



Propuesta y evaluación de una ruta de formación docente para la enseñanza de las ciencias basada en indagación en Colombia

M. Gómez^a, J. Sanabria^b, M. Duque^c

^aPrograma Pequeños Científicos, Universidad de los Andes Cra 1 N° 18A- 12 Bogotá, (Colombia).

^bPrograma Pequeños Científicos, Universidad de los Andes Cra 1 N° 18A- 12 Bogotá, (Colombia).

^cFacultad de Ingeniería, Universidad de los Andes Cra 1 N° 18A- 12 Bogotá, (Colombia).

ARTICLE INFO

Recibido:

Aceptado:

Palabras clave:

Formación continua de docentes.
Enseñanza de las ciencias basada en indagación.
Evaluación de prácticas

E-mail addresses:

mgomez@uniandes.edu.co,
nj.sanabria188@uniandes.edu.co,
maduque@uniandes.edu.co.

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Inquiry Based Science Education IBSE is a pedagogical approach widely used in the world, in which students learn science by doing science and replicating the processes of the scientific work. This means that they not only learn the facts and science content but they develop a spirit of research and critical thinking (Duschl *et al.*, 2007). The successful implementation of the IBSE depends on aspects such as materials, curricular frameworks, and school dynamics and specially on the ability of teachers to perform learning experiences based on small investigations that are meaningful to students.

Pequeños Científicos Program (Hernández *et al.*, 2004) has worked for over 13 years to promote inquiry as a pedagogical approach for teaching science in Colombia and in 2011 generated a situated professional development scheme for elementary school teachers the municipality of Medellín. This scheme takes into account how teachers learn (Putnam and Borko, 2000) and seeks to develop in teachers not only good practices but also classroom pedagogical content knowledge (PCK) (Shulman, 1986) to guide appropriately inquiry based science classes. The impact of this training was evaluated by classroom observations analyzed with an instrument based on four domains of scientific inquiry: conceptual frameworks, epistemological frameworks, strategies and process social processes (Pequeños Científicos, 2008). The findings of this assessment allow us to identify the points of difficulty for teachers in the development of practices associated with the ECBI and the effectiveness of training activities in changing classroom practices in science education. This paper shows the process of training and monitoring of about 50 schools in the city of Medellín during 2011 and 2012, and the recommendations that emerged from the analysis of teacher training track proposed by Pequeños Científicos program.

La enseñanza de las ciencias basada en indagación ECBI, es una aproximación pedagógica ampliamente usada en el mundo. Cuando los estudiantes aprenden ciencias, haciendo ciencias y replicando los procesos propios del quehacer científico no solo aprenden los hechos y contenidos de la ciencia sino que desarrollan un espíritu investigativo y un pensamiento crítico (Duschl *et al.*, 2007).

El éxito en la implementación de la ECBI depende de aspectos como los materiales, los marcos curriculares, las dinámicas escolares y en especial, medida de la capacidad de los docentes para hacer de las experiencias de aprendizaje, pequeñas investigaciones que sean significativas para los estudiantes.

El programa Pequeños Científicos (Hernández *et al.*, 2004) ha trabajado durante más de 13 años para promover la indagación como aproximación pedagógica para la enseñanza de las ciencias en Colombia y en 2011 generó un esquema de desarrollo profesional situado, para docentes de escuela primaria del municipio de Medellín. Este esquema tiene en cuenta cómo aprenden los docentes (Putman and Borko, 2000) y busca desarrollar en los maestros no solo buenas prácticas de aula sino también un conocimiento didáctico del contenido (PCK) (Shulman, 1986) apropiado para orientar clases de ciencias basadas en indagación.

