

Estrategia Didáctica para la enseñanza de fundamentos sobre Nanotecnología a estudiantes de secundaria

Laura Andrea Rubiano Fetiva

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, larubianof@uditrital.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4912-1952>

Alvaro García Martínez

alvgarciam@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3597-6252>

Leonardo Enrique Abella Peña

leabellap@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9179-1650>

Resumen

Con el objetivo de presentar una alternativa y abrir el debate sobre las posibles formas de abordar la didáctica de las ciencias en el aula de clase, se busca reflexionar sobre las experiencias de aula que potencian el desarrollo de competencias y habilidades cognitivo-lingüísticas que desarrollan los estudiantes a través de actividades que articulan el arte, la ciencia, la tecnología, la matemática y la historia utilizando la nanotecnología como eje transversal y multidisciplinar, al presentar diferentes escenarios que permitan la exploración, el cuestionamiento, el debate y la reflexión de las implicaciones de la nanotecnología en la cotidianidad.

De tal modo que se presenta una reflexión en torno a la metodología de diseño utilizada para la elaboración de una estrategia didáctica para la enseñanza de conceptos fundamentales sobre nanotecnología a estudiantes de secundaria mediante el diseño de seis actividades, siguiendo los criterios de secuenciación y estructura de la unidad didáctica expuestos por el grupo de investigación GREECE. De igual forma, se destaca que la participación del docente en el diseño de experiencias de aprendizaje innovadoras, le permite relacionarse con la labor investigativa desde una postura consciente y contextualizada de la acción docente, en donde puede integrar herramientas como las TIC para enriquecer el trabajo.

Palabras clave: Didáctica de las ciencias, Unidad didáctica, Metodología de diseño, Conceptos básicos sobre nanotecnología.

Teaching Strategy for teaching Nanotechnology fundamentals to secondary school students

Abstract

With the aim of presenting an alternative and opening the debate on possible ways to approach the didactics of science in the classroom, seeks to reflect on classroom experiences that enhance the development of cognitive skills and

competences-students through activities that articulate art, science, technology, mathematics and history using nanotechnology as a transversal and multidisciplinary axis, presenting different scenarios that allow exploration, the questioning, debate and reflection of the implications of nanotechnology in everyday life.

Thus, a reflection is presented on the design methodology used to develop a didactic strategy for the teaching of fundamental concepts on nanotechnology to secondary school students through the design of six activities, following the sequencing and structure criteria of the teaching unit presented by the GREECE research group.

Likewise, it is emphasized that the participation of teachers in the design of innovative learning experiences, allows them to relate to research work from a conscious and contextualized position of teaching action, where it can integrate tools such as TIC to enrich the work.

Keywords: Didactics of the sciences, Didactic unit, Design methodology, Basic concepts on nanotechnology.

Estratégia Didáctica para o ensino de fundamentos sobre Nanotecnologia a estudantes do secundário

Resumo

Com o objetivo de apresentar uma alternativa e abrir o debate sobre as possíveis formas de abordar a didática das ciências na sala de aula, busca-se refletir sobre as experiências de sala de aula que potencializam o desenvolvimento de competências e habilidades cognitivaslinguísticas desenvolvidas pelos estudantes através de actividades que articulam a arte, a ciência, a tecnologia, a matemática e a história utilizando a nanotecnologia como eixo transversal e multidisciplinar, apresentando diferentes cenários que permitem a exploração, o questionamento, o debate e a reflexão sobre as implicações da nanotecnologia no quotidiano.

Apresenta-se, assim, uma reflexão sobre a metodologia de concepção utilizada para a elaboração de uma estratégia didáctica para o ensino de conceitos fundamentais sobre nanotecnologia a estudantes do ensino secundário através da concepção de seis actividades, seguindo os critérios de sequenciação e estrutura da unidade didáctica expostos pelo grupo de investigação GREECE.

De igual modo, sublinha-se que a participação do docente na concepção de experiências de aprendizagem inovadoras lhe permite relacionar-se com o trabalho de investigação a partir de uma postura consciente e contextualizada da acção docente, onde pode integrar ferramentas como as TIC para enriquecer o trabalho.

Palavras chave: Didática das ciências, Unidade didáctica, Metodologia de design, Conceitos básicos sobre nanotecnologia.

Introducción

Los avances tecnológicos y sociales exigen nuevos retos para la enseñanza de las ciencias, dejando en evidencia la necesidad de innovar en el aula, situación que requiere de la actualización del conocimiento disciplinar del docente, la modificación de un conjunto de propiedades sobre el currículo, planeaciones de clase y herramientas digitales que complementan el proceso formativo, para generar una educación de calidad desde las necesidades sociales y el desarrollo de competencias para solucionar problemáticas en contextos cercanos.

Conviene mencionar el papel de la motivación en la mejora del desempeño de las habilidades personales y en la autorregulación del aprendizaje de los estudiantes, en este sentido cobra relevancia la autoevaluación, coevaluación y procesos que permitan al estudiante un rol activo de su proceso y consciente en la toma de decisiones como futuro ciudadano, en relación con los avances científicos que inciden en su vida (Usán Supervía. & Salavera Bordás, 2018).

Por tanto, es clara la necesidad de implementar en los diseños didácticos aspectos como la motivación hacia la ciencia, la implementación de experiencias de aula interesantes para la reflexión mediante procesos de autorregulación, además de brindar las herramientas suficientes para que el estudiante sea capaz de hablar y escribir para aprender química (Jorba Jaume, 2000).

?

Por otra parte, desde la didáctica de las ciencias la transposición didáctica es otro de los factores que hacen parte de la transformación metodológica del contenido a enseñar, esto nos lleva nuevamente a la reforma en las estructuras de intervenciones en el aula, mediante prácticas constantes de diseño, evaluación y reconstrucción de las estrategias didácticas que se diseñan, según la población en la que sea aplicada; lo cual requiere de la continua reflexión por parte del docente a cerca de su práctica.

?

