



E

NSEÑANZA EN CIENCIAS: LA INVESTIGACIÓN COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA*

Teaching science: research as a pedagogical strategy

Ximena Salamanca Meneses**

César Augusto Hernández Suárez***

* Este artículo es un producto del Proyecto Enjambre: fortalecimiento de la cultura ciudadana, virtual, digital y democrática en ciencia, tecnología e innovación, a través de la investigación como estrategia pedagógica apoyada en las TIC en instituciones educativas de Norte de Santander (Convenio 0196/13).

** Docente de la Secretaría de Educación Departamental de Norte de Santander adscrita a la Institución Educativa Marcos García Carrillo, Bochalema - Colombia, E-mail: ximesame@gmail.com

*** Universidad Francisco de Paula Santander, Grupo de Investigación en Pedagogía y Prácticas Pedagógicas (GIPEPP), Cúcuta-Colombia, E-mail: cesaraugusto@ufps.edu.co

Fecha de recepción: 11 de marzo del 2018

Fecha de aprobación: 30 de mayo del 2018

Cómo referenciar / How to cite

Salamanca-Meneses, X., & Hernández-Suárez, C. A. (2018). Enseñanza en ciencias: la investigación como estrategia pedagógica. *trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 10(19), 133-148.

Resumen: este artículo se contextualiza en el conjunto reciente de investigaciones llevadas a cabo en torno al uso de la Investigación como Estrategia Pedagógica (IEP) para la producción de conocimiento, que se insertan en un plano más general en el modelo de educación por competencias y las teorías constructivistas del aprendizaje. El propósito de la investigación ha sido establecer si las competencias científicas de los estudiantes de grado décimo de educación media se incrementan y mejoran tras la aplicación de la IEP en el área de química. Para ello se trabajó con estudiantes de una institución educativa pública rural de un municipio en Norte de Santander, Colombia. El diseño de la investigación es cuasiexperimental y permitió establecer el nivel de competencias científicas ('uso comprensivo del conocimiento científico', 'explicación de fenómenos' e 'indagación') antes y después de la aplicación de la estrategia. Posteriormente, los resultados de ambas mediciones fueron comparados, de lo cual se concluye que la IEP fortalece las tres competencias científicas señaladas por cuanto existen diferencias estadísticamente significativas antes y después de la aplicación de esta estrategia.

Palabras clave: investigación como estrategia pedagógica, competencias de investigación, estrategia de enseñanza, enseñanza de las ciencias.

Abstract: This article is part of a group of recent studies on the use of Research as a Pedagogical Strategy (*Investigación como Estrategia Pedagógica - IEP*) for knowledge production and it is in line with skill-based education and constructivist learning theories. The goal is to establish if specific scientific skills of tenth-grade students of secondary education improve after applying IEP to the subject of chemistry. The participants were students from a public rural educational institution in Norte de Santander, Colombia. A quasi-experimental method enabled to measure the level of three scientific skills (understanding and using scientific knowledge, explaining phenomena, and inquiring) before and after the strategy was applied. Subsequently, statistically significant differences found in the comparison of measurements led to conclude that IEP develops said skills.

Keywords: Science teaching, teaching strategy, explanation of phenomena, inquiry, understanding and using scientific knowledge.

INTRODUCCIÓN

Las teorías recientes sobre el aprendizaje han probado fehacientemente que el saber no se traslada de una persona a otra a través de una clase, o de un soporte físico a la mente una persona, como cuando alguien lee un libro; el saber tampoco permanece invariable, porque no es inamovible; al contrario, todo aprendizaje tiene lugar a partir de estructuras cognitivas construidas previamente. De este modo, el estado de conocimiento de las cosas que tiene una persona se modifica continuamente por el reacomodo de saberes que ocurren en la mente cuando se incorporan experiencias y reflexiones nuevas.

Una de las teorías pedagógicas que sobre esta idea cambiante del conocimiento y sobre el modo en que opera la mente para su adquisición es el constructivismo, que ha resultado, por lo demás, muy apreciada por psicólogos, expertos en ciencias de la educación y también por los propios docentes por cuanto esclarece no solo el modo en que una persona progresa en el conocimiento mediante la simbolización de su experiencia, sino también porque ha demostrado que las prácticas pedagógicas que eligen como protagonista al estudiante resultan más adecuadas y significativas.

La comprobación de la efectividad de la pedagogía centrada en el estudiante ha favorecido la exploración y propuesta de modelos pedagógicos, entre los que destaca la educación por competencias, que ha puesto énfasis no en el docente ni en los contenidos, sino en el desarrollo de destrezas por parte del estudiante para la resolución de problemas prácticos y dilemas éticos entre las personas. Con ello se ha pasado de la idea de que la escuela ha de formar expertos a la de que debe educar ciudadanos felices y competentes que puedan insertarse y contribuir eficazmente en la construcción de sociedades prósperas, justas y pacíficas.

Sobre el número y descripción de las competencias que un estudiante debe adquirir y desarrollar no

existe, como es natural, unanimidad de criterio. Se reconoce una serie de competencias básicas, asociadas, por lo demás, a las áreas que se han atendido tradicionalmente en la formación escolar: lectura y escritura, matemáticas y ciencias. En todo caso, conviene señalar que uno de los ejes del modelo educativo por competencias es la transversalidad, es decir, el refuerzo constante en diversas asignaturas y en la realización de múltiples actividades de las competencias que se han determinado como fundamentales en el diseño curricular.

