

La investigación dirigida como estrategia para el desarrollo de competencias científicas¹

Directed research as strategy for development of science skills

A investigação conduzida como uma estratégia para o desenvolvimento da pesquisa científica

Fecha de recepción: abril de 2013
Fecha de aprobación: agosto de 2013

Esperanza Vásquez Arenas²
Aurora Becerra Galindo³
Sandra Ximena Ibáñez Córdoba⁴

Resumen

Se presentan los resultados de una investigación realizada con estudiantes de último año de un colegio público en la ciudad de Bogotá, la cual tuvo por objeto desarrollar las competencias científicas propuestas por el marco conceptual de alfabetización científica del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA), a través de la implementación de una estrategia didáctica orientada por el modelo de aprendizaje por investigación dirigida y enfocada al estudio de la contaminación química del agua. La intervención de aula estuvo mediada por el enfoque metodológico de investigación-acción y se centró en la identificación de los niveles de desempeño de los estudiantes en la etapa inicial y final de la intervención y en el seguimiento a los procesos inherentes a cada competencia. Los resultados obtenidos evidenciaron que los modelos basados en investigación permiten replantear las prácticas educativas de enseñanza y aprendizaje de la Química favoreciendo el desarrollo de competencias.

Palabras clave: competencias científicas, investigación dirigida, contaminación química del agua, PISA.

Abstract

Presents the results of a research conducted with senior students of a public school in the Bogota city, which was designed to develop scientific skills proposed by the conceptual framework of scientific literacy of Programme for International Student Assessment (PISA), throughout the implementation of a teaching strategy based on the researching learning model focused on a study about chemical pollution of water. The classroom intervention was guided by the methodological approach of action-research and it was proposed in three fundamental stages, in which performance levels of students were identified in the initial and the final stage of the intervention as well as a monitoring of inherent process in each skill.

Keywords: scientific skills, directed research, chemical pollution if water, PISA.

1 Artículo de investigación.

2 Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá-Colombia. Contacto: esperava0506@yahoo.es

3 Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá-Colombia. Contacto: chemistryab@yahoo.es

4 Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá-Colombia. Contacto: sibanez@pedagogica.edu.co

Resumo

Apresentamos os resultados da pesquisa realizada com alunos do último ano de uma escola pública na cidade de Bogotá, que foi projetado para desenvolver habilidades quadro científico proposto pela alfabetização científica da Avaliação Internacional de Estudantes (PISA) através da implementação de um modelo de aprendizagem orientada estratégia de ensino dirigido e focado pesquisa para o estudo da poluição química da água. A intervenção em sala de aula foi mediado pela abordagem metodológica da pesquisa-ação e focado em identificar os níveis de desempenho dos alunos na fase inicial e final da intervenção e acompanhamento de processos inerentes a cada competição. Os resultados mostraram que os modelos baseados em pesquisa permitem repensar as práticas educativas de ensino e aprendizagem de química, incentivando o desenvolvimento de habilidades.

Palavras-chave: competência científica, diretor de pesquisa, poluição da água, química, PISA.

Introducción

Dentro de las investigaciones que se realizan en la actualidad sobre educación, existe una gran preocupación por encontrar estrategias metodológicas que optimicen los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias. A través de dichos estudios, se pone de manifiesto la tarea que corresponde a las ciencias experimentales como la química, la cual, además de ocuparse de la formación del componente conceptual, debe procurar el desarrollo de procesos que permitan a los estudiantes aproximarse a lo que se denomina el pensamiento científico, el cual implica una actitud hacia las ciencias y una metodología de trabajo particular.

En este escenario, la tarea básica del docente debe enfocarse a utilizar metodologías y estrategias efectivas que acompañen los procesos educativos, e incentiven a los estudiantes para que se involucren en su proceso de aprendizaje como sujetos activos y así ayudarlos a ir más allá de los conocimientos adquiridos, pasar de la simple memorización de contenidos y aplicación mecánica de algoritmos a la asignación de significados y construcción del conocimiento, estableciendo estrategias para que reflexionen sobre sus formas de aprender (Cañal, 1999).

