerogeles de carbono basados en el método propuesto por Pekalá (1989) citado en Fairen (2006).

Acción:

Se efectuó la aplicación de los instrumentos que permitieron la caracterización de la población y la síntesis de los aerogeles de carbono que se emplearon en la propuesta de alfabetización científica y tecnológica.

Reflexión:

Se realizó el análisis de los resultados obtenidos de la caracterización institucional, estudiantil y la síntesis de los aerogeles de carbono, mediante el uso de una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) a partir de los resultados se establecen los lineamientos de la propuesta de alfabetización científica y tecnológica, así mismo se establecen las temáticas previas en química que intervienen en la síntesis de los aerogeles y se analizan los resultados obtenidos del instrumento de ideas previas, para el cual se diseña una rúbrica de evaluación, dichos resultados se utilizaron para el diseño y construcción de esta propuesta.

Ciclo 2

Planificación:

Se definió la secuencia de actividades de la propuesta de alfabetización científica y tecnológica, las cuales se plasman en la cartilla "Aerogeles de carbono" y en la cual se tuvieron en cuenta las etapas de síntesis de un aerogel de carbono para realizar la correspondiente conceptualización teórica con los contenidos correspondientes divididos en temas y subtemas.

Acción:

Esta etapa comprende toda la intervención didáctica en la cual se desarrollan las actividades de la propuesta de alfabetización científica y tecnológica como se indica en la tabla 1, empleando como recurso la cartilla que se compone de lecturas, guías de trabajo, práctica de laboratorio y descripción de un juego de roles, estas actividades le permiten a los estudiantes aproximarse conceptualmente al proceso de la síntesis de aerogeles, sus propiedades y aplicación.

Además la contribución en la alfabetización de los estudiantes en cuanto a los aspectos prácticos, cívicos y culturales planteados por Shen (1978).

Durante la aplicación se tuvo en cuenta como instrumento para la recolección de información y reflexión sobre la práctica educativa el diario de campo.

Reflexión:

Esta etapa comprende la sistematización y análisis de la información recolectada durante la aplicación de la propuesta, se realiza mediante los criterios construidos a partir de los conceptos sobre alfabetización práctica, cívica y cultural.

De acuerdo con las dimensiones de la alfabetización científica y tecnológica, se establecen niveles alto, medio y bajo como se observa en la tabla 2, aspectos con los cuales se realiza el análisis considerando las actividades (A3, A8, A11 y A12) por ser estas en las cuales se cuenta con intervenciones específicas de los estudiantes; de esta manera se generan las conclusiones y recomendaciones al respecto.

Tabla 1. Desarrollo de las actividades del PACT.

| Nº | Actividades de Intervención | Tiempo (min) |
|-------------------------------------|---|--------------|
| A1 | Caracterización de la zona y de estudiantes | 90 |
| A2 | Prueba de actitud hacia las ciencias y prueba de ideas previas | 90 |
| A3 | Introducción al mundo nano. Relaciones CTSA | 180 |
| A4 | Exposiciones Glosario Nano científico | 90 |
| A5 | La síntesis de un Aerogel (Gelación y curado) | 90 |
| A6 | La síntesis de un Aerogel (Gelación y curado) | 90 |
| A7 | La síntesis de un Aerogel (El secado y la Carbonización).Las aplicaciones y propiedades de un aerogel. | 90 |
| A8 | Importancia del recurso hídrico y las relaciones CTSA desde la PTAR EL SALITRE | 120 |
| A9 | La adsorción como una aplicación de los Aerogeles de carbono. | 90 |
| A10 | Salida al Jardín Botánico | 120 |
| A11 | Laboratorio (Materiales adsorbentes en la mitigación del impacto ambiental del colorante Índigo Carmín) | 120 |
| A12 | Tomar decisiones desde mi rol alrededor de la problemática de los colorantes | 90 |
| Total intensidad en minutos. | | 1.260 |

Tabla 2. Criterios establecidos para identificar los niveles en las dimensiones de la alfabetización científica y tecnológica.