Una de las competencias sobre las que se ha puesto mayor atención en el tiempo reciente es la competencia investigativa. En efecto, la consideración de la investigación científica, asociada por décadas e incluso siglos a la actividad de expertos en universidades y laboratorios ha dado paso a una visión más abarcadora. En efecto, toda persona siente curiosidad sobre lo que ocurre en su entorno, sobre las causas de un determinado fenómeno y la explicación de su ocurrencia. Este es también el punto de partida del científico de cualquier especialidad: observar y preguntarse. La diferencia entre el científico y el curioso profano consiste en el modo en que cada uno formula sus preguntas y, sobre todo, en la forma en que las responde. La visión científica, en efecto, es una mirada educada en la tradición de construcción de saberes nuevos o reformulación de otros previos de manera metódica y controlada. Pero dado que el deseo de conocimiento es una actitud y al tiempo una capacidad humana, cualquier persona puede aprender a investigar.

En este sentido, ya desde la escuela se puede aprender a ver del modo como ven los científicos, a formularse preguntas sobre el entorno e intentar responderlas con arreglo a las maneras de hacer de la ciencia. Por eso, el desarrollo de la competencia científica se ha incorporado a las demás propias de un currículo por competencias. Entre los componentes que normalmente se reconocen cuando se desglosa la competencia científica se

encuentran el 'uso comprensivo de conocimiento científico', que tiene que ver con la capacidad para comprender y usar conceptos, teorías y modelos de las ciencias en la solución de problemas; la 'explicación de fenómenos', que se relaciona con el potencial para construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos; y la 'indagación', que se asocia con la aptitud para formular preguntas y procedimientos adecuados, para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante que permita dar respuesta a las preguntas propuestas (Concari, 2001).

La enseñanza de las ciencias es un campo disciplinar que juega un papel fundamental en la construcción del nuevo conocimiento en educandos de todo nivel académico y de los mismos educadores, enmarcado en el desarrollo social, científico y cultural de su entorno escolar, por lo que el docente se convierte en mediador entre el estudiante y el conocimiento, al desarrollar prácticas pedagógicas para que, con base en las potencialidades de la ciencia y del estudiante, fortalezca el perfil motivacional del estudiante, en función del desarrollo de competencias que le permitan alcanzar un conocimiento significativo (Gallardo, Hernández y Arévalo, 2017).

Entre las prácticas pedagógicas planteadas en el marco del constructivismo y potenciada por el diseño curricular por competencias (adoptado en buena parte del mundo actual), se encuentra el desarrollo de los proyectos de aula, que permiten que los propios estudiantes, bajo la guía del profesor, desplieguen un conjunto de actividades a través de las cuales infieren y construyen conocimiento que deben aprender de acuerdo con el plan de estudios o diseño curricular.

En este contexto, el propósito de la investigación ha consistido en comprobar si el desarrollo de las competencias científicas de los estudiantes se fortalece tras una intervención con énfasis en la investigación pedagógica. Concretamente, esta investigación tuvo como objeto establecer si la

aplicación de la Investigación como Estrategia Pedagógica (IEP) en el área de química, entre estudiantes de grado décimo de educación media, permite mejorar su competencia en investigación.

Para ello, se seleccionó la Institución Educativa Marcos García Carrillo, ubicada en el Centro Poblado del corregimiento de la Donjuana, del Municipio de Bochalema, Norte de Santander, Colombia. Esta institución ofrece educación en el nivel de educación básica y media y su misión consiste en ofrecer a la comunidad un ambiente escolar agradable en cada nivel para interesar a los estudiantes en el conocimiento y desarrollo de competencias científicas, que permitan a futuro la transformación de su entorno con responsabilidad social y ambiental, mejorando la calidad de vida en su familia y en su comunidad. La Institución Educativa se encuentra en un proceso de resignificación de Proyecto Educativo Institucional (PEI) en todos sus componentes. En lo que respecta al componente pedagógico, se encuentra en la reformulación de su plan de estudios según los estándares de competencias establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y el modelo pedagógico establecido en el PEI, que es el constructivismo.

Durante este proceso se ha observado la necesidad de fortalecer las diferentes áreas del conocimiento para apoyar el desarrollo de competencias científicas que permitan formar integralmente estudiantes en un ámbito de calidad. Dentro de las áreas que se debe fortalecer se encuentran las ciencias naturales, y, como corresponde, las asignaturas que la integran, a saber: química y física. Tanto para la formación de las competencias científicas, como para la superación de las dificultades de aprendizaje que se presentan en la enseñanza de la química, se necesita aplicar estrategias de enseñanza-aprendizaje transformadoras. Así lo señalan Oñorbe y Sánchez (1996) cuando afirman que la metodología de enseñanza empleada habrá de tener presente las dificultades supuestas por

los estudiantes, si se quiere incidir positivamente en el proceso de aprendizaje de la resolución de problemas. La habilidad para resolver problemas está directamente relacionada con las competencias generales del área: uso comprensivo del conocimiento científico, explicación de fenómenos e indagación.

Las exigencias de cambio dentro de la formación para el trabajo en la institución educativa resulta de gran trascendencia, pues se refieren a las estructuras de trabajo, al conocimiento que sustenta la productividad, al papel cada vez mayor de las regiones y localidades en el desarrollo de los países, a las nuevas formas de vincular al sistema escolar con el mundo del trabajo para la producción, a la codificación y la transferencia del conocimiento socialmente útil, a la constitución de nuevos tipos de demandantes de una formación más sistemática y continua para el trabajo; al destino y la identidad de los jóvenes (De-Ibarrola, 2002). Desde el punto de vista anterior, se debe realizar una transformación en las prácticas educativas iniciando por la aplicación de estrategias innovadoras en el aula que propicien la construcción de aprendizajes significativos en los estudiantes, que contribuyan con la realización de su proyecto de vida y que repercuta en el desarrollo social de la región de influencia de la comunidad educativa.