De acuerdo con lo anterior, es importante reconocer la relevancia que tiene para la enseñanza de las

ciencias plantear temas cotidianos, los cuales pueden abordarse por medio de estrategias didácticas basadas en la implementación de actividades que, enfocadas desde los modelos de aprendizaje por investigación y orientados por el docente, permitan fomentar procesos que favorezcan el aprendizaje activo basado en competencias, con el fin de promover un enfoque científico de la enseñanza; ya que su planteamiento y ejecución requiere una reflexión teórica y metodológica en cada uno de sus pasos, haciendo un reconocimiento de problemáticas significativas, buscando la fundamentación e inmersión teórica de diferentes fenómenos, y organizando las tareas por desarrollar a partir de los objetivos propuestos y los recursos disponibles.

Desde esta perspectiva, la presente investigación buscó fortalecer las competencias científicas de tipo escolar en estudiantes de grado undécimo de educación media, tomando como referente el enfoque de competencias del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) como proyecto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); con el fin de identificar y fortalecer los niveles de desempeño que ponen de manifiesto, para analizar y resolver situaciones problemáticas que implican el uso del conocimiento científico, las actitudes y las capacidades para identificar cuestiones científicas, explicar científicamente fenómenos y usar evidencias científicas; a través del estudio de temas cotidianos y de la pertinencia actual

que interesen a los estudiantes y los involucren en la búsqueda de soluciones, como es el caso de la contaminación química del agua, por cuanto es relevante estudiar el fenómeno desde un enfoque que permita incentivar la investigación en la escuela.

La enseñanza de las ciencias y el desarrollo de competencias científicas

La enseñanza de las ciencias, en el escenario escolar, depende en buena medida de las concepciones desde donde se reflexione el objeto de estudio, las herramientas pedagógicas que posibilitan su aprendizaje y la concepción que se tiene sobre la relación entre estudiante y objeto de conocimiento. Al respecto, Niedo y Macedo (1997) como también el Ministerio de Educación Nacional (2006), no dudan en afirmar que la educación científica ha entrado paulatinamente en un camino en donde se percibe como necesaria, y que los contenidos curriculares no ocupan el principal énfasis sino la manera en que estos conocimientos son puestos en conflicto con los saberes previos y los intereses de los estudiantes. De igual manera, desde una visión contemporánea de las ciencias y de su formación, existe la férrea convicción de que es necesario desarrollar las competencias en los estudiantes a partir de la conjugación de: conceptos científicos, metodologías y maneras de proceder científicamente con compromiso social y personal (MEN, 2006).

Teniendo en cuenta los planteamientos de PISA (2009), en relación con las competencias que buscan identificar la existencia de ciertas capacidades, habilidades y aptitudes que, en conjunto, permiten a los estudiantes resolver problemas y situaciones de la vida cotidiana, se tomó su marco conceptual de alfabetización científica como marco referencial de la investigación, considerando que las competencias científicas resultan cruciales en la preparación para la vida de los jóvenes en la sociedad contemporánea, ya que mediante ellas pueden participar plenamente en una sociedad en la que las ciencias desempeñan un papel fundamental, además los facultan a entender el mundo que les rodea para poder intervenir con criterio sobre el mismo. Es por ello que se hace relevante poner en práctica estrategias en el aula que permitan desarrollar en los estudiantes dichas competencias, con el fin de

lograr que ellos generen una mayor comprensión de su entorno, a través de la identificación de cuestiones investigables desde la ciencia; la explicación científica de fenómenos y el uso de evidencias para tomar decisiones relevantes en relación con el medio del cual hacen parte (PISA, 2009).

Aportes del modelo de investigación dirigida

El modelo didáctico de investigación dirigida, según Gil (1991), tiene como propósito que el estudiante construya sus propios conocimientos, a partir del tratamiento de problemas que surgen del contexto cotidiano, lo cual le posibilita además, el desarrollo de capacidades cognitivas, procedimentales y actitudinales, enmarcadas dentro de la investigación en el aula. La investigación dirigida en este planteamiento se concibe como un proceso de construcción del conocimiento escolar, que requiere de la participación activa del estudiante quien, a partir de sus ideas alternativas, problemas relevantes, razonamientos críticos y explicación de fenómenos, enfrenta un proceso de evolución conceptual orientado por el docente, posibilitando la construcción y reconstrucción de nuevos saberes desde la interacción de los conocimientos cotidianos con el conocimiento científico en el contexto de la escuela (García y García, 2000).

Este modelo busca que el docente oriente a los estudiantes a generar ideas a través del permanente cuestionamiento, análisis, razonamiento y reflexión en torno del objeto de estudio; facilita la participación activa del estudiante en la construcción del nuevo conocimiento, les ayuda a resolver problemas, a desarrollar un pensamiento crítico y habilidades para manejar los procesos de producción del conocimiento escolar, y de esta manera construir una práctica pedagógica efectiva (Gil, 1993).