El impacto de la formación continua fue evaluado en aula mediante observaciones de clase analizadas con un instrumento basado en cuatro dominios de la indagación científica:

esquemas conceptuales, marcos epistemológicos, estrategias de proceso y procesos sociales (Pequeños Científicos, 2008). Los hallazgos de esta evaluación permiten identificar los puntos de mayor dificultad para los docentes en el desarrollo de prácticas asociadas a la ECBI así como la efectividad de las actividades de formación en la transformación de prácticas de aula en la enseñanza de las ciencias.

El presente trabajo muestra el proceso de formación y seguimiento a cerca de 50 instituciones de la ciudad de Medellín durante los años 2011 y 2012 y las recomendaciones que emergen del análisis de la ruta de formación docente propuesta por el programa Pequeños Científicos.

I. INTRODUCCIÓN

La educación científica en Colombia en los niveles básicos ha mostrado ser insuficiente para responder a las demandas del siglo XXI. Los resultados en pruebas estandarizadas como PISA muestran que la mayoría de los estudiantes del país se ubican en los niveles de menor desempeño, y solo una minoría alcanza los niveles superiores. Más preocupante aún es que, cerca del 20% de los estudiantes que tomaron la prueba PISA en 2009 no alcanzan ni siquiera el nivel mínimo de desempeño (ICFES, 2010).

En este escenario es claro que, la educación básica en ciencias de Colombia requiere una transformación que incremente la calidad, y haga que las clases sean más efectivas en desarrollar las competencias requeridas para que los futuros ciudadanos se inserten de forma efectiva en la sociedad. Si bien la transformación requerida implica la interacción de varios niveles, desde la formulación de políticas públicas hasta la formación inicial de nuevos docentes, es necesario generar oportunidades para que los estudiantes que están en este momento en el aula puedan acceder a mejores clases de ciencias. Es por esto que la formación permanente y el desarrollo profesional de docentes se constituyen en una herramienta muy poderosa para contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación científica en el país.

Un ciudadano del siglo XXI está inmerso en un mundo que hoy más que nunca se soporta en la ciencia y la tecnología (Fensham & Harlen, 1999). Los niños y niñas que están hoy en la escuela, deberán tomar decisiones en el futuro que les demandarán comprensión de los fenómenos naturales, pero sobre todo una mente crítica que les permita tener una sana incertidumbre y reconocer las limitaciones e implicaciones de las explicaciones científicas y los adelantos tecnológicos.

En este marco, la formación y la alfabetización científica y tecnológica de los niños y niñas de Colombia es una prioridad del Programa Pequeños Científicos. Reconociendo que más que entrenar futuros científicos o ingenieros, se trata de brindar a los niños, niñas y jóvenes, la oportunidad de comprender el mundo que los rodea desde las ciencias naturales, y de elegir y tomar decisiones informadas. Para lograr esto, es necesario que se transforme la educación desde los niveles básicos y esto es posible gracias a la cualificación y desarrollo profesional de los maestros, quienes con una práctica reflexiva e investigativa transforman el proceso de enseñanza aprendizaje de sus estudiantes.

Desde el año 2000, el programa Pequeños Científicos (Hernández *et al.*, 2004) se ha comprometido con el desarrollo profesional de los docentes en servicio, con el fin de generar oportunidades para transformar la educación científica en el aula de escuela básica. Para esto, se han diseñado diferentes esquemas de formación que combinan espacios presenciales, práctica reflexiva y acompañamiento en aula.

Las actividades propuestas por el programa Pequeños Científicos se enmarca en la propuesta de Enseñanza de las Ciencias basada en Indagación ECBI (IAP, 2013), la cual recoge varias iniciativas y perspectivas acerca de la enseñanza aprendizaje de las ciencias, invitando a los estudiantes a involucrarse en pequeñas investigaciones en las que se acercan al conocimiento científico mediante: el cuestionamiento, la observación, la experimentación y la construcción de explicaciones basadas en evidencia (Duschl, *et al.*, 2007).

Promover este tipo de aproximación no siempre resulta exitoso, ya que el impacto en el aprendizaje está fuertemente ligado a la fidelidad en la implementación y la transformación de las prácticas pedagógicas de los docentes.