En la actualidad resulta indispensable aplicar estrategias didácticas innovadoras y motivadoras que potencien las habilidades individuales de los estudiantes mediante el trabajo colaborativo y que les permitan, además, desarrollar aprendizajes significativos con apoyo en las tecnologías de la información y la comunicación disponibles. En efecto, en medio de la sociedad del conocimiento y la información propia del siglo XXI, las herramientas tecnológicas e informáticas están a disposición de prácticamente la totalidad de quienes asisten a la escuela.

Los estudiantes hoy día no solo tienen familiaridad con estas tecnologías, sino que se han formado

en ellas como nativos digitales. La búsqueda de información en la red por sus propios medios y motivación, por consiguiente, forma parte de la idiosincrasia de la actual población estudiantil, y por ello la escuela no puede enseñar de espaldas a esta realidad, sino valiéndose de sus ventajas para su trabajo de formación. Desde este punto, la IEP constituye una alternativa viable en el aula de clase y puede convertirse en una práctica innovadora y transformadora.

Desde una perspectiva más general, se espera que los resultados de la investigación sean de utilidad para la institución en lo que concierne a la resignificación del componente pedagógico del Proyecto Educativo Institucional (PEI), en la definición de estrategias constructivistas innovadoras que contribuyen a la articulación de los diferentes niveles de formación con la media académica y en la estructuración de metodologías de inclusión de desarrollo de competencias generales en las diferentes áreas del conocimiento incluidas en el plan de estudios para la formación integral de bachilleres académicos.

Además, la investigación en el aula puede favorecer el conocimiento y familiarización con el método científico, que, entre otros aspectos, permite al estudiante un espacio para analizar un problema, identificar sus variables, conjeturar sobre sus relaciones, proponer supuestos, experimentar y concluir mediante el contraste de los resultados obtenidos con las teorías establecidas. De este modo, la interacción con el método científico puede ofrecer al estudiante un escenario para la verificación de saberes y despertar su interés y motivación, aspectos que, como se sabe, resultan de gran relevancia para alcanzar un aprendizaje significativo.

Como en toda investigación, los resultados de trabajos previos ilustran y sirven de apoyo. Entre los autores consultados se encuentran Quintanilla *et al.* (2010), que han estudiado las actitudes de los docentes de Química en torno a resolución

de problemas científicos en el aula. También en el campo de la química y la investigación, Martínez (2010) se ocupó de la implementación de estrategias didácticas novedosas como apoyo para la enseñanza de la asignatura.

Vásquez, Becerra e Ibáñez (2014) se dedican al estudio de la investigación dirigida como estrategia para el desarrollo de competencias científicas al igual que Hernández, Pabón, y Prada (2017), pero dependiendo del contexto educativo del docente. Mariles (2012), por su parte, ha investigado sobre la utilidad del seminario como fuente de aprendizaje cooperativo en el desarrollo de las ciencias biológicas. Hamad (2009) caracteriza el estado de pensamiento abductivo en estudiantes de grado décimo, mientras que Camelo, Rodríguez y Santiesteban han trabajado con la concepción de las ideas previas como constructo indispensable en el diseño de situaciones científicas en el aula. Maldonado *et al.* (2007) llevaron a cabo una sobre visibilidad y desarrollo científico; y Pérez, Gallego y Torres (2005) se ocuparon de *las competencias de interpretar, argumentar y proponer* en química como problema pedagógico y didáctico. Finalmente, Villarreal *et al.* (2005) estudiaron el efecto de la incorporación de NTIC en prácticas de laboratorio de química.

Para el presente estudio, la investigación se concibe como estrategia pedagógica planteada desde la teoría constructivista. Por consiguiente, se suscriben aquí las posturas de Coll *et al.* (2007), las de Serrano y Pons (2011) y el modelo constructivista social propuesto por Carretero (1997).

Las investigaciones señaladas establecen que el uso de métodos participativos y la metodología científica durante las prácticas de aula y el desarrollo de las actividades de laboratorio propician situaciones de aprendizaje que promueven la adquisición de conocimientos y habilidades. En efecto, cuando se consideran los aspectos cognoscitivos y afectivos del trabajo científico, se contribuye con la formación científica de los estudiantes. La investigación

como estrategia pedagógica, además, resultó en las experiencias citadas una estrategia exitosa en la formación investigativa de los estudiantes, pues permitió la conformación de grupos de investigación a través de la de redes y comunidades de aprendizaje y la proyección de los estudiantes en lo personal, lo académico y lo investigativo y que generen diferentes competencias para su ejercicio profesional.

Los resultados obtenidos en las investigaciones asumidas aquí como antecedentes evidenciaron que los modelos basados en investigación permiten replantear las prácticas educativas de enseñanza y aprendizaje de la química favoreciendo el desarrollo de competencias. El efecto de estos cambios es superior al ámbito del aula, pues incumbe a la epistemología, la didáctica y la pedagogía, en tanto que permea no solo un área de conocimiento (las ciencias naturales) sino que incide incluso en la concepción de los procesos de aprendizaje en la institución en la que se adoptan estrategias didácticas alternativas y novedosas.

Otros autores cuyos aportes han resultado de interés para esta investigación, específicamente por su contribución al conocimiento de estrategias innovadoras en la enseñanza de la química, son los siguientes:

Galiano (2009) hace inventario y describe las estrategias de enseñanza de la química empleadas en la formación inicial de una muestra de profesores mediante la identificación del conocimiento, la investigación, el análisis de las normativas, la estructura curricular, las recomendaciones oficiales y el conocimiento que poseen los docentes de profesorado sobre estrategias de enseñanza y aprendizaje de química.

De Jong (1990) estudia las estrategias que los estudiantes utilizan para resolver problemas de química a través de entrevistas y del análisis de las respuestas escritas que dan a los problemas que se resuelven en grupos. Este mismo autor (De-Jong, 1996) expone y analiza los problemas de enseñanza

y aprendizaje para elucidar los antecedentes de estas dificultades y para desarrollar y evaluar dos nuevos enfoques en la educación química: protocolos de discusión durante sesiones de aula y de laboratorio y el enfoque de investigación de desarrollo, que pueden contribuir a la mejora de las prácticas del salón de clase/laboratorio de química y de la formación de maestros de química.