| Nivel | Práctico | Cívico | Cultural |
|--------------|---|---|---|
| Bajo | Identifica las situaciones que afectan su vida cotidiana. | Reconoce situaciones que generan un impacto en la sociedad pero no involucran el conocimiento científico y tecnológico. | Describe situaciones pero no genera reflexiones frente a ellas. |
| Medio | Reconoce situaciones en las que intervienen conocimientos científicos y tecnológicos, así como la población involucrada. | Explica el impacto en la sociedad de determinadas situaciones que involucran procesos científicos y tecnológicos. | Formula explicaciones y reflexiones frente a diversas situaciones, pero no establece relaciones entre la ciencia y la tecnología. |
| Alto | Identifica las situaciones que involucran conocimientos científicos y tecnológicos y la población involucrada, así mismo comprende cómo afecta su vida cotidiana. | Analiza el impacto de situaciones determinadas sobre la sociedad, emplea el conocimiento científico para proponer soluciones y tomar de decisiones. | Construye reflexiones y toma decisiones desde una postura crítica frente a diversas situaciones, teniendo en cuenta que es la ciencia y la tecnología, como se relacionan y su incidencia en la sociedad. |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COCTS: El instrumento utilizado para determinar las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad (COCTS) tomado y analizado según Manassero y Vásquez (2001). Los ítems evaluados son los siguientes: que es la ciencia (10111), que es la tecnología (10211), influencia de la ciencia en la tecnología (10412) y la influencia de la tecnología en la ciencia (10413), para los cuales los autores asignan diferentes tipos de posibles respuestas clasificadas en adecuadas, plausibles e ingenuas de acuerdo con las respuestas de los estudiantes se halló el índice global de actitud, mediante el tratamiento estadístico como lo mencionan los autores. En la figura 1, se muestran los resultados obtenidos para cada cuestión evaluada en los estudiantes de grado décimo del colegio Douglas Brown.

El análisis se realiza como lo indica Manassero y Vásquez (2001) y quienes mencionan que el índice de actitud global se puede encontrar entre -1 y 1, en donde entre más cercano este el valor a -1, menos favorable será el índice de actitud y cuando el valor se acerque más a 1, el índice de actitud global será más favorable hacia las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Como se muestran en el gráfico 6 los estudiantes de grado décimo del Colegio Douglas Brown, poseen dos de las 4 cuestiones con índices mayores de cero, lo que indica que su actitud es favorable hacia la definición de ciencia y la influencia de la tecnología en la ciencia, sin embargo con valores negativos se encuentra las cuestiones relacionadas con la definición de tecnología y la influencia de la ciencia en la tecnología lo que quiere decir que en sus respuestas los estudiantes definen la tecnología con las frases de la categoría ingenuas que se relacionan más con la concepción de técnica.

Caracterización de las ideas previas: Al iniciar la propuesta se evalúan conceptos fundamentales en química, necesarios para llevar a cabo esta propuesta mediante el instrumento planteado el cual abarco

temáticas tales como mezclas y soluciones, propiedades de la materia y nomenclatura de compuestos inorgánicos.

Se analiza teniendo en cuenta una rúbrica en la cual se describen niveles altos, medios y bajos con respecto a cada uno de los ítems.