En este orden de ideas, la actualización del currículo en ciencias mediante la integración de nuevos conceptos como la nanotecnología, dan nuevas oportunidades tanto al docente como a los estudiantes de cumplir un rol consciente de su entorno, acercarse a las ciencias de forma multidisciplinar, autoevaluarse en el desarrollo de habilidades y competencias en ciencias a través de escenarios de aprendizaje bien estructurados, en donde se fomenta el trabajo colaborativo, la preparación de argumentos de debate, la creatividad, la experimentación y la mirada socio-epistemológica detrás de la innovación científica; humanizando las ciencias al presentarle a los estudiantes las personas y situaciones que han contribuido a la ciencia en el pasado y una comunidad que sigue trabajando en el presente y trabajará en el futuro en aras del desarrollo (Mccomas, 2011).

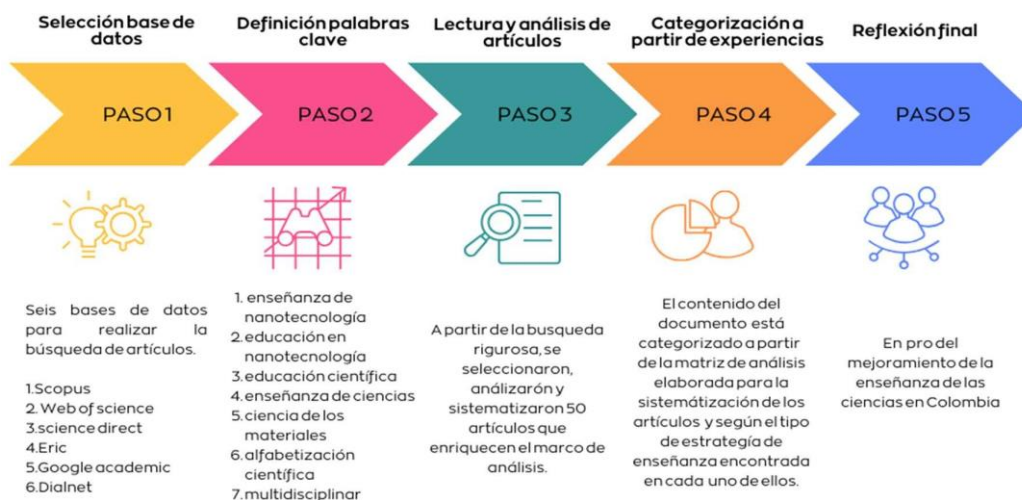
Evidenciada esta necesidad se propone el diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de fundamentos sobre nanotecnología a estudiantes de grado décimo, para lo cual se consideraron las siguientes acciones de planeación:

- Seleccionar actividades que permitan abordar y comprender conceptos fundamentales de la nanotecnología.
- Proponer un hilo conductor favorable para el desarrollo de competencias científicas y habilidades cognitivo-lingüísticas en secundaria.
- Integrar fundamentos teóricos en química que se pueden abordar en secundaria relacionados con la nanotecnología.

Metodología

A partir de una revisión bibliográfica (ver Figura 1) en la cual fueron seleccionados 50 documentos acerca de la metodología y estrategias de enseñanza utilizadas con éxito en experiencias didácticas de nanotecnología, se revisan las publicaciones de diversos documentos y artículos de investigación, que durante los últimos años han tenido gran impacto y acogida como herramienta didáctica multidisciplinar; se decide utilizar la metodología descrita en el marco teórico de Gómez; Navas; et al., (2014).

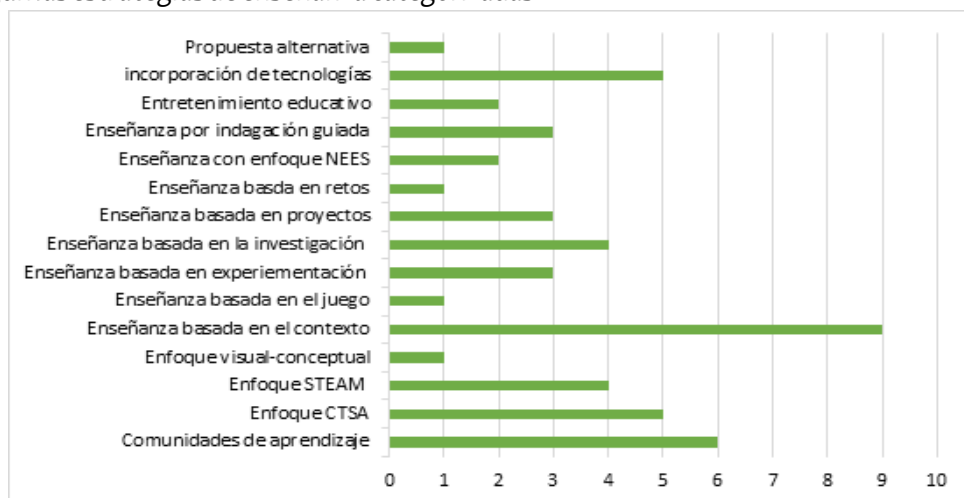
Figura 1
 Metodología revisión bibliométrica



Elaboración propia

Se observó que el público objetivo al cual son aplicadas las secuencias de enseñanza y aprendizaje de nanotecnología, contempla los diferentes niveles educativos con una marcada tendencia en nivel secundaria, con un total de 25 documentos, en donde también se encuentran propuestas con un enfoque poco convencional aplicado en locaciones diferentes al aula de clase, capaces de adaptarse a un público etario diverso y las cuales hemos denominado como "todo público", en la figura 2 se muestran las quince estrategias de enseñanza sobre nanotecnología encontradas.