Caamaño (2011) es de la opinión de que la química debería integrar la contextualización, la indagación y la modelización como procesos imprescindibles en el aprendizaje de la competencia científica a fin de conseguir una enseñanza de la química más significativa y relevante.

Meroni, Copello y Paredes (2015), por su parte, recoge un variado elenco de actividades para contextualizar la enseñanza de la química, que en algunos casos constituyen verdaderos problemas de investigación, centrados en lo cotidiano. Los autores valoran el carácter innovador de estas prácticas en los centros y evalúan su permanencia y futuro.

Jiménez-Liso y De Manuel (2009) señalan que la química cotidiana está siendo objeto de una amplia aceptación por el profesorado de los diferentes niveles educativos (incluido el universitario) por cuanto se manifiesta como una novedosa e innovadora mejora de la educación científica. Los autores también observan que desde los organismos de administración de la educación se anima a los docentes de química a trabajar en propuestas más próximas a lo cotidiano o problematizándolas de modo que la motivación del alumnado crezca al aprender y no al observar fenómenos que no comprende.

Bowen (1994) ofrece una visión general en la investigación de la enseñanza de la química y afirma la conveniencia de utilizar estrategias y métodos como la entrevista y el protocolo pensar en voz alta para aprender sobre el pensamiento del estudiante escuchando sus explicaciones y discusiones en torno a las tareas que se les asignan.

En su conjunto, los autores mencionados coinciden en señalar la importancia de incorporar la investigación dentro de las prácticas de aula de modo que la enseñanza de la química esté contextualizada y promueva la indagación, la modelización y la comprensión de fenómenos cotidianos, que son las características que se optimizan con la aplicación de la investigación como estrategia pedagógica.

METODOLOGÍA

El diseño planteado para la presente investigación es de naturaleza cuasi experimental, pues se persigue realizar una comparación entre grupos con distintos tratamientos. La asignación de la muestra a los grupos no siguió un criterio aleatorio. El procedimiento contempló la obtención de datos a partir de la aplicación de test, la intervención pedagógica y la comparación de grupos. Se manipuló la variable considerada independiente, que fue la investigación como estrategia pedagógica en la enseñanza de la química, para observar el fortalecimiento de competencias científicas que corresponde a la variable dependiente. De este modo, se ha conseguido un control moderado sobre las variables de estudio a falta de aleatoriedad en la asignación de participantes en los tratamientos.

La muestra de participantes estuvo conformada por 18 estudiantes de grado décimo de educación media académica, de la sede principal de la Institución Educativa Marcos García Carrillo de Bochalema, Norte de Santander, Colombia.

La hipótesis de investigación considerada versó en torno a si la Investigación como Estrategia Pedagógica (IEP) fortalece las competencias científicas de la química entre los estudiantes de grado décimo. De acuerdo con esta hipótesis, se establece como variable independiente la incorporación de la investigación como estrategia pedagógica en el proceso enseñanza y aprendizaje de química, y como variable dependiente el fortalecimiento de competencias científicas en

química (uso comprensivo del conocimiento científico, indagación, explicación de fenómenos).

A continuación, se detallan las actividades de las fases del estudio correspondientes a la aplicación de cada uno de los tres instrumentos:

- 1) Fase Uno: Diagnosticar el nivel de competencias científicas en química: se aplicó un instrumento diagnóstico de cuyo análisis estadístico se obtuvo el nivel inicial de competencias científicas.
- 2) Fase Dos: Identificar los indicadores de desempeño de los estudiantes a partir de la incorporación de la estrategia didáctica IEP en la asignatura química: la estrategia se aplicó en torno al tema contaminación orgánica del agua: dureza, alcalinidad, acidez, carbohidratos, sólidos totales y grasas y aceites. Los estudiantes se distribuyeron por equipos de trabajo y cada equipo realizó la investigación sobre el subtema de la contaminación orgánica del agua. En esta etapa se aplicó el segundo instrumento, que es un instrumento de observación, cuyo objetivo consistió en determinar los desempeños relacionados con las competencias científicas de los estudiantes durante la aplicación de la estrategia.

La estrategia se desarrolló en siete sesiones:

Sesión 1: Pregunta de investigación, formulación de hipótesis, determinación de grupos temáticos. La pregunta de partida de la investigación fue: *¿Cuál es la calidad fisicoquímica de la fuente «Agua Negra» que surge al centro poblado del corregimiento de la Donjuana?* Inicialmente cada equipo propuso una hipótesis que surgió de los conocimientos sobre el tipo de actividades humanas que se observan alrededor de la fuente de agua. Cada equipo socializó su hipótesis. Al finalizar se descartaron varias respuestas y a partir de las aceptadas se construyó la siguiente: La calidad fisicoquímica del agua de la fuente «Agua Negra» es deficiente, debido a la contaminación proveniente de residuos orgánicos.

Sesión 2: Indagación de experimentación para comprobación de hipótesis: cada equipo indagó usando en las tabletas los protocolos de experimentación para la comprobación de la hipótesis formulada. Se priorizaron mediante un ejercicio de socialización seis pruebas. Se distribuyeron las pruebas entre los equipos y se continuó con el proceso de investigación, cada equipo con una prueba específica. Los estudiantes indagaron utilizando herramientas en la web como Youtube y Google académico.

Sesión 3: Exposición de protocolos de experimentos formulados: cada equipo expuso ante sus compañeros el protocolo experimental de la prueba a realizar, identificando las variables y materiales.