En este sentido, esta propuesta investigativa aporta una alternativa para orientar la enseñanza de las ciencias a partir de la ejecución de actividades de resolución de problemas, propiciando que los estudiantes pongan en práctica su saber y su saber hacer, consecuentemente con el conocimiento científico escolar. En un sentido más amplio, lo que se pretende es lograr que los estudiantes

sean capaces de aplicar en diferentes contextos o situaciones lo que están aprendiendo, es decir, que puedan poner de manifiesto diferentes estrategias para comprender y resolver una situación problema, apoyados en el conocimiento que han construido a través del desarrollo de sus propias competencias.

Metodología

El trabajo investigativo se desarrolló desde la metodología cualitativa, abordando el enfoque de investigación-acción desde la perspectiva de Carr y Kemmis (1988) a partir de la cual se reconoció, durante el proceso, una espiral autorreflexiva, en la que la planeación, actuación, observación, reflexión, y replanificación fueron la base para la adaptación de las actividades diseñadas y ejecutadas a lo largo de la intervención en el aula.

De acuerdo con lo anterior, se tomó como referente a Salcedo y García (1995) para el diseño y ejecución de las actividades que constituyeron la estrategia

didáctica, las cuales se dividieron en etapas de: diagnóstico, transición, ejecución y evaluación; con el fin de identificar los niveles en los que se encontraban los estudiantes antes y al final de la intervención, además de hacer un seguimiento a los procesos de las competencias, teniendo en cuenta que el problema que orientó la investigación se centró en conocer los niveles de desempeño de las competencias científicas que podían alcanzar 46 estudiantes de grado once de la Institución Educativa Distrital Nuevo San Andrés de los Altos, ubicada en la localidad quinta de Usme, en Bogotá, cuyas edades oscilan entre 15 y 17 años, a través de la implementación de una estrategia didáctica enfocada al estudio de la contaminación química del agua y orientada por el modelo de investigación dirigida. La fase de intervención con los estudiantes se realizó en el primer semestre del año escolar 2013.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de las competencias y sus desempeños por niveles a partir de los cuales se establecieron los criterios de evaluación y seguimiento.

NIVELES DE DESEMPEÑO	IDENTIFICAR TEMAS CIENTÍFICOS	EXPLICAR CIENTÍFICAMENTE FENÓMENOS	USAR EVIDENCIAS CIENTÍFICAS
NIVEL VI	Los estudiantes identifican, explican y aplican, de manera consistente, el conocimiento científico y el <i>conocimiento sobre la ciencia</i> en una variedad de circunstancias complejas de la vida.	Los estudiantes en este nivel utilizan el conocimiento científico y desarrollan argumentos a favor de recomendaciones y decisiones para resolver situaciones personales, sociales o global	Los estudiantes demuestran habilidad para comparar y diferenciar explicaciones opuestas al revisar la evidencia de sustento. Son capaces de formular argumentos por medio de la síntesis de evidencias provenientes de diversas fuentes.
NIVEL V	Los estudiantes identifican los componentes científicos de muchas situaciones complejas de la vida y aplican tanto los conceptos científicos como el conocimiento acerca de la ciencia a dichas situaciones.	Los estudiantes pueden comparar, seleccionar y evaluar la evidencia científica adecuada para responder a circunstancias específicas de la vida. Pueden dar explicaciones basados en evidencias y argumentos que surgen del análisis crítico.	Los estudiantes en este nivel pueden utilizar capacidades de investigación bien desarrolladas, vincular el conocimiento adecuadamente y aportar percepciones críticas. Construyen explicaciones basadas en la evidencia y argumentos basados en su análisis crítico.
NIVEL IV	Los estudiantes trabajan con eficacia en situaciones y problemas que pueden involucrar fenómenos explícitos requeridos para hacer deducciones sobre el papel de la ciencia o tecnología.	Los estudiantes seleccionan e integran explicaciones de diferentes disciplinas de ciencia o tecnología y vinculan estas explicaciones directamente con los aspectos de la vida cotidiana	Los estudiantes en este nivel reflexionan sobre sus acciones y comunican sus decisiones utilizando el conocimiento y la evidencia científica.
NIVEL III	Los estudiantes identifican claramente los problemas científicos descritos en diversos contextos.	Los estudiantes pueden seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos sencillos o estrategias de investigación.	Los estudiantes son capaces de seleccionar elementos relevantes de información para dar respuesta a una pregunta o para sustentar en favor o en contra de una conclusión dada.