Es por esto que para que se generen los cambios deseados se requiere de una formación de docentes que sea efectiva en generar prácticas pedagógicas coherentes con los marcos de la ECBI.

La ciudad de Medellín en el occidente de Colombia es la segunda ciudad del país con una población de más de dos millones personas. Desde el gobierno local de esta ciudad se está buscando promover la educación en ciencia y tecnología en los niveles básicos con el fin de promover en los estudiantes las vocaciones científicas así como habilidades de innovación.

En este marco, el programa Pequeños Científicos de la Universidad de los Andes junto con la Fundación Siemens y su iniciativa Generation 21 (Siemens, s. f.), generaron una ruta de formación para docentes de primaria en ejercicio en la cual se buscó la transformación de prácticas de aula mediante: la apropiación disciplinar, pedagógica y epistemológica de la enseñanza de las ciencias basada en indagación. El impacto de esta propuesta fue evaluado mediante el seguimiento a la transformación de prácticas de aula en las clases de ciencias de los docentes formados en dos cohortes, una en 2011 y otra en 2012.

II. PROPUESTA DE FORMACIÓN DE DOCENTES

La propuesta planteada es un esquema de desarrollo profesional de 48 horas, en modalidad presencial, apoyado por acompañamientos virtuales permanentes y acompañamientos *in situ*. Es una propuesta de aprendizaje situado en la práctica docente por lo que se acompaña de la implementación de clases de indagación en el aula de clase, lográndose así de forma paralela la apropiación epistemológica y didáctica de la ECBI.

La ruta de desarrollo profesional propuesta estuvo basada en el desarrollo de conocimientos y habilidades centrales para la enseñanza de las ciencias basada en la indagación ECBI en la escuela. Cuando se propone un esquema de desarrollo profesional en el cual se plantea un proceso de aprendizaje de los maestros en servicio, al igual que en otros procesos de enseñanza aprendizaje es importante tener en cuenta cómo se aprende (Bransford, 2000), en este caso cómo aprenden los maestros. Es por eso que, se tienen en cuenta las nuevas visiones y teorías cognitivas acerca del aprendizaje.

En las investigaciones y estudios sobre cognición se ha vuelto común hablar sobre la perspectiva situada (Brown *et al.*, 1989). En este sentido, Putman y Borko (2000) presentan una visión del aprendizaje de los maestros desde la perspectiva del aprendizaje situado. Esta visión provee un contexto general para el diseño de programas de desarrollo profesional para maestros en el que se tiene en cuenta que el aprendizaje es situado y en este sentido, el aprendizaje de un maestro acerca de la enseñanza debe estar situado en su práctica con actividades auténticas que sean relevantes para su contexto de acción y no en contextos abstractos o ficticios dónde el maestro no encuentre conexión entre las actividades de acompañamiento y lo que hace en su aula; también es importante tener en cuenta que el aprendizaje es social, y por lo tanto los maestros que ingresan a un programa de desarrollo profesional se involucran en una comunidad de discurso y práctica que moldea su aprendizaje, al mismo tiempo que lo hacen otras comunidades en las que interactúan, por ejemplo su escuela. Finalmente, es importante tener en cuenta que el aprendizaje es distribuido, entre diferentes actores, herramientas y artefactos y en ese sentido los maestros aprenden distribuyendo sus aprendizajes en grupos de trabajo y usan materiales que se constituyen en insumos para su propio aprendizaje.