Sesión 4: Sensibilización sobre normas de bioseguridad en el laboratorio de química: este punto fue llevado a término por la docente con el objetivo de conocer las normas de bioseguridad antes de la ejecución de cada experimento, a fin de garantizar la seguridad física de los estudiantes y el control de procesos experimentales en el laboratorio.

Sesión 5: Salida de campo, recolección de muestras de agua en la fuente «Agua Negra»: se realizó el desplazamiento de los estudiantes para la recolección de las muestras de agua; previamente los estudiantes habían indagado sobre el protocolo de recolección de muestras de agua para análisis fisicoquímico.

Sesión 6: Experimentación análisis muestras de agua: cada equipo prosiguió en la aplicación del protocolo de experimentación que le correspondió. Además, realizaron averiguaciones mediante las tabletas sobre el análisis de resultados y emisión de conclusiones.

Sesión 7: Exposición de resultados de experimentación. Comunicación oral de conclusiones. Elaboración de conclusiones a partir de pregunta e hipótesis formulada: cada equipo expuso ante sus compañeros los resultados

y conclusiones. Al terminar se integraron conclusiones y se determinó que el agua que surtía al corregimiento era de calidad aceptable en cuanto a la ausencia de un índice considerable de contaminación orgánica, con lo cual la hipótesis formulada quedó anulada. Para realizar la divulgación de los resultados obtenidos los estudiantes diseñaron carteleras que se expusieron el proceso de investigación a nivel institucional y se realizó la grabación de un video con el fin de dar a conocer a la comunidad los resultados.

La docente que dirigió la estrategia actuó como acompañante en los siete pasos, motivando y orientando a los estudiantes para el logro del objetivo de la investigación.

1) Fase Tres: Comparar el nivel de competencias científicas de los estudiantes antes y después de la implementación de la IEP: en esta fase final se realizó la evaluación del nivel de competencias científicas (explicación, indagación y uso comprensivo del conocimiento científico) aplicando un instrumento final.

En total se emplearon tres instrumentos de recolección de datos: un instrumento diagnóstico, una matriz de observación y un instrumento final. El instrumento diagnóstico fue diseñado por los autores y constó de 30 reactivos de opción múltiple, con 10 reactivos para evaluar la competencia 'explicación de fenómenos', 10 para la competencia 'indagación', y 10 para la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'. Se calculó el índice biserial puntual como prueba de correlación para cada reactivo, con el objetivo de determinar la validez del instrumento. Ello permitió la eliminación de reactivos no válidos, con lo cual se generó un instrumento con 15 preguntas, que se usó como instrumento final.

La matriz de observación tuvo como objetivo observar los desempeños de los estudiantes durante la aplicación de la IEP. Se seleccionaron los desempeños sugeridos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia en el documento de los Estándares Básicos de Competencias de Ciencias Naturales (2004, p. 22): 'me aproximó al conocimiento como científico natural'. La matriz de observación se registró y reportó mediante una lista de chequeo compuesta por 13 ítems.

El instrumento final se construyó a partir del instrumento 1 y constó de 15 reactivos de opción múltiple, con 5 reactivos para evaluar la competencia 'explicación de fenómenos', 5 para la competencia 'indagación', y 5 la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'. Los resultados del instrumento final se analizaron estadísticamente usando el programa Excel y se aplicó la prueba de t-Student para comparación de medias con el objetivo de aceptar o rechazar la hipótesis de investigación.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los valores descriptivos de los datos obtenidos mediante la lista de chequeo durante el desarrollo de la estrategia IEP. El primer aspecto destacable es que el 81,25 % de los estudiantes observa fenómenos específicos mientras que el 18,75 % no logra determinar fenómenos de tipo científico (ítem 1). A partir de la pregunta formulada: ¿Qué calidad fisicoquímica tiene el agua de la fuente «Agua Negra»? Se logra que la mayoría de los estudiantes se centre en un fenómeno concreto y que logre describirlo. Una menor proporción de estudiantes no logra la formulación por la dificultad para comprender terminología científica relacionada con la calidad fisicoquímica.

Tabla 1. Lista de chequeo de cada desempeño durante la IEP

Ítem	Descripción	% SÍ	% NO
1	Observa fenómenos de tipo científico	81.25	18.75
2	Propone explicaciones	81.25	18.75
3	Diseña experimentos a partir de preguntas	100.00	0.00
4	Identifica variables que influyen en los resultados	80.00	20.00
5	Busca información de varias fuentes	77.77	22.23
6	Realiza mediciones con instrumentos y equipos	88.88	11.12
7	Registra observaciones	83.83	16.17
8	Realiza experimentos y verifica el resultado	83.83	16.17
9	Registra datos mediante esquemas, gráficos o tablas	0.00	100.00
10	Usa las matemáticas como herramienta	66.66	33.34
11	Evalúa la calidad de la información y reconoce créditos	38.88	61.12
12	Capacidad para extraer conclusiones de los experimentos	88.88	11.12
13	Capacidad para comunicar oralmente las conclusiones	88.88	11.12

Fuente: elaboración autores.

De modo similar, el 81,25 % de los estudiantes propone posibles explicaciones a partir del conocimiento cotidiano, pero el 18,75 % no logra formular explicaciones (ítem 2). Una proporción mayor de estudiantes redacta una explicación referente a la calidad del agua de la fuente, relacionándola con las producciones agrícolas y pecuarias que existen a su alrededor y con otro tipo de actividades humanas. Una proporción menor no logra formular explicación: algunos estudiantes plantearon otro tipo de explicaciones que se desvían de la pregunta inicial, mientras que otros estudiantes se muestran inseguros en la redacción de una explicación clara.

Todos los estudiantes lograron diseñar experimentos a partir de ejes temáticos extraídos de la pregunta de investigación (ítem 3), lo cual se obtuvo por medio del trabajo en equipo y con el uso de las TIC para el aprendizaje. Estos resultados se evidenciaron durante la socialización de los experimentos.