Figura 2
 Publicaciones según las estrategias de enseñanza categorizadas

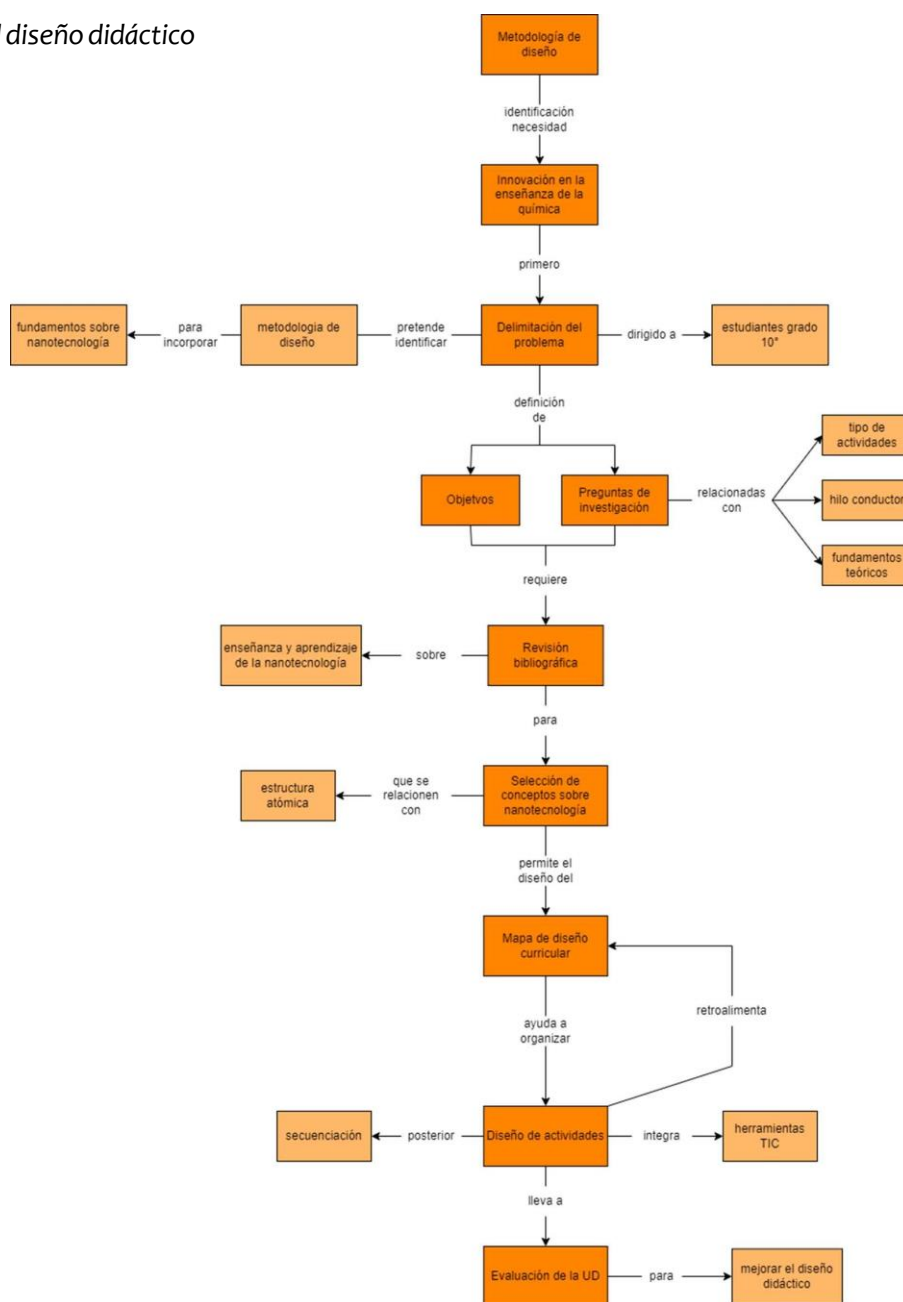


Elaboración propia

La apreciación de la nanotecnología como medio integrador de saberes científicos, didácticos, ciudadanos, y transversales abren las puertas a una visión contextualizada, consiente e innovadora, capaz de causar un impacto positivo en el desarrollo de competencias científicas, cognitivo-lingüísticas, procedimentales y actitudinales de los estudiantes, pero como se observó en las experiencias seleccionadas, requiere de una actualización por parte del docente debido a los desafíos de orden teórico, práctico o propios del grupo de estudiantes al que es dirigido.

En cuanto al diseño de la unidad didáctica (ver Figura 3) se acogen los planteamientos que proporciona García & Abella, (2018) quienes describen el diseño de actividades de aprendizajes que en su conjunto conforman la estructura de la unidad didáctica, lo que implica un proceso complejo que no puede ser lineal sino más bien flexible ya que relaciona muchas variables. García-Martínez & Pinilla, (2007)

Figura 3
 Metodología del diseño didáctico



Elaboración propia

En ese sentido, se diseñan seis actividades en las cuales se articularon aspectos transversales sobre nanotecnología, en concordancia con las competencias e ideas clave que se quieren alcanzar en cada nivel según el mapa de diseño curricular.

En las Tablas 1 y 2 se evidencia brevemente el tipo de actividad diseñada y su relación con las habilidades cognitivo-lingüísticas correspondientes, de igual modo que las ideas clave y competencias que se quieren alcanzar con el desarrollo de cada una de las actividades. Así mismo resulta importante mostrar a los profesores maneras de articular esta temática con los estándares básicos de competencias y con las acciones de pensamiento allí propuestas, lo cual permite dilucidar la necesidad, importancia y pertinencia de abordar estas temáticas en este ciclo académico (ver Tabla 3). MEN (2016)

De acuerdo al modelo propuesto por García-Martínez et al., (2018), la secuenciación de actividades fundamentadas en el mapa de diseño curricular, se encuentran caracterizadas como actividades de exploración, introducción de conceptos, síntesis y aplicación-transferencia; cada una de ellas con sus respectivas rubricas de evaluación e instrumentos didácticos para su adecuada aplicación.