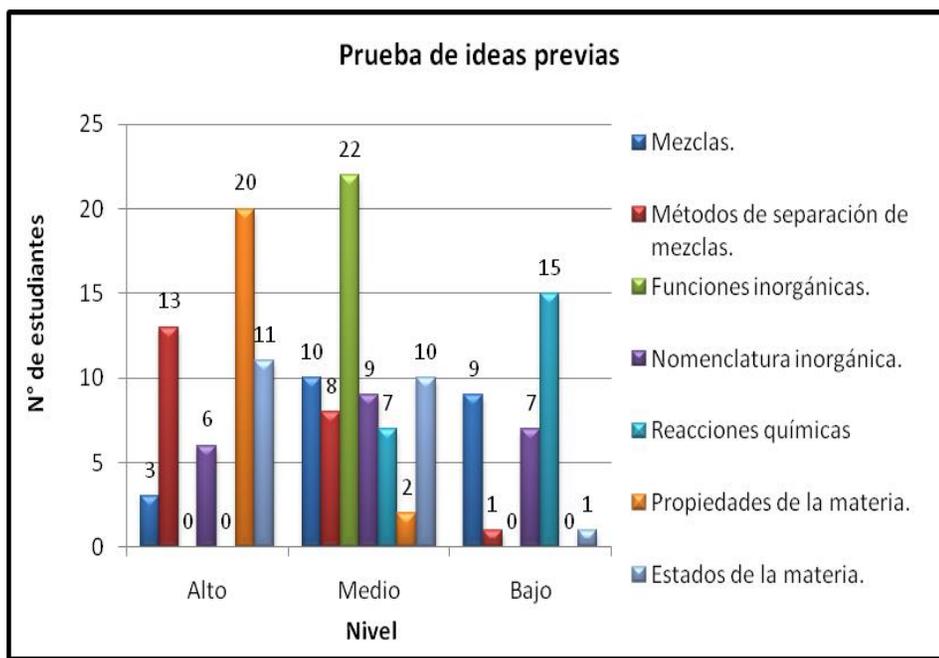


Figura 1. Índice actitudinal global para el COCTS.

De acuerdo con la rúbrica se realizó el análisis de la prueba, distribuyendo los resultados por niveles, como se muestra en la figura 2.

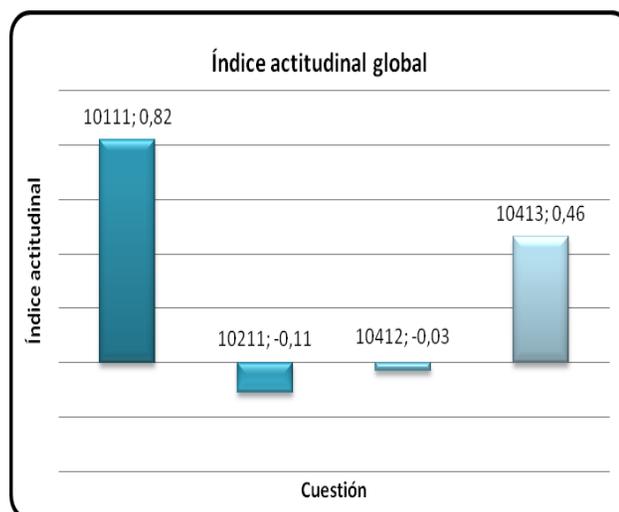


Figura 2. Resultados por niveles para instrumento de conocimientos generales en química.

Como se observa en la figura 2, el tema en el cual la mayoría de los estudiantes presentan nivel bajo es reacciones químicas con un (68%), las respuestas que colocaron en su mayoría no tenían en cuenta

leyes ponderales, ni las implicaciones de la energía en una reacción química, mencionaban únicamente que era la unión de compuestos, esto puede ser un obstáculo en el momento de la aplicación de la propuesta debido a que la síntesis del aerogel involucra necesariamente reacciones químicas lo cual puede no ser comprendido completamente por los estudiantes debido a que no tienen dominio de ese tema, en cuanto al tema de nomenclatura inorgánica el 40% de los estudiantes tiene un nivel bajo, no nombran compuestos correctamente y especialmente confunden los nombres de funciones inorgánicas, en este sentido durante el desarrollo de la propuesta se debe enfatizar en este aspecto.

En cuanto a la temática de propiedades de la materia, métodos de separación de mezclas y funciones inorgánicas, los estudiantes en su mayoría se mantuvieron en el nivel alto y medio, demostrando habilidades en el tema, especialmente el de propiedades de la materia, lo cual es importante para el desarrollo de la propuesta, ya que se abordaran además de las reacciones químicas en la síntesis del aerogel.