NIVEL II	Los estudiantes tienen un conocimiento científico adecuado para ofrecer explicaciones posibles en contextos que conocen o sacar conclusiones basadas en investigaciones sencillas	Los estudiantes pueden recordar hechos científicos apropiados, tangibles y aplicables a un contexto simple; y los puede usar para explicar un resultado.	Los estudiantes pueden hacer interpretación literal de los resultados de una investigación científica o de la solución a un problema.
NIVEL I	Los estudiantes tienen un conocimiento tan limitado que solo pueden identificar algunas situaciones que le son conocidas.	Los estudiantes dan explicaciones obvias desde su conocimiento cotidiano.	Los estudiantes identifican la evidencia explícita en una situación problema.

Tabla 1 Niveles de desempeño de las competencias científicas

Fuente: elaboración a partir de Pisa (2006) *Science Competencies for Tomorrow's World*

Estrategia didáctica

La intervención en el aula se desarrolló en tres momentos específicos, que correspondieron a la identificación de los niveles iniciales de desempeño que poseían los estudiantes en relación con las competencias objeto de estudio —etapa diagnóstica—; la planeación y ejecución de actividades con el fin de desarrollar los procesos inherentes a cada competencia, además de incrementar los niveles de desempeño iniciales —etapas de transición y ejecución—; y la evaluación final para determinar los niveles de desempeño alcanzados por los estudiantes —etapa de evaluación—. A continuación se describe cada una de ellas.

- Etapa diagnóstica: se aplicaron tres instrumentos que permitieron identificar los niveles de desempeño iniciales que poseían los estudiantes en relación con las competencias científicas objeto de estudio. Las pruebas se diseñaron tomando como referente el estilo de las pruebas elaboradas por PISA, las cuales están orientadas por la descripción de situaciones particulares relacionadas con la contaminación química del agua con preguntas diseñadas para cada nivel de desempeño y cuyas respuestas fueron de selección múltiple con su respectiva justificación.
- Etapa de transición: se plantearon actividades relacionadas con el componente conceptual de la contaminación química del agua y el trabajo relacionado con la investigación científica, con el fin de aproximar a

los estudiantes a los procesos de aprendizaje basados en la investigación.

- Etapa de desarrollo: se plantearon actividades a través de las cuales se orientó a los estudiantes para que identificaran y abordaran los diferentes procesos de las competencias científicas relacionándolos con la contaminación química de las fuentes hídricas de la localidad de Usme, con el propósito de hacer un seguimiento a cada una de ellas a través de la formulación de proyectos de investigación desde el contexto escolar. Las actividades de esta etapa se enfocaron en pruebas de laboratorio y análisis fisicoquímicos realizados al agua de una quebrada del sector.
- Etapa de evaluación: se diseñaron tres instrumentos que permitieron identificar los niveles de desempeño alcanzados por los estudiantes en relación con las competencias científicas objeto de estudio al finalizar la intervención con la estrategia didáctica. Las pruebas se diseñaron similares a las de la etapa diagnóstica, tomando como referente situaciones particulares relacionadas con la contaminación química del agua, con seis preguntas creadas para cada nivel de desempeño y cuyas respuestas fueron de selección múltiple con justificación.

Resultados

Etapa diagnóstica

Los resultados de la prueba diagnóstica respecto de la primera competencia —identificación de

cuestiones científicas—, evidenciaron que un alto porcentaje de estudiantes (80.43%) se encontraban entre los niveles de desempeño 1 y 2, lo que sugirió que eran capaces de identificar algunas situaciones conocidas y algunos de ellos podían deducir conclusiones y explicaciones basados en investigaciones sencillas según PISA (2009). Los datos obtenidos concuerdan con los resultados de las pruebas PISA aplicadas en Colombia en el año 2006 cuyo énfasis fue el área de Ciencias, concluyendo que los estudiantes logran mejores puntajes en la competencia de identificación de cuestiones científicas, sin embargo, no identifican claramente los procesos allí involucrados, ya que las respuestas planteadas en el marco de la situación problema se sustentaron a partir del conocimiento cotidiano y de abstracciones literales del texto, retomando palabras o frases del mismo pero no refiriéndose al conocimiento científico y a los procesos de la ciencia.