Tabla 1

Idea clave y meta de comprensión que se quiere desarrollar en cada una de las seis actividades

Nivel	Tiempo	Idea Clave	Competencia
0	1 Horas	Las propiedades de la materia se clasifican en intrínsecas y extrínsecas.	Identifica que los átomos constituyen la materia y que esta posee propiedades intrínsecas y extrínsecas.
1	3 Horas	Las escalas de medida facilitan el entendimiento de los objetos y seres que nos rodean desde longitud macrométrica hasta la nanométrica.	Relaciona el sistema métrico con las diferentes escalas de los objetos y seres que puede ver a su alrededor, así como los que no son visibles a simple vista.
2	3 Horas	Los conceptos básicos sobre nanotecnología se relacionan con el tamaño del objeto y estos pueden ser explicados por la física cuántica.	Comprende que la materia a escala nanométrica presenta cambios en sus propiedades intrínsecas debido a los efectos del tamaño.
3	3 Horas	La relación superficie-volumen es la causa del cambio en las propiedades intrínsecas de la materia a nanoescala.	Reporta conclusiones, observaciones y reflexiones de experiencias de laboratorio usando cálculos, gráficos y textos explicativos.
4	3 Horas	La acción científica comienza con ensayos, aciertos y errores que en ocasiones resulta en descubrimientos realizados por azar.	Representa de forma creativa eventos históricos relacionados con los descubrimientos de algunas aplicaciones nanotecnológicas.
5	3 Horas	Las investigaciones y avances científicos están permeados por los componentes social, político, ético, cultural y económico.	Prepara argumentos que defienden una postura frente a las aplicaciones de la nanotecnología, mediante la exposición de ideas, razones y fundamentos consultados.
6	3 Horas	La manipulación de los átomos permite obtener propiedades únicas que pueden ser aplicadas mediante la nanotecnología y obtener múltiples usos en la industria.	Establece relaciones entre los conceptos básicos sobre nanotecnología para ser utilizados en la solución de problemas.

Tabla 2

Tipo de actividad orientadora para el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas

Tipo de actividad	Título	Qué se pretende con la actividad	HCL
Exploración	Un gran viaje diminuto	Con la actividad inicial se pretende indagar sobre las ideas previas que poseen los estudiantes sobre la materia y sus propiedades, así como un repaso sobre las unidades del sistema métrico utilizadas en química; con el fin de relacionar lo que ya saben con nuevas percepciones antes no contempladas como las comparaciones entre el mundo macro al mundo micro y finalmente el mundo nano.	Describir y resumir
Introducción de conceptos	El tamaño sí importa	Se busca que el estudiante este en constante interacción durante la clase de naturaleza teórica, mediante preguntas orientadoras para abordar el efecto del tamaño en las propiedades de la materia y como esta puede ser explicada desde la mecánica cuántica.	Explicar
Síntesis	Al borde del mundo	El objetivo de la actividad es que el estudiante afiance el conocimiento que hasta el momento se ha abordado, mediante una experiencia práctica con herramientas sencillas pero lógicas, para abordar con mayor claridad la relevancia de la relación superficie-volumen en nanopartículas y como este factor incide en el cambio de propiedades que son aplicadas mediante la nanotecnología. Adicionalmente se busca acercar a los estudiantes a la acción científica desde otros puntos de vista como el arte e interpretaciones de la misma mediante la observación, creación de gráficos, cálculos sencillos y escritura de las reflexiones que surgen alrededor de la actividad.	Justificar
Aplicación	¿En que se parece un artesano y un científico?	Realizar un breve recorrido por una serie de materiales, desarrollados por la humanidad en diferentes momentos históricos, que presentan sorprendentes propiedades gracias a la presencia de algún tipo de nanomaterial en su composición. Acercar los estudiantes a la ciencia mostrando situaciones reales como la síntesis de nanomateriales por azar, a base de ensayos con aciertos y errores, obteniendo propiedades difíciles de comprender para los artesanos que los fabricaron. Esta actividad permite comparar las diferentes formas de trabajo de artesanos y científicos.	Definir y explicar
Síntesis	Foro anual de innovación y sociedad	Propiciar un espacio y situación donde los estudiantes expongan sus opiniones, objeciones o puntos de vista desde diferentes perspectivas con el fin de profundizar en las implicaciones que tienen los avances nanotecnológicos en nuestro entorno, incorporando la perspectiva social en el conocimiento sobre nanotecnología.	Argumentar

Aplicación	Scape game- misión Mario	<p>Al ser una actividad de aplicación y cierre de la unidad didáctica se busca que los estudiantes puedan plasmar lo aprendido hasta el momento y llevarlo a diferentes contextos relacionados con las aplicaciones de la nanociencia; es por tal razón que se integran todos los conceptos abordados en clase mediante una serie de retos que deben cumplir para avanzar dentro un scape-game.</p> <p>Mediante esta herramienta el profesor podrá evaluar el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la discusión de problemáticas sociales y éticas detrás de la ciencia, la creatividad y creación de propuestas que a su vez deben ser compartidas con el resto de la clase; todo lo anterior mediante una TIC familiar y motivante para los estudiantes como lo son los video juegos.</p>	Explicar, Justificar y argumentar
------------	-----------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Tabla 3

Conceptos fundamentales sobre nanotecnología en relación con los estándares básicos en competencias.

CONCEPTOS SOBRE NANOTECNOLOGÍA INTEGRADOS AL CURRÍCULO DE CIENCIAS

Idea clave	Temas	EBC
<p>Las propiedades de la materia se clasifican en intrínsecas y extrínsecas.</p> <p>Las escalas de medida facilitan el entendimiento de los objetos y seres que nos rodean desde longitud macrométrica hasta la nanométrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Propiedades intrínsecas y extrínsecas de la materia. •Sistema métrico, escalas de longitud de lo macro a lo nano. 	<ul style="list-style-type: none"> •Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos.
<p>Los conceptos básicos sobre nanotecnología se relacionan con el tamaño del objeto y estos pueden ser explicados por la física cuántica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Cambios en las propiedades intrínsecas de la materia debido a los efectos del tamaño •Efectos del tamaño. •Conceptos básicos de ondas y su relación con el color (ondas electromagnéticas) 	<ul style="list-style-type: none"> •Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías. •Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos. •Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones.
<p>La relación superficie-volumen es la causa del cambio en las propiedades intrínsecas de la materia a nanoescala.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Concepto superficie-volumen en nanopartículas 	<ul style="list-style-type: none"> •Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas. Registro mis observaciones y resultados

		utilizando esquemas, gráficos y tablas. • Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados.
La acción científica comienza con ensayos, aciertos y errores que en ocasiones resulta en descubrimientos realizados por azar.	• Descubrimientos sobre nanomateriales	• Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.
Las investigaciones y avances científicos están permeados por los componentes social, político, ético, cultural y económico.	• Implicaciones sociales, políticas, ambientales y culturales de la nanotecnología	• Busco información en diferentes fuentes, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente. • Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos. • Me informo para participar en debates sobre temas de interés general en ciencias • Me informo sobre avances tecnológicos para discutir y asumir posturas fundamentadas sobre sus implicaciones éticas.
La manipulación de los átomos permite obtener propiedades únicas que pueden ser aplicadas mediante la nanotecnología y obtener múltiples usos en la industria.	• Aplicaciones de la nanotecnología.	• Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo.