Síntesis de aerogeles: se llevó a cabo mediante el método descrito por Fairen (2006), que está basado en el procedimiento original descrito por Pekalá (1989). El procedimiento realizado consiste en la mezcla de resorcinol (R), formaldehído (F) y un catalizador básico (C) junto con disolvente que puede ser agua o de tipo orgánico. Se prepararon 16 series, en las cuales se empleó como catalizador carbonato de sodio (Na_2CO_3). La síntesis se llevó a cabo con dos disolventes agua (AeW) y 1-propanol (AeP).

La relación molar de la mezcla en ambas series siempre fue $R/F = 0,5$; mientras que la relación R/C se varia, ya que esta es la variable de interés en el presente trabajo. Para lo cual se prepararon series de $R/C = (25, 50, 100, 200, 400, 600, 800 \text{ y } 1500)$; según la literatura las muestras que se han estudiado al respecto han estado entre rangos de 50 a 1500.

En general, la mayoría de las muestras se encuentran entre los rangos de pH de 5.4 a 7.6, lo que favorece la reacción de condensación formando geles con un alto grado de entrecruzamiento y una estructura muy fuerte, por lo que soportan bien los tratamientos a alta temperatura, manteniendo su estructura porosa. Dichos parámetros con respecto a la influencia del pH, su estructura y las relaciones molares se tendrán en cuenta en el momento de la caracterización y estudio de las muestras.

Durante este proceso de gelación y curado entre las diferentes muestras preparadas se observan diversidad de tonalidades entre naranja-amarillo y rojo a medida que se aumenta la temperatura e incrementa el tiempo de duración en cada una de ellas, la figura 3 muestra el proceso de gelificación y curado en la muestra AeW400.

Durante la etapa del secado, se realizó el intercambio del disolvente por CO_2 supercrítico bajo las siguientes condiciones: temperatura de $42\text{ }^\circ\text{C}$ y una presión de 120 bares, teniendo en cuenta que el fluido supercrítico se obtiene desde los $31,1\text{ }^\circ\text{C}$ y 74 bares.

Finalizada la etapa de secado se procede a la carbonización: Se toma una fracción de cada una de las muestras, las cuales se llevan a un horno tubular en atmósfera inerte de N_2 , manteniendo una velocidad de calentamiento de $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ hasta obtener una temperatura de $900\text{ }^\circ\text{C}$. Manteniendo la temperatura constante durante 3 horas.

Luego de culminada la síntesis de los aerogeles de carbono se llevó a cabo la propuesta de Alfabetización, Científica y Tecnológica ACT la cual se desarrolló por un periodo de 3 meses con una intensidad semanal de 90 minutos y con una intensidad total de 1.260 minutos, siendo esta transversal al currículo de ciencias de la institución educativa.

Para evaluar la incidencia de las dimensiones de la Alfabetización Científica y tecnológica se tuvieron en cuenta los niveles obtenidos en las actividades (A3, A8, A11y A12) y los cuales se establecieron tal como se aprecian en la tabla 4 encontrando nivel: bajo, medio o alto, según las respuestas que los

estudiantes daban a las preguntas orientadoras que se formularon para cada una de esas actividades planteadas desde las diferentes dimensiones de la ACT.

En la actividad *Introducción al mundo nano relaciones Ciencia Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA)* donde se realizaron diversas lecturas las cuales contenían diferentes temáticas relacionadas con la química como por ejemplo: la química ambiental, la química en la vida cotidiana, la química de los materiales, entre otras y en la cual posteriormente se realizó un debate donde los estudiantes daban sus puntos de vista y se confrontaban entre ellos teniendo en cuenta que algunas lecturas estaban en pro de la química y otras en contra de esta y demás avances científicos y tecnológicos. Se analizaron las respuestas enunciadas por los estudiantes de acuerdo con los criterios establecidos para las tres dimensiones de la ACT.

Es así que se encontró que en los niveles iniciales de ACT, para la dimensión practica: es medio, cívica: bajo y cultural: medio.