En referencia a la identificación de variables que pueden influir en los resultados de un experimento, el 80 % cumplió la tarea, en tanto que el 20 % no logró identificar tales variables (ítem 4). Este desempeño

se hizo patente durante la socialización de los experimentos, momento en el cual los estudiantes demostraron seguridad al responder las siguientes interrogantes: ¿Qué datos se deben tomar para la determinación de sólidos totales, de alcalinidad, de acidez, de cantidad de jabones y detergentes, de grasas y aceites, hidratos de carbono y la dureza del agua? ¿Se deben hacer cálculos matemáticos? ¿Cuáles son esos cálculos? Los estudiantes que no lograron resultados apropiados tampoco respondieron este tipo de preguntas.

En lo que respecta a la búsqueda de información (ítem 5), se encontró que el 77,77 % de los estudiantes buscó información en varias fuentes, pero el 22,22 % no se mostró capaz de hacerlo. Para obtener información, tanto sobre la definición de los ejes temáticos con el objetivo de determinar la calidad fisicoquímica del agua, como sobre la experimentación adecuada para resolver la pregunta inicial, los estudiantes recurrieron a diversas fuentes. El 22,22 % de los estudiantes revisó solo una fuente.

Sobre la competencia relacionada con la realización de mediciones con instrumentos y equipos adecuados a las características y magnitudes de los objetos (ítem

6), un 88,88 % de los estudiantes las expresó en las unidades correspondientes. Esta competencia quedó demostrada con el uso de equipos de medición, como balanzas, probetas y pipetas. El 11,11 % de los estudiantes tiene dificultad para la medición en los equipos o instrumentos mencionados.

En cuanto al registro de observaciones, el 83,33 % de los estudiantes lo hizo en forma correcta (ítem 7). Esta competencia se demuestra mediante el apunte de los datos obtenidos durante las mediciones y la experimentación y a partir de la comparación de datos extraídos de la internet. El 16,66 % no registra sus observaciones porque asume que el compañero de equipo lo está haciendo.

Con respecto a la capacidad para realizar experimentos y verificar el resultado las variables (ítem 8), el 83,33 % lo hace sin dificultad. Esta competencia se evidenció en el trabajo en equipo. Los estudiantes que la demostraron participaron en el desarrollo del experimento programado, manejando variables como nivel de acidez, nivel de alcalinidad, nivel de dureza, pH, cantidad de sólidos totales en ppm, presencia de carbohidratos y nivel de grasas y aceites. El 16,66 % no verificó el resultado al experimentar con las variables.

Ninguno de los estudiantes registró sus datos usando esquemas, gráficos o tablas. Por el contrario, se observa que los estudiantes registran datos de manera lineal. Estos resultados denotan dificultad entre los estudiantes para agrupar datos.

El 66,66 % de los estudiantes utiliza las matemáticas como una herramienta para organizar, analizar y representar datos (ítem 10). En efecto, se observó

el uso y manejo de fórmulas matemáticas para determinar porcentaje y unidades de concentración de soluciones. El 33,33 % no logró éxito en la tarea debido a la dificultad que presenta al interpretar y resolver operaciones matemáticas.

Al evaluar la calidad de la información, escogerla en forma pertinente y reconocer el crédito correspondiente, el 66,66 % no logra registrar esta habilidad (ítem 11). Apenas un 38,88 % de los estudiantes cumple con este requerimiento, pero con apoyo del docente.

Considerando la habilidad de los estudiantes para extraer conclusiones de los experimentos que realizaron: determinación de dureza, acidez, alcalinidad, contenido de sólidos totales, contenido de grasas y aceites, contenido de hidratos de carbono (ítem 12), el 88,88 % lo hizo adecuadamente. El 11,11 % no logra obtener las conclusiones, se les dificulta realizar la deducción a partir de la comparación de los datos derivados de la experimentación y la comparación con los datos observados en la teoría que señalan la calidad aceptable del agua.

Por otra parte, un 88,88 % de los estudiantes comunicó oralmente conclusiones a sus compañeros, mientras que el 11,11 % posee dificultades para exponer los resultados de su investigación ante un auditorio (ítem 13).

En relación con los resultados del instrumento final aplicado, la Tabla 2 muestra los promedios de aciertos de cada competencia antes y después de la IEP, así como las desviaciones estándar en el mismo contexto.

Tabla 2. Comparación de los promedios y las desviaciones estándar en cada competencia antes y después de IEP

Competencias	Antes de la IEP		Después de la IEP	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Explicación de fenómenos	5,2	2,8	9	1,4
Uso de conocimientos científicos	4,5	3,9	7	6,1
Indagación	2,4	1,6	2,5	1,1

Fuente: elaboración autores.

Los resultados del cálculo estadístico del coeficiente de correlación permiten la discriminación de reactivos no válidos para la evaluación de la competencia. Se observa en el diagnóstico un promedio mayor de aciertos en la competencia 'explicación de fenómenos', que se relaciona con la capacidad para construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos. En orden de promedio descendente sigue la competencia 'uso comprensivo de conocimiento científico', que está íntimamente relacionada con la capacidad para comprender y usar conceptos, teorías y modelos de las ciencias en la solución de problemas. El menor promedio de aciertos se observa en la tercera competencia, 'indagación', que se relaciona con la capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados, para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas. Concluyendo, el mejor desempeño de los estudiantes se observa en la competencia científica 'explicación de fenómenos' y un desempeño menor en la competencia 'indagación'.

La desviación estándar señala que la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico' posee un peso mayor, seguida en orden descendente en la competencia 'explicación de fenómenos' y una menor desviación en la competencia 'indagación'. Esto indica que los estudiantes muestran una mayor homogeneidad en la competencia 'indagación' y una menor en la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'.