Para la segunda competencia —explicación científica de fenómenos—, se encontró que el 89,12% de los estudiantes eran capaces de dar explicaciones haciendo uso de su conocimiento científico cotidiano, recordando situaciones o hechos que eran semejantes al contexto presentado en la situación problema de la prueba. De acuerdo con lo anterior, se evidenció en las respuestas de los estudiantes y sus justificaciones, que prevalecía un conocimiento cotidiano idiosincrático derivado de sus teorías personales o sistemas de significados experienciales (Porlan, 1990), ya que sus deducciones se hicieron a partir de interpretaciones obvias y no involucraron los conocimientos construidos en relación con la problemática de estudio, que estaba enfocada a una cuestión tecno científica fundamentada en los cambios de estado del agua y su utilidad.

Para la tercera competencia, de uso de evidencias científicas, los resultados fueron bastante desfavorables para la mayoría de los estudiantes ya que el 69,56% se ubicaron en un nivel 0, pues no evidenciaron conocimientos de tipo procedimental relacionados con el quehacer científico, por lo tanto, mostraron dificultad para interpretar información derivada de resultados experimentales y no

tuvieron en cuenta el uso de las variables para relacionar de manera lógica la información. Los resultados obtenidos fueron lógicos, teniendo en cuenta que estos estudiantes dentro de su formación no habían tenido la posibilidad de realizar ningún trabajo experimental; por lo tanto, no están familiarizados con el manejo de datos provenientes de evidencias científicas.

Etapas de transición y desarrollo

Los resultados de las etapas de transición y desarrollo se formalizaron con un seguimiento a la implementación de actividades concretas que permitieron develar, a través de consultas y trabajos escritos sintetizados en matrices y encaminados a la formulación de proyectos de investigación, cuáles eran los logros que obtenían los estudiantes en relación a los procesos inherentes a cada competencia y los problemas de contaminación, los cuales se relacionan en las siguientes tablas.

IDENTIFICACIÓN DE CUESTIONES CIENTÍFICAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formulación de problemas susceptibles de investigación. 2. Identificación de palabras o temas claves para buscar información. 3. Formulación de hipótesis. 4. Reconocimiento de variables.
USO DE EVIDENCIAS CIENTÍFICAS	<ol style="list-style-type: none"> 5. Formulación e interpretación de pruebas o evidencias científicas. 6. Formulación de conclusiones a partir de las evidencias. 7. Reconocimiento de las implicaciones sociales.
EXPLICACIÓN CIENTÍFICA DE FENÓMENOS	<ol style="list-style-type: none"> 8. Aplicación de los conocimientos propios de la Ciencia. 9. Descripción de fenómenos. 10. Formulación de explicaciones y predicciones apropiadas.

Tabla 2. Clasificación de los procesos inherentes a cada competencia objeto de trabajo investigativo

Fuente: elaboración propia

Fuente de contaminación	Contaminantes
DESECHOS DOMÉSTICOS	Residuos orgánicos, hidrocarburos y lixiviados
DESECHOS DOMÉSTICOS	Detergentes, grasas y aceites
DESECHOS INDUSTRIALES	Ácidos y fenoles
DESECHOS INDUSTRIALES	Sulfuros y cianuros
AGRICULTURA	Abonos y Fungicidas
AGRICULTURA	Insecticidas y Fungicidas
MINERÍA	Arsénico y Plomo
MINERÍA	Cadmio y Mercurio

Tabla 3. Problemas de contaminación trabajados por los estudiantes

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta el seguimiento a los procesos de las competencias, se pudo determinar que para la competencia de identificación de cuestiones científicas siete estudiantes presentaron problemas para aproximarse a la formulación de preguntas problematizadoras; cinco de ellos para identificar palabras o temas claves para buscar información; 17 para formular hipótesis y doce para reconocer las variables que debían tener en cuenta según las situaciones problema que estaban abordando. Según estos resultados, en promedio el 78% de los estudiantes comprendió los procesos relacionados con la competencia de identificación de cuestiones científicas y el restante no evidenció claridad a este respecto, en muchos casos por falta de interés y porque no se comprometieron con el trabajo planteado y, en otros, porque presentan problemas para realizar procesos de análisis de información.