En la siguiente actividad de intervención (*Salida a planta de tratamientos de aguas residuales el salitre*) las preguntas orientadoras se propusieron teniendo en cuenta el recorrido y diferentes situaciones y aspectos políticos, sociales, económicos y ambientales por los cuales se enfrenta y atraviesa la planta. Esta actividad se consideró como un momento importante en el cual el estudiante reflexionó acerca de los usos que se le dan al agua, sus consecuencias y el impacto del mal uso de esta en la sociedad. Durante la salida hubo un reconocimiento del proceso de recuperación del agua residual a un nivel macro, además los estudiantes debían poner en práctica las temáticas vistas en las clases teóricas de tal manera que formularan hipótesis en las cuales se tuviese en cuenta propiedades y aplicaciones de los aerogeles de carbono para responder algunas de las cuestiones planteadas. Se observó un avance en la dimensión cívica la cual ascendió a un nivel medio, de igual manera la dimensión práctica se catalogó en un nivel alto, mientras que la dimensión cultural se mantuvo estable en el nivel medio.

En otra de las actividades realizadas, la practica experimental llamada *materiales adsorbentes, mitigación de impactos ambientales*, se realizó una aplicación del material sintetizado "aerogel de carbono" con el propósito de aproximar a los estudiantes al proceso de remediación de las aguas residuales con materiales adsorbentes, como estrategia para mitigar el impacto de una problemática ambiental, producto del vertimiento de diferentes colorantes por parte de la industria textil. Por medio de una problemática los estudiantes aprenden no sólo conceptos, sino la importancia de aprenderlos para el diario vivir y el impacto que genera en la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente. En esta oportunidad se usó de lenguaje científico empleando palabras como adsorción, tamaño del poro, partículas, también establecían relaciones entre variables como el tiempo, el tamaño, y el tipo de material empleado como el aerogel de carbono y el carbón activado.

Luego de hacer nuevamente revisión de las respuestas dadas por los estudiantes se determinó que la dimensión práctica se siguió posicionando con un nivel alto al igual que la dimensión cultural con un nivel medio, mientras que la dimensión cívica ascendió al nivel alto.

Para favorecer un ambiente educativo en el cual los estudiantes se involucren en debates sobre ciencia y tecnología se llevó a cabo la actividad *tomar decisiones desde mi rol*, actividad en la cual se discutió a raíz de una problemática, como lo es el impacto ambiental generado por el colorante (índigo carmín) empleado en la industria textilera. Esta actividad se desarrolló teniendo en cuenta la participación de diferentes actores en una mesa de negociación, la cual implico la definición de unos roles por grupo de estudiantes, los cuales fueron: el ministerio de ambiente, la CAR (Corporación autónoma regional), el Acueducto, representantes de la empresa textilera, empleados, representantes de la comunidad y el comité científico y tecnológico. Como ejemplo en la dimensión cívica se utilizó como criterio el siguiente: Toma de postura y propuestas de solución a partir del criterio científico, para el cual se muestra una de las intervenciones realizada por los estudiantes pertenecientes al comité científico y tecnológico en el juego de roles: *CCT: la empresa debe tener en cuenta que no hay legalmente establecido un límite de*

los colorantes especialmente del índigo carmín de fórmula $C_{12}H_{10}O_2N_2$, puede hacer el uso que necesite, pero lo que deben tener en cuenta es que sus procesos afectan el ambiente y que la responsabilidad de las aguas que vierten es de ellos. Finalmente los niveles obtenidos en las dimensiones práctica, cívica y cultural se mantuvieron constantes.

Las actividades realizadas en la secuencia, permitieron realizar un análisis de las intervenciones de los estudiantes de acuerdo a los criterios establecidos desde la alfabetización científica y tecnológica como se ha mencionado, los avances en lo práctico, cívico y cultural a partir de una propuesta basada en la nanotecnología, se consolidan en la tabla 3, teniendo en cuenta el seguimiento realizado en cada fase de la investigación, se observa un mejoramiento en las dimensiones práctico y cívico de acuerdo con los criterios establecidos, la dimensión cultural se mantuvo constante.