Resultados

Se elaboró una unidad didáctica titulada "Un nanomundo por conocer", en la cual se tuvieron en cuenta aspectos didácticos, históricos, epistemológicos y tecnológicos para el desarrollo de conceptos fundamentales sobre nanotecnología; caracterizada por incorporar experiencias de aula donde convergen el arte, la matemática, la historia, la tecnología y la biología. Adicional la planeación de la estrategia didáctica está fundamentada para el desarrollo del aprendizaje individual y colectivo en donde se contempla una previa contextualización que incluye caracterización de la muestra a la que se dirige, los objetivos de la unidad, así

como las competencias conceptuales, procedimentales, comunicativas y actitudinales asociadas a la misma (García-Martínez, Hernández, et al., 2018).

Como se ha venido mencionando, la selección de contenidos surgió a partir del diseño de mapa de diseño curricular el cual se encuentra resumido en la Tabla 1 y de la elaboración de la primera parte de la unidad didáctica denominada como contexto de la misma; lo anterior permite determinar de forma coherente y secuencial el diseño didáctico, sin embargo, los elementos considerados para diseño expuestos hasta el momento se complementaron y fortalecieron con el desarrollo de habilidades digitales. Estas se interpretan como recursos para la apropiación del uso de diferentes medios tecnológicos que promueven nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, además de que fortalecen la comunicación efectiva y ordenada (OCDE, 2010).

Como parte del diseño didáctico, cada una de las seis actividades propuestas cuentan con instrumentos que permiten al docente que aplica, la recolección de la información mediante diferentes formatos como resúmenes, cuestionarios, textos explicativos y argumentativos, diseño de gráficos, juegos de rol, exposiciones, reportes de laboratorio y solución de problemas en diferentes contextos. A continuación, se presenta una descripción de los instrumentos relacionados a las actividades con su respectivo objetivo.

Actividad 1 "Un gran viaje diminuto"

La actividad inicial se divide en dos momentos, primero se pretende realizar una exploración de ideas previas sobre la materia y sus propiedades extrínsecas e intrínsecas; en un segundo momento y con ayuda de herramientas digitales que facilitan la actividad al ser un recurso visual, se plantea la idea de realizar un viaje sin salir del aula de clase, en donde es el docente quien guía al estudiante por nuevas percepciones antes no contempladas, como las comparaciones entre el mundo macro al mundo micro y finalmente el mundo nano, mediante analogías que le resultan familiares al estudiante, como la idea de tener un traje con la capacidad de aumentar y reducir su longitud para poder llegar medidas nanométricas. Se realizan cuatro viajes, cada uno con ejemplos que facilitan el entendimiento de las escalas, acompañado de ejercicios prácticos con los que el estudiante puede reforzar sus conocimientos sobre conversión de unidades.

El material que los estudiantes entregan al finalizar la actividad corresponde a un reporte en formato bitácora que contiene los ejemplos, ejercicios, reflexiones y dibujos asociados a lo visto en clase; se sugiere el uso de ordenadores gráficos lo cuales permiten organizar y expresar información de forma esquemática a través de la relación de conceptos (Terán & Apolo 2015), en donde se relacionan el saber-saber y saber-hacer, impulsando el aprendizaje significativo y el desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas describir y resumir.

Actividad 2 "El tamaño sí importa"

Con la finalidad de familiarizar a los estudiantes con los "efectos del tamaño" y el nuevo abanico de propiedades que llegan consigo para su aplicación en nuevas tecnologías, se diseña una actividad que integra un cuestionario relacionado con los nuevos conceptos sobre nanotecnología, el cual será utilizado como estrategia didáctica para motivar a los estudiantes a participar en equipo, con el objetivo de ganar todas las piezas de un rompecabezas que revelan una imagen alusiva a las aplicaciones de la nanotecnología en la actualidad; en cuanto a la metodología de aplicación se emplean herramientas TIC que facilitan el proceso de participación y motivación.

Se busca que los estudiantes estén en constante interacción durante la clase de naturaleza teórica, mediante preguntas orientadoras para abordar el efecto del tamaño en las propiedades de la materia y como esta puede ser explicada desde la mecánica cuántica.

Al finalizar la sesión se busca que cada grupo discuta la relación de la imagen que descubrieron, con respecto a los seis efectos del tamaño abordados durante la sesión, para compartir con el resto de la clase las conclusiones a las que llegaron; de igual forma cada grupo debe entregar de manera escrita un texto explicativo en donde se manifiesten las razones discutidas de forma grupal y que explican la imagen con un lenguaje científico acorde al tema trabajado.

Actividad 3 "Al borde del mundo"

La justificación de esta actividad consiste en hacer énfasis sobre la causa por la cual las propiedades de la materia dependen del tamaño, de tal modo que se propone una experiencia de laboratorio que hace énfasis en la relación superficie-volumen de la materia y cómo este factor influye en el cambio de sus propiedades ópticas, magnéticas, mecánicas, eléctricas y reactivas ya vistas en la clase anterior.

La idea clave de esta sesión es que los efectos que podemos conseguir con materiales únicamente entre el rango de 1 a 100 nm, es a causa de la variación de la propiedad de la superficie, es decir, que ya no solo el tamaño es el que me permite conseguir nuevas propiedades, sino que también entran otras variables a tener en cuenta como la forma y porosidad del objeto que se quiera manipular.

Mediante esta actividad el estudiante puede afianzar el conocimiento que hasta el momento se ha abordado, mediante una experiencia práctica con herramientas sencillas pero lógicas, para abordar con mayor claridad la relevancia de la relación superficie-volumen en nanopartículas y como este factor incide en el cambio de propiedades que son aplicadas mediante la nanotecnología.

Adicionalmente se busca acercar a los estudiantes a la acción científica desde otros puntos de vista, como el arte e interpretaciones de la misma mediante la observación, creación de gráficos, cálculos sencillos y escritura de las reflexiones que surgen alrededor de la actividad.