En el caso de la competencia explicación científica de fenómenos, se encontró que aproximadamente la mitad de los estudiantes se acercó a plantear explicaciones acerca de los problemas de contaminación que estaban estudiando, aplicando los conocimientos propios de la ciencia y haciendo una descripción de los fenómenos implícitos en sus problemáticas; sin embargo, estos planteamientos no incluyeron el fundamento teórico que ofrece la química, por ejemplo para describir cuáles eran las reacciones que se llevaban a cabo en los procesos de contaminación y

cómo podría darse solución a este problema desde este ámbito, sino que fueron fundamentadas desde el contexto social y biológico.

Para la competencia de uso de evidencias científicas se logró determinar que aproximadamente el 70% de los estudiantes pudo establecer y relacionar datos experimentales con los problemas de contaminación química del agua, apoyados en consultas y las pruebas realizadas en la quebrada; sin embargo, solo la mitad de ellos se aproximó a determinar las implicaciones sociales que tenía el reconocimiento de dichas pruebas o evidencias, ya que se interesaron por ampliar sus consultas, relacionándolas en la mayoría de los casos con problemas para la salud. De forma contraria, 14 estudiantes no lograron aproximarse a la formulación e interpretación de evidencia científica relacionada con su tema de estudio; 12 estudiantes presentaron dificultades para formular conclusiones a partir de la evidencia obtenida experimentalmente y 23 de ellos no relacionaron dicha evidencia con el contexto de sus problemas; por lo tanto, no lograron hacer un reconocimiento a las implicaciones sociales.

Etapa de evaluación

De acuerdo con los resultados alcanzados, luego de la implementación de la estrategia didáctica propuesta para la competencia de identificación de cuestiones científicas, se observó un gran avance de los estudiantes respecto al reconocimiento de los rasgos fundamentales de una investigación científica, determinados a partir de las habilidades que evidenciaron con la elección de las respuestas y los niveles de argumentación que presentaron, pues estos hicieron alusión a los procesos de las competencias y los conocimientos relacionados con la problemática de la contaminación química del agua, los cuales fueron adquiridos efectivamente a través de la intervención con la estrategia didáctica. Se encontró que aproximadamente el 80% de los estudiantes demostró un avance en el reconocimiento de los procesos relacionados con esta competencia, lo que hizo que se posicionaran en un nivel de desempeño mayor. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante destacar que, a través de la investigación como componente de la ciencia, los estudiantes adquirieron habilidades y procedimientos que los llevaron a

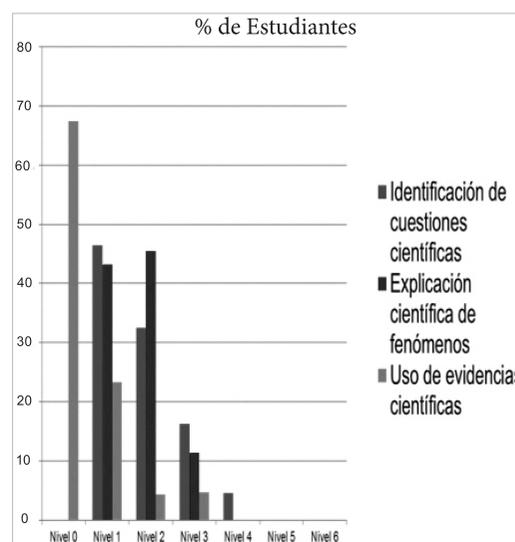
aproximarse de manera significativa a la identificación de hipótesis, variables, planteamientos de problemas y búsqueda de información.

Los resultados de la prueba de evaluación de los desempeños alcanzados por los estudiantes para la segunda competencia evidenciaron que aproximadamente el 65% de ellos se ubicó entre los niveles tres y cuatro, pues acorde a sus respuestas y argumentaciones en la prueba que estaba basada en las técnicas empleadas para la potabilización de agua, evidenciaron capacidades para integrar su conocimientos y dar explicaciones a las situaciones presentadas de manera adecuada, aplicando modelos sencillos basados en estrategias de investigación adquiridos en el proceso de implementación de la estrategia didáctica. Por otra parte, cuatro estudiantes alcanzaron un nivel cinco de desempeño, evidente a través del análisis crítico de las situaciones presentadas en la prueba, donde demostraron ser competentes a la hora de comparar y evaluar evidencias científicas para dar explicaciones de los fenómenos allí descritos (PISA, 2009).