Según los resultados de la prueba final, hay un promedio mayor de aciertos en la competencia 'explicación de fenómenos', que se relaciona con la capacidad para construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos. En orden de promedio de forma descendente sigue la competencia 'uso comprensivo de conocimiento científico', que está íntimamente relacionada con la capacidad para comprender y usar conceptos, teorías y modelos de las ciencias en la solución de problemas. El menor promedio

de aciertos se observa en la tercera competencia, 'indagación', que se relaciona con la capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados, para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas. Como se ve, el mejor desempeño de los estudiantes se concentra en la competencia científica 'explicación de fenómenos' y un desempeño menor en la competencia 'indagación'.

La desviación estándar establece una desviación mayor en la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico', seguida en orden descendente por la competencia 'explicación de fenómenos' y una menor desviación en la competencia 'indagación'. Esto indica que los estudiantes muestran una mayor homogeneidad en la competencia 'indagación' y una menor homogeneidad en la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'.

Cuando se compara el promedio de aciertos antes y después de la aplicación de la IEP (Tabla 2) se observa un mejoramiento en las tres competencias: en 'explicación de fenómenos', de 5,2 a 9, un mejoramiento de 3,8; en 'uso comprensivo del conocimiento científico', de 4,5 a 7, un mejoramiento de 2,5; y en 'indagación', de 2,4 a 2,5; un mejoramiento de 0,1.

Con respecto a la comparación de la desviación estándar (Tabla 2) se observa una disminución en este valor en las competencias 'explicación de fenómenos' e 'indagación', y un aumento en la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'. Desde este punto de vista se interpreta que aumentó el grado de homogeneidad en las competencias 'explicación de fenómenos' e 'indagación', y disminuyó el grado de homogeneidad en la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'.

Al evaluar la presencia de diferencias estadísticamente significativas, según la prueba t-Student (Tabla 3), que permite compara las medias antes y después de la IEP, la hipótesis nula

se rechaza, lo que se significa que la diferencia de medias es significativa antes y después de la IEP.

Esto se corrobora por el P -valor = 0.02995589, que es inferior a la 0.05, el valor significancia.

Tabla 3. Prueba de t-Student comparación de medias antes y después de la IEP

	<i>Antes IEP</i>	<i>Después IEP</i>
Media	4	5.8666667
Varianza	7.71428571	24.8380952
Observaciones	15	15
Coefficiente de correlación de Pearson	0.4128145	
Diferencia hipotética de las medias	1	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-2.415665	
P(T<=t) una cola	0.01497794	
Valor crítico de t (una cola)	1.76131014	
P(T<=t) dos colas	0.02995589	
Valor crítico de t (dos colas)	2.14478669	

Fuente: elaboración autores.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación permitieron comprobar la hipótesis inicial del estudio, de acuerdo con la cual la investigación como estrategia pedagógica (IEP) fortalece las competencias científicas de química en los estudiantes de grado décimo. Lo anterior fue comprobado mediante análisis estadístico de comparación de medias pruebas t-Student antes y después de la aplicación de la estrategia.

El nivel de desempeño antes de la aplicación de la IEP en los estudiantes fue mayor en la competencia 'explicación de fenómenos', que se relaciona con la capacidad para construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos. En orden descendente sigue la competencia 'uso comprensivo de conocimiento científico', que está íntimamente relacionada con la capacidad para comprender y usar conceptos, teorías y modelos de las ciencias en la solución de problemas. El desempeño menor se observó en la competencia 'indagación', que se relaciona con la capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados, para buscar,

seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas.

Durante la aplicación de la estrategia se observaron en la mayoría de los estudiantes habilidades para observar fenómenos específicos, formular posibles explicaciones sobre la base del conocimiento cotidiano, identificar variables que pueden influir en los resultados de un experimento, buscar información en fuentes diversas, realizar mediciones con instrumentos y equipos adecuados a las características y magnitudes de los objetos, registrar observaciones, realizar experimentos y verificar el resultado, utilizar las matemáticas como herramienta para organizar, analizar y representar datos, extraer conclusiones de los experimentos que realizan y comunicar oralmente las conclusiones obtenidas. Se resalta la capacidad de los estudiantes para diseñar experimentos en equipo usando las Tecnologías de la Información y Comunicación. Sin embargo, se observó dificultad en el registro de datos mediante esquemas, gráficos o tablas.

En general, la investigación comprobó que el desempeño de las competencias de investigación mejora después de la aplicación de la IEP:

explicación de fenómenos, uso comprensivo del conocimiento científico e indagación. Ello se comprueba cuando se analiza la media de aciertos en el instrumento final; y también se evidencia por los resultados en la desviación estándar, que muestran un leve mejoramiento en la homogeneidad de los resultados del grupo en las competencias 'explicación de fenómenos' e 'indagación', pero un aumento en la heterogeneidad en la competencia 'uso comprensivo del conocimiento científico'.

Vale la pena traer a colación la opinión de Mejía y Manjarrés (2011), cuya propuesta tiene como eje la idea de que en la sociedad existen saberes propios de la cultura que se negocian permanentemente con las formas establecidas del conocimiento. De este modo, se puede concluir que los estudiantes lograron relacionar sus saberes culturales con el conocimiento científico a partir de la construcción de una hipótesis relacionada directamente con una pregunta de investigación, plantear una experimentación y obtener resultados que permitieron establecer conclusiones sobre la calidad fisicoquímica de la fuente de «Agua Negra» que surte al centro poblado del corregimiento de la Donjuana, Bochalema, Norte de Santander, Colombia.