El informe de laboratorio que los estudiantes entregan al finalizar la actividad tiene un formato definido y especificado en los anexos de la unidad didáctica, en el que se evalúa de forma individual, la organización de los gráficos, dibujos y texto con las reflexiones finales que incluyen las cuatro fases del laboratorio abordadas, integrando conocimientos previos y los abordados en esta clase, lo cual permite al estudiante reconocer los modelos conceptuales construidos, a partir de la reflexión y determinación de las conclusiones sobre los nuevos aprendizajes.

Actividad 4 "¿En que se parece un artesano y un científico?"

Mediante esta actividad de aplicación se aborda la naturaleza de las ciencias desde la recreación de acontecimientos históricos, donde son protagonistas los primeros artesanos/científicos que manipularon la materia a nanoescala sin siquiera saberlo y crearon piezas con propiedades increíbles gracias a la presencia de algún tipo de nanomaterial en su composición.

De esta forma, el estudiante tiene la oportunidad de acercarse a la ciencia emulando situaciones reales como la síntesis de nanomateriales por azar, a base de ensayos con aciertos y errores, obteniendo propiedades difíciles de comprender para los artesanos que los fabricaron; en ese orden de ideas esta actividad permite comparar las diferentes formas de trabajo de artesanos y científicos, mostrando el contexto real de la labor científica detrás de las nociones de ciencia ya establecidas.

Adicional, través de herramientas como la exposición, el alumno desarrolla el pensamiento crítico, a través de un conjunto de procesos cognitivos superiores y complejos como: investigar, analizar, sintetizar, resolver problemas y tomar decisiones (Castro, 2017).

Por lo que, para la evaluación de la actividad será tenido en cuenta la creación de una ilustración que reúna las ideas representativas del descubrimiento histórico y su relación con los nanomateriales de los cuales tenemos mayor comprensión en la actualidad; así como la organización de la información e interpretación de la misma para ser expuesta frente al resto de la clase cumpliendo el rol de historiadores para compartir sus descubrimientos con sus compañeros.

Actividad 5 "Foro anual de innovación y sociedad"

En esta quinta actividad se traen a discusión las ventajas y desventajas que han llegado con la implementación de la nanotecnología en nuestra cotidianidad durante la última década; en cuanto a su metodología de aplicación se propone un debate en donde el docente se encarga de asignar a determinado grupo de estudiantes una de las cuatro posturas a defender, entre las cuales se encuentran: los políticos, científicos e ingenieros ambientales, empresarios y especialistas en ciencias sociales. A partir de cada una de las posturas que deben asumir los estudiantes, realizan una consulta previa y preparan una serie de argumentos que podrán exponer desde su punto de vista, ya sea a favor o en contra, con el propósito de llegar los acuerdos más convenientes que den solución a los cuatro puntos de la agenda definidos como:

- Fondos para la investigación científica
- Salud y medio ambiente: Toxicidad de nanopartículas
- Acceso equitativo a la tecnología
- Regulación en venta de productos

La actividad busca propiciar un espacio y situación donde los estudiantes expongan sus opiniones, objeciones o puntos de vista desde diferentes perspectivas con el fin de profundizar en las implicaciones que tienen los avances nanotecnológicos en nuestro entorno, incorporando la perspectiva social en el conocimiento sobre nanotecnología.

De igual forma la actividad toma coherencia en la medida que los estudiantes toman en cuenta el rol que les corresponde para abordar las diferentes problemáticas que convocan el foro y entendiendo la argumentación como el aporte de razones que son utilizadas para defender una opinión o punto de vista, con el fin de refutar o apoyar una idea.

Actividad 6 "Scape room - misión mario"

Al ser una actividad de aplicación y cierre de la unidad didáctica se busca que los estudiantes puedan plasmar lo aprendido hasta el momento y aplicarlo a diferentes contextos relacionados con las aplicaciones de la nanociencia; es por tal razón que se integran todos los conceptos abordados en clase mediante una serie de retos que deben cumplir para avanzar dentro un scape-game.

Mediante esta herramienta el profesor podrá evaluar los avances alcanzados por los estudiantes, así como la puesta en práctica de sus modelos de interpretación construidos, mediante el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la discusión de problemáticas sociales y éticas detrás de la ciencia, la creatividad y creación de propuestas que a su vez deben ser compartidas con el resto de la clase. Este tipo de actividades retadoras para el estudiante que además implican la resolución de problemas, permiten poner a prueba las habilidades de los estudiantes para identificar un problema y generar soluciones, lo que por su parte genera evidencia del desarrollo del pensamiento crítico en la autoevaluación y autorregulación Jessup et al., (2000).

Se evaluará el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la creatividad en propuestas como la creación del héroe o villano, la habilidad comunicativa de sus ideas frente a sus compañeros de clase, la organización y presentación de los apuntes tomados durante toda la actividad como prueba de su participación individual. Para lo anterior los estudiantes deben tener en cuenta las actividades y laboratorio realizados en clase, con el fin de integrar los conceptos vistos sobre nanotecnología y dar solución a cada misión que se propone en el videojuego.

La manera en que se evidencia la autorregulación del proceso de aprendizaje alcanzado hasta este momento, es mediante la propuesta de un diseño original que integra nanomateriales, manipulación de propiedades de la materia a nanoescala tomando como referencia algunas de las aplicaciones de la nanotecnología en la cotidianidad o descubiertas por nuestros ancestros, para explicar su creación mediante un fundamento científico que da origen a los poderes de su héroe o villano desde la nanotecnología.

Toma herramientas como las del foro nacional de nanotecnología y sociedad para reflexionar sobre el uso de nanopartículas de óxido de zinc en cosméticos y escribe una postura con respecto a la misma, tomando como referente los diferentes puntos de vista que pueden converger (políticos, empresas, consumidores, investigadores).

Todo lo anterior mediante una TIC familiar y motivante para los estudiantes como lo son los video juegos ya que como lo menciona Meiner, (2006) generan aprendizaje de manera implícita, mediando contenidos temáticos de diversa índole, dando así una nueva dimensión a las actividades de aula como una herramienta eficaz en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Abella & García, 2014).