Respecto a la competencia uso de evidencias científicas, se logró determinar un cambio radical en sus desempeños, la gran mayoría —85% aproximadamente— evidenció un progreso notorio ubicándose en los niveles tres, cuatro y cinco; demostrando capacidades para identificar los elementos relevantes de la información suministrada por datos o evidencias, sacando conclusiones a partir de ellos y eligiendo las respuestas más acertadas, sustentadas con argumentaciones en las que utilizaron el conocimiento científico. Adicionalmente ocho de ellos demostraron que habían desarrollado mayores habilidades para realizar aportes críticos fundamentados en evidencias, demostrando las capacidades adquiridas con la implementación de la estrategia. Para esta competencia, se observó un progreso muy significativo, teniendo en cuenta que los estudiantes pudieron resolver con gran eficacia las situaciones planteadas, actuando de manera idónea ante una tarea concreta, y apropiándose del conocimiento que habían construido a lo largo del trabajo mediado por la estrategia. El resultado del avance evidenciado por los estudiantes es producto de las habilidades adquiridas a lo largo del proceso de intervención con la estrategia didáctica, las actividades planteadas permitieron

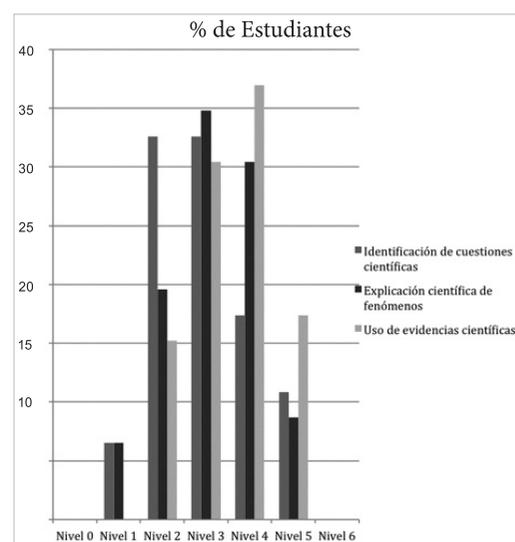
que ellos se familiarizaran con la identificación y utilización de datos provenientes de pruebas y evidencias relacionadas con la problemática de la contaminación química del agua.

Las siguientes gráficas muestran un comparativo de los resultados obtenidos por los estudiantes con las pruebas de entrada y finales para cada competencia.



Gráfica 1. Resultados de las pruebas diagnósticas. Niveles de desempeño

Fuente: elaboración propia



Gráfica 2. Resultados de las pruebas finales. Niveles de desempeño

Fuente: elaboración propia

IDENTIFICACIÓN DE CUESTIONES	EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS	USO DE EVIDENCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	IDENTIFICACIÓN DE CUESTIONES	EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS	USO DE EVIDENCIAS
III	I	II	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	V	IV	V
II	I	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	III	III
II	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	III	II
I	I	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	IV	IV
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	I	II
II	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	III	II
II	II	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	IV	IV
IV	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	III	V
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	III	III
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	II	III
III	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	II	III
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	IV	IV
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	IV	IV
II	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	V	IV
III	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	I	III
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	III	III
III	III	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	V	IV	V
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	III	III
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	IV	IV
III	II	III	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	IV	IV
II	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	II	IV
III	III	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	V	V	V

Gráfica 3. Seguimiento por estudiante durante la intervención con la estrategia didáctica⁵

Fuente: elaboración propia

IDENTIFICACIÓN DE CUESTIONES	EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS	USO DE EVIDENCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	IDENTIFICACIÓN DE CUESTIONES	EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS	USO DE EVIDENCIAS
II	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	IV	IV
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	III	IV
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	II	III
III	II	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	IV	V
II	III	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	III	IV
I	II	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	III	III
II	I	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	III	IV
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	II	III
II	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	I	II	III
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	I	III	IV
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	II	II
I	I	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	II	II
I	I	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	I	III	III
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	I	II
II	I	III	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	IV	IV
I	II	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	IV	V
II	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	V	IV	V
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	IV	II
I	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	IV	III	IV
II	I	0	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	II	III
II	II	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	III	V	IV
IV	III	I	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	V	V	V
I	III	II	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	II	III	III

Gráfica 4. Seguimiento por estudiante durante la intervención con la estrategia didáctica

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

- El diseño e implementación de estrategias didácticas, basadas en el modelo de aprendizaje por investigación dirigida, permite replantear las prácticas educativas de enseñanza y aprendizaje de la química, dejando de lado el modelo tradicional de transmisión y repetición de conceptos, logrando que los estudiantes abandonen el papel pasivo de receptores y se conviertan en actores principales de su proceso

de aprendizaje a través de la formulación de proyectos, los cuales propician el desarrollo de algunos desempeños propios de la actividad científica en el contexto de la escuela.