La Investigación como Estrategia Pedagógica (IEP), enmarcada en el modelo constructivista social, constituye una herramienta efectiva para alcanzar aprendizaje en los estudiantes. Ello coincide con los planteamientos de Carretero (1997), que afirma que todo aprendizaje es el resultado de una construcción propia a partir de la interacción entre la disposición interna y el ambiente. Desde este punto de vista se observó cómo a partir de una pregunta relacionada con un problema medioambiental, el estudiante transformó su conocimiento científico aplicando una metodología práctica mediante el trabajo colaborativo en el que cada uno tuvo un rol y para cuyo éxito se hizo necesario el aporte activo de cada integrante.

La presente investigación constituye un insumo importante en el proceso de resignificación del PEI en el que se encuentra actualmente la Institución Marcos García Carrillo de la Donjuana, pues contribuye a la reflexión sobre la transformación curricular a partir de una estrategia pedagógica constructivista.

El trabajo en equipo optimizó el fortalecimiento de competencias científicas en los estudiantes de Décimo y, además, fortaleció el desarrollo de competencias ciudadanas y laborales generales que aproximan hacia la formación integral en una ciudadanía crítica.

Para el logro del objetivo resultó fundamental la socialización que realizaron los equipos de trabajo durante la aplicación de la IEP. Fue esencial, ya que mediante este mecanismo se centra al estudiante en la resolución de la pregunta de investigación y además le permite establecer una relación entre las observaciones propias y las de sus compañeros para ir planteando sus propias conclusiones.

El acompañamiento continuo del docente durante la aplicación de la IEP ha sido factor primordial, pues interviene como motivador, retroalimentando el proceso de indagación mediada por TIC. Su participación como orientador del proceso permite al estudiante priorizar información relevante que contribuya a la obtención de resultados a fin de formular conclusiones confiables.

REFERENCIAS

- Bowen, C. (1994). Think-aloud methods in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 7(3), 184-190.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(69), 21-34.
- Camelo, F., Rodríguez, S., & Santiesteban, S. (2007). Ideas previas, un constructo indispensable en

- el diseño de situaciones de aula: un ejemplo en ciencias. *Revista Horizontes Pedagógicos*, 9(1), 89-100.
- Carretero, M. (1997). ¿Qué es el constructivismo? En M. Carretero, *Desarrollo cognitivo y aprendizaje. Constructivismo y educación*. México: Progreso.
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I., & Zabala, A. (2007). *El constructivismo en el aula*. México: Graó.
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência y Educação*, 7(1), 85-94.
- De Ibarrola, M. (2002). Nuevas tendencias de la formación escolar para el trabajo. En M. De Ibarrola, *Desarrollo local y formación. Hacia una mirada integral de la formación de los jóvenes para el trabajo*. Montevideo: DIE-CINVESTAV/ Cinterfor-OIT/ Universidad Iberoamericana-León/ Red Latinoamericana de Educación y Trabajo.
- De Jong, O. (1990). Towards a more effective methodology for research on teaching and learning chemical calculations. En H. Schmidt, *Empirical research in mathematics and science education-Proceedings of an international seminar at Dormund university*. Hong Kong: International Council of Associations for Science Education.
- De Jong, O. (1996). La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la química: nuevos enfoques. *Investigación y experiencias didácticas*, 14(3), 279-288.
- Galiano, J. (2009). *Estrategias de enseñanza de la química en la formación inicial del profesorado (tesis doctoral)*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Gallardo, H., Hernández, C. & Arévalo, M. (2017). *Enseñanza de las ciencias: una década de investigación en la Maestría en Práctica Pedagógica*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Jiménez-Liso, M., & De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿regresión o innovación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(2), 257-272.
- Hernández, C., Pabón, C. & Prada, R. (2017). Desarrollo de competencias y su relación con el contexto educativo entre docentes de ciencias naturales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (51), 194-215. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/852/137>
- Maldonado, L., Landazábal, L., Hernández, J., Ruíz, Y., Claro, A., Vanegas, H., & Cruz, S. (2007). Visibilidad y formación en Investigación. Estrategias para el desarrollo de competencias investigativas. *Revista Studiositas*, 2(2), 43-56.
- Mariles, S. (2012). El seminario como fuente de aprendizaje cooperativo en el desarrollo de las ciencias biológicas. *Revista Horizontes Pedagógicos*, 14(1), 141-155.
- Martínez, M. (2010). *Implementación de estrategias didácticas para apoyo de la asignatura Química II (Tesis de Maestría)*. Centro de Investigación en Materiales avanzados. Ciudad de Juárez. México.
- Mejía, M., & Manjarrés, M. (2011). La investigación como estrategia pedagógica una apuesta para construir pedagogías críticas en el siglo XXI. *Praxis y Saber*, 2(4), 127-177.
- Meroni, G., Copello, M., & Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*, 26, 275-280. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.002>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2004). *Estándares básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en Ciencias: ¡el desafío!. Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

- Oñorbe, A., & Sánchez, J. (1996). Dificultades en la enseñanza-Aprendizaje de los problemas de física y química. I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 165-170.
- Pérez, M., Gallego, R., & Torres, R. (2005). Las competencias interpretar, argumentar y proponer en química. Un problema pedagógico y didáctico. *Enseñanza de las Ciencias, Número extra. VII Congreso*.
- Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., ... Chamizo, J. (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de química en ejercicio? *Enseñanza de las ciencias*, 2, 185-198.
- Serrano, J., & Pons, R. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 1-27.
- Vásquez, E., Becerra, A., & Ibáñez, S. (2014). La investigación dirigida como estrategia para el desarrollo de competencias científicas. *Revista Científica*, 1(18), 76-85.
- Villarreal, M., Colmenares, E., Rivera, J., Zapata, P., Moreno, S., & Salcedo, L. (2005). Incorporación de NTIC en prácticas de laboratorio de química desde la enseñanza y aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias, Número extra. VII Congreso*.