Tabla 3. Niveles obtenidos por los estudiantes en las dimensiones de la ACT en las diferentes actividades propuestas en el programa de alfabetización científica y tecnológica.

| Dimensión | Introducción al mundo nano. Relaciones CTSA | Salida planta de tratamiento de aguas residuales “el salitre” | Laboratorio materiales adsorbentes, mitigación de impactos ambientales | Tomar decisiones desde mi rol |
|-----------|---|---|--|-------------------------------|
| Práctica | Medio | Alto | Alto | Alto |
| Cívica | Bajo | Medio | Alto | Alto |
| Cultural | Medio | Medio | Medio | Medio |

CONCLUSIONES

La implementación de esta propuesta de alfabetización científica y tecnológica (ACT) permitió que los estudiantes gradualmente se fortalecieron en las dimensiones de la ACT: práctica, cívica y cultural, por medio de las actividades realizadas que se fundamentaron en el enfoque CTSA, permitiéndoles inicialmente, reflexionar acerca de las situaciones generadas por el desarrollo científico y tecnológico, aproximándose al conocimiento del proceso de síntesis y aplicación de aerogeles de carbono, posteriormente, identificándose como un sujeto social que puede intervenir en las situaciones con criterios científicos y tecnológicos y finalmente logrando que los estudiantes se involucren tomando posturas críticas en torno a las implicaciones ambientales y sociales, que no son ajenos de su realidad

La propuesta de alfabetización científica aplicada en esta investigación, permitió evidenciar cómo fue posible fortalecer los niveles de alfabetización científica práctica y cívica en la población objetivo, sin embargo, se considera que se pueden llegar a obtener mejores resultados si hay un mayor tiempo de intervención donde se puedan abordar e involucrar otras temáticas, prácticas experimentales y actividades que generen motivación en los estudiantes. Además de fortalecer la dimensión cultural, ya que al ser esta una dimensión integradora de diferentes aspectos que conlleven a 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. Se necesita más tiempo para obtener resultados favorables en el progreso de los niveles de esta dimensión.

De esta manera se concluye que este tipo de propuestas traen consigo grandes ventajas, ya que se observó una actitud favorable y motivación en las clases y actividades por parte de los estudiantes, quienes al haberse involucrado en estas temáticas concernientes a la nanociencia y la nanotecnología tuvieron una visión de ciencia distinta a la que solían estar acostumbrados, lo que aseguran ellos les causo curiosidad e interés por el estudio de las ciencias. Ya que, al tener en cuenta estas cuestiones se ratifica que las ventajas al implementar este tipo de propuestas que vinculan la nanociencia y la nanotecnología son más, que las dificultades que podrían presentarse, pero lo más importante es

destacar que se hace urgente y necesario que cada día sean más los docentes que generen propuestas de este tipo.

REFERENCIAS

Amy, J., Latronica L., (2012), Aportes de la química al mejoramiento de la calidad de vida, Capítulo IX, Nanociencia y nanotecnología: nuevas maneras de intervenir sobre la materia y el diseño de llevarlas al aula. UNESCO, Montevideo.

Bisquerra, R. (2009). Metodología de la investigación cualitativa. Madrid: La Muralla.

Fairen, D. (2006). Aerogeles monolíticos de carbón como adsorbentes para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles. (Tesis de Doctorado, Universidad de Granada) Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/46589805_Aerogeles_monoliticos_de_carbn_como_adsorbentes_para_eliminacin_de_compuestos_orgnicos_volatiles.(BTX).

Manassero, M., & Vásquez, A. (2001). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Enseñanza de las ciencias, 20: 15-27.

Pekalá, R. (1989). Organic aerogels from the polycondensation of resorcinol with formaldehyde. Journal of materials science (24), 3221-3227. Recuperado de http://download.springer.com.ezproxy.unal.edu.co/static/pdf/76/art%253A10.1007%252FBF01139044.pdf?auth66=1397964950_9c8dbaa9722f96a080e83bd1c10a0855&ext=.pdf

Sánchez, M., Tagüeña, J. (2011). El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia, divulgación y formación en nanociencia y nanotecnología en Iberoamérica: informe de la red "José Roberto Leite" nanodyf/cyted, mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencia y nanotecnología, 4: 83 – 100.