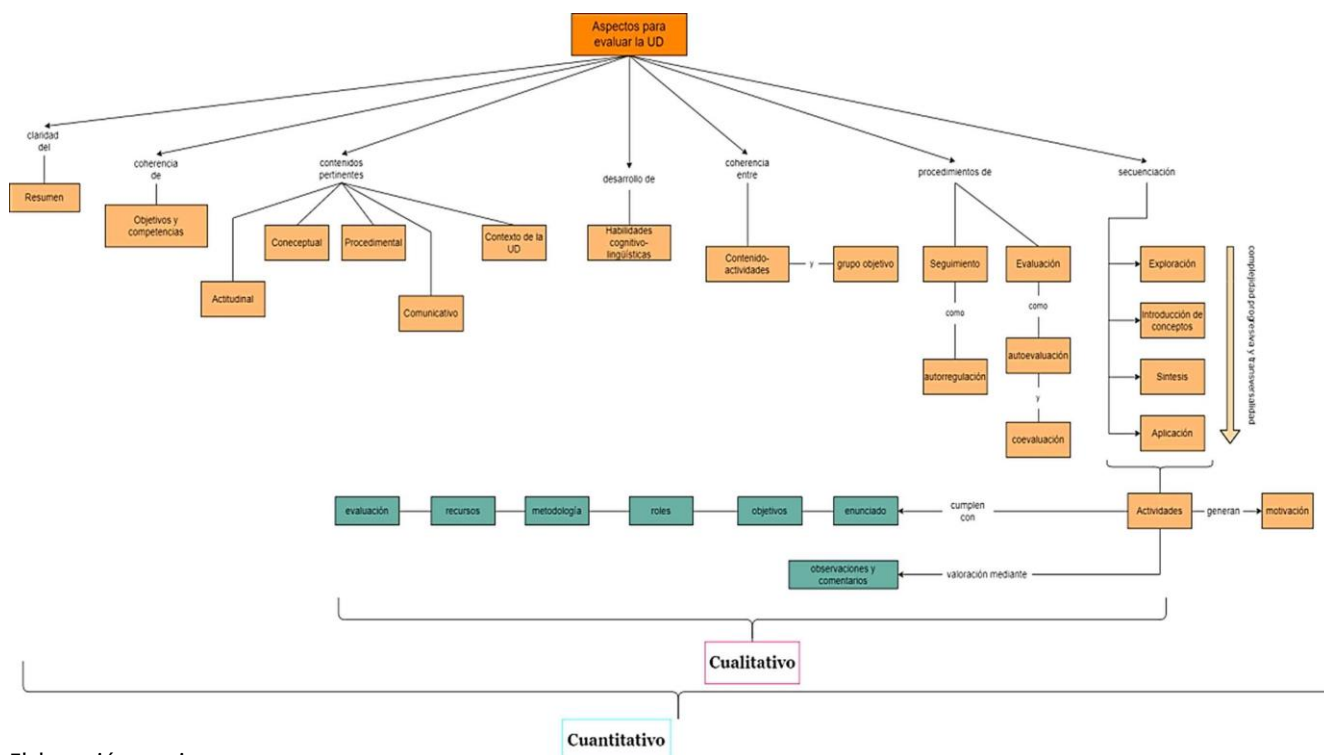
Discusión

Para la evaluación de la unidad didáctica titulada "Un nanomundo por conocer" se tiene en cuenta que enseñar, aprender y evaluar son tres procesos inseparables de la práctica docente; no puede cambiarse uno sin modificar los demás (Flórez, 2001, p.109). Los criterios de evaluación fueron tomados y modificados de García-Martínez, Hernández, et al., (2018) con el fin de tener una apreciación cuantitativa y cualitativa del diseño de la unidad didáctica según el perfil y experiencia de los dos evaluadores.

Son relevantes dos momentos del proceso evaluativo, en el primero se evalúan la estructura general de la propuesta didáctica y su coherencia con respecto a los objetivos planteados, el contexto y su diseño; la segunda parte de la evaluación está centrada en el diseño de cada una de las actividades su secuenciación y relevancia con respecto a los objetivos generales a los que responde la unidad didáctica; en la Figura 4 se ve en detalle algunos de los criterios que hacen parte de la rúbrica de evaluación.

Mediante este ejercicio se pretende mostrar la pertinencia de la metodología de diseño utilizada, que pretende integrar de manera lógica, pertinente y justificada, actividades de aula en la propuesta de una estrategia didáctica para la enseñanza de fundamentos sobre nanotecnología, a estudiantes de secundaria como parte del currículo de química. En la tabla 4 se muestran las valoraciones cuantitativas de los dos evaluadores para cada una de las seis actividades diseñadas.

Figura 4
 Aspectos de la rúbrica de evaluación de la unidad didáctica "Un nanomundo por conocer".



Elaboración propia

Tabla 4
 Valoraciones cuantitativas frente a cada actividad

VALORACIÓN CUANTITATIVA						
Aspecto a evaluar	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6
Enunciado	4-4	5-4	5-4	5-5	5-5	5-5
Objetivos	5-4	5-4	5-3	5-5	5-5	5-5
Roles	5-4	5-3	5-4	5-5	5-5	5-5
Metodología	4-4	4-4	5-4	5-5	5-5	5-5
Recursos	5-4	4-4	5-4	5-5	5-5	5-5
Evaluación	4-4	5-4	4-3	4-5	5-5	4-5
Promedio	4,25	4,2	4,2	4,9	5,0	4,9

La revisión por pares permitió recoger información valiosa para mejorar el diseño de la propuesta didáctica, así como reflexionar sobre aspectos que solo surgen de la aplicación en el aula de clase, es por tal razón que el perfil de los evaluadores es acorde al campo investigativo escogido como metodología de diseño para el presente trabajo; tratándose de licenciados en química con amplia experiencia en el campo educativo y estudios especializados en la enseñanza de las ciencias.

Es por esto, que las planeaciones coherentes de experiencias de aula deben contemplar la relación entre el desarrollo del pensamiento y la enseñanza de la química, acompañado de actividades que permitan orientar todo el proceso y generar un marco con ejes estructurales como los dispuestos en el libro de orientaciones curriculares para el campo de la ciencia y la tecnología (García-Martínez & Pinilla, 2007).