- El desarrollo de competencias científicas de tipo escolar es un proceso que resulta efectivo bajo la orientación del profesor, quien es el encargado de fomentar el aprendizaje por investigación, propiciando la construcción y reconstrucción de conceptos, también familiarizando a los estudiantes con el que hacer científico, permitiéndoles desarrollar habilidades y generando mejores actitudes hacia la ciencia a través del abordaje de problemas o situaciones contextuales que cobran sentido para los participantes en el proceso educativo.
- La implementación del modelo de aprendizaje por investigación dirigida permite desarrollar actividades que fomentan el trabajo colectivo y el intercambio de ideas entre los estudiantes y el docente, develando las preconcepciones o ideas alternativas que estos tienen y generando los espacios para lograr un aprendizaje significativo a través del desarrollo de procesos inherentes a competencias científicas como las propuestas por PISA.
- Los estudiantes que no han tenido formación basada en procesos investigativos obtienen resultados desfavorables en pruebas en las que deben evidenciar sus conocimientos para trabajar con eficacia en situaciones relacionadas con temas científicos.
- Para potenciar el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes, es necesario reconocer el contexto propio de su cotidianidad, para convertirlo en un escenario de investigación, con el fin de motivar sus intereses y necesidades de manera adecuada. Es así como el estudio de la contaminación química del agua favoreció el trabajo propuesto, los estudiantes demostraron estar interesados, motivados y familiarizados con las temáticas trabajadas gracias a que las actividades e instrumentos diseñados los acercaron continuamente a problemas y situaciones relevantes para ellos.

5 Indica los estudiantes que evidenciaron aproximaciones a cada uno de los diez procesos de las competencias

- Las competencias científicas concebidas desde la perspectiva de PISA se configuraron en el marco de esta investigación como la oportunidad para introducir en el aula pruebas contextualizadas desde la problemática de la contaminación química del agua, a partir de las cuales se comprobó que el modelo de investigación dirigida es efectivo para desarrollar y potenciar en los estudiantes habilidades y procesos científicos de tipo escolar, además de generar en ellos la apropiación del conocimiento de este fenómeno haciéndolo significativo.
- El enfoque metodológico de investigación-acción, abordado en este trabajo, permitió construir una visión más crítica y creativa de la práctica pedagógica de las docentes investigadoras; acorde a sus principios basados en la planeación, acción, observación y reflexión de las actividades diseñadas a lo largo de la intervención con la estrategia didáctica, se buscó que el proceso educativo se adaptara a los intereses y necesidades de los estudiantes favoreciendo su aprendizaje, buscando que este fuera más significativo y procurando además la construcción de conceptos, el desarrollo de actitudes y aptitudes positivas hacia la ciencia.

Referencias bibliográficas

- Cañal, P. (1999). Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la escuela*, (38), 15-36.
- Cañal, P., y Porlán, R. (1988). Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. *Enseñanza de las ciencias*, (1), 54-60.
- Carr, W., y Kemmis, S. (1988). *Teoría Crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- García, J., y García, F. (2000). *Aprender Investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla: Diada.
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación en didáctica. *Enseñanza de las ciencias*, (11), 197-212.
- Gil, D. (1993). Psicología Educativa. Los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias como lugar de encuentro. *Journal for the Study of Education and Development*, (62-63), 171-186.
- MEN. (2006). *Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Educación Nacional.
- Nieda, J. Macedo, B. (1997). Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años. *UNESCO*, (18), 34-46.
- OCDE, PISA (2006). *El programa PISA de la OCDE qué es y para qué sirve*. Santillana.
- OCDE, PISA. (2009). *Marco de la evaluación: Conocimientos y habilidades en ciencias, Matemáticas y Lectura*. Paris: OCDE.
- Porlán, R. (1990). El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la escuela*, (1), 63-70.
- Salcedo, L. y García, J. (1995). Un modelo pedagógico de aprendizaje por investigación. *Actualidad Educativa*, (6), 57-64.