Conclusiones

Es importante el avance conseguido por las investigaciones y propuestas didácticas en Latinoamérica que le apuestan a un diseño centrado en el alumno con una tendencia notoria por estrategias con enfoque CTSA y basadas en el contexto, en su mayoría dirigidas a nivel secundaria, más sin embargo sigue siendo un reto el diseño universal con el que son pensadas las experiencias de aula y más aún sobre la selección adecuada de contenido y el conocimiento del contenido que se debe tener al respecto debido a las dificultades conceptuales que implican la enseñanza y aprendizaje de nanotecnología.

Lo anterior pone en evidencia la necesidad de seguir reflexionando sobre la didáctica de las ciencias, en nuevos escenarios con una amplia proyección que integra todo tipo de herramientas cada vez más útiles, creativas y actualizadas según el contexto y necesidades antes no consideradas.

La planeación, diseño y evaluación de la estrategia didáctica como parte de la práctica docente, brindan herramientas y desarrollo de habilidades metodológicas importantes en el ámbito investigativo, reflexivo, de reconstrucción y cualificación del que hacer docente. Todas ellas recogidas en una estructura fundamentada y bien definida como la unidad didáctica en donde convergen toda clase de aspectos de tipo disciplinar, metodológico, pedagógico y didáctico a tener en cuenta, las cuales pueden ser integradas en un primer momento mediante la realización del mapa de diseño curricular.

Por su parte, la selección e integración de conceptos fundamentales sobre nanotecnología tomados de Sakhini, S., & Blonder, R. (2016) (efectos del tamaño, física cuántica, relación superficie-volumen y propiedades intrínsecas de la materia) como eje transversal para la enseñanza de la química a estudiantes de grado decimo; que para este trabajo en específico incorpora temas curriculares sobre estructura atómica, tiene un amplio abanico de oportunidades que pueden ser llevadas al aula de clase como propuesta innovadora y motivante; que promete generar buenos resultados en el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas y actitudes frente a las ciencias, siempre y cuando se acompañe de una estrategia didáctica que responda a competencias e ideas clave acordes a lo que se quiere desarrollar.

Como parte del diseño didáctico, la oportuna secuenciación y caracterización de las actividades permitió tener claridad sobre las competencias que se querían realizar y el tipo de actividades (exploración, introducción de conceptos, síntesis y aplicación) que mejor se acoplan al proceso de enseñanza y aprendizaje; por lo que se resalta la correcta secuenciación de las seis actividades al mantener un hilo conductor acorde a la complejidad de cada actividad, en especial las actividades 4, sobre juego de roles en la exposición de descubrimientos históricos en relación a nanomateriales; la actividad 5, en donde se lleva a cabo el foro anual de innovación y sociedad y la actividad 6, en la que deben aplicar todo lo abordado durante la unidad didáctica para solucionar los retos de una OVA diseñada con temática de videojuego; ya que integran de forma armónica todos los aspectos que deben ser tenidos en cuenta para el diseño de la unidad didáctica.

Con lo anterior enunciado, es posible afirmar que la estrategia didáctica con incorporación de instrumentos TIC puede potenciar la enseñanza-aprendizaje de conceptos fundamentales sobre nanotecnología y el desarrollo paulatino de habilidades cognitivo-lingüísticas generando destrezas para realizar las tareas de procesos cognitivos de alto orden además de facilitar la adquisición de conocimiento, alfabetización científica y utilizarlos posteriormente en otros contextos; permitiendo al estudiante un rol activo en la construcción de nuevos modelos conceptuales y representativos sobre las ciencias, a través del análisis y relación de fenómenos de su vida cotidiana y los avances científicos y tecnológicos.

Referencias bibliográficas

- Abella, L. & García, A. (2014). El Uso De Videojuegos Para La Enseñanza De Las Ciencias, Nuevos Desafíos Al Papel Docente. *Revista EDUCyT*, 84, 19-32. <http://hdl.handle.net/10893/7563>
- Castro, I. (2017). La exposición como estrategia de aprendizaje y evaluación en el aula. In *Editorialrazonypalabra*. <http://editorialrazonypalabra.org/pdf/ryp/expo-estrategia-aprendizaje.pdf>
- Flórez, R. (2001). Evaluación, pedagogía y cognición. Docente del siglo XXI. Bogotá: McGraw-Hill
- García-Martínez, Á., Hernandez Barbosa, R. & Abella-Peña, L. (2018). Diseño del trabajo de aula: un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente. *Revista Científica*, 3(33), 316-331. <https://doi.org/10.14483/23448350.12623>
- García-Martínez, Á. & Pinilla, J. (2007). *Orientaciones curriculares para el campo de Ciencia y Tecnología*.
- Gómez-Luna, Eduardo; Fernando-Navas, D., & Aponte-Mayor, Guillermo; Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81, 158-163. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.04.017>
- Jessup, M., Oviedo, P. & De Castellanos, R. (2000). La resolución de problemas y la educación en ciencias naturales. *Revistas Científicas Pedagogía y Saberes*, 15. <https://doi.org/10.17227/01212494.15pys43.50>
- Mccomas, W. F. (2011). The History of Science And The Future of Science Education. *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom*, 37-53. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-349-5_3
- Meiner, B. (2006). El Videojuego Como Material Educativo. *Revista De Comunicación y Nuevas Tecnologías*, 7, 1-28. <http://www.icono14.net/ojs/index.php/icono14/article/view/397>
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje - Ciencias Naturales*. http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf
- Jorba Jaume, G. I. y P. Á. (2000). Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares. In *Editorial síntesis*.
- OCDE. (2010). *Habilidades_y_competencias_siglo21_OCDE*. Ministerio de Educación, 41, 1-17. <http://www.ite.educacion.es/>
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38(3), 521-538. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1152518>
- Terán, F. & Apolo, G. (2015). El uso de organizadores gráficos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
- Usán Supervía, P. & Salavera Bordás, C. (2018). Motivación escolar, inteligencia emocional y rendimiento académico en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria. *Actualidades En Psicología*, 32(125), 95. <https://doi.org/10.15517/ap.v32i125.32123>