Hace ya más de 20 años, Shulman (1986) describió los conocimientos que tenían o deberían tener los maestros, analizando los cambios que habían ocurrido en las evaluaciones de los maestros a lo largo de los años. En este artículo clásico se propuso un tipo de conocimiento particular que diferencia al maestro de otro profesional: el conocimiento pedagógico de la disciplina (*PCK por sus siglas en inglés pedagogical content knowledge*). Este tipo de conocimiento se puede resumir como “saber cómo enseñar algo en un contexto particular” (Grossman 1990); y es fruto de la transformación e interacción de otros dominios del conocimiento, como el conocimiento disciplinar (*SMK por sus siglas en inglés subject matter knowledge*), y el conocimiento pedagógico (Shulman, 1986). Es por esto que es necesario que los docentes desarrollen no solo el conocimiento de la disciplina a enseñar, sino cómo hacerlo de forma efectiva

reconociendo las prácticas pedagógicas y didácticas que permiten que los estudiantes comprendan mejor los diferentes conceptos, y que además desarrollen habilidades propias del dominio científico.

La formación estuvo dividida en módulos que más que contenidos; abordan conocimientos y habilidades necesarias para lograr que los estudiantes aprendan ciencias, haciendo ciencias. Los módulos también contemplaron espacios en los que se abordan aspectos curriculares e institucionales de la propuesta. La formación propuesta está articulada en tres momentos: un grupo de talleres iniciales, uno intermedio y un taller final. En estos talleres, se abordan paralelamente aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico, y estrategias didácticas coherentes con la indagación científica. La Tabla I. describe las actividades formación presencial diseñadas con el objetivo de promover las habilidades y conocimientos necesarios para guiar clases de ciencias basadas en indagación ECBI.

TABLA I. Módulos de la formación docente en ECBI.

<i>Ruta de la formación docente</i>	<i>Nombre del módulo</i>	<i>Contenido: Conocimientos y habilidades para la ECBI</i>
Apropiación epistemológica	Taller de diagnóstico y línea base	Diagnóstico de la institución con respecto a la educación científica. Desarrollo de una línea base para el proyecto de investigación acción que es producto de la sistematización de la práctica
Apropiación didáctica	Enseñanza de las ciencias basada en indagación: Viviendo la ciencia en la escuela	Enseñanza de las ciencias basada en indagación ECBI Características de las clases ECBI Rol del profesor y los estudiantes en clases ECBI Estrategias pedagógicas que complementan ECBI
Apropiación didáctica	Objetivos de aprendizaje: ¿Qué enseñar y cómo lograrlo?	Papel de los objetivos en el aprendizaje de las ciencias Características de los objetivos de aprendizaje en clases ECBI
Apropiación epistemológica	La indagación en el currículo: ¿Cómo integrar ECBI en el plan de estudios en ciencias	Lineamientos curriculares y estándares que se proponen para la educación en ciencias tanto a nivel nacional como regional Relación entre la enseñanza de las ciencias basada en indagación y los lineamientos nacionales y regionales
Apropiación Epistemológica	Grandes ideas de la ciencia:	Algunas ideas centrales de las ciencias Estrategias para promover el aprendizaje de estas ideas Estrategias para promover habilidades científicas mientras se desarrolla comprensión conceptual
Apropiación didáctica	Construcción conceptual en ECBI ¿cómo hacer cierres de clase efectivos?	Cierre y construcción de sentido en clases ECBI Características de la construcción de sentido en ECBI Estrategias para promover la construcción de sentido y la construcción conceptual en clases ECBI
Apropiación didáctica	Evaluación en ECBI	Momentos claves de un proceso evaluativo Clases de evaluación y su implicación en clases ECBI
Apropiación epistemológica	Profundización en Grandes ideas de la ciencia: ¿Cómo enseñar circuitos eléctricos y cuerpo humano?	Algunas ideas centrales de las ciencias Estrategias para promover el aprendizaje de estas ideas Estrategias para promover habilidades científicas mientras se desarrolla comprensión conceptual
Apropiación epistemológica	Naturaleza del conocimiento científico: explicaciones basadas en evidencia	Relación entre hechos, datos, evidencia y preguntas científicas Transposición de la formulación de explicaciones científicas al aula de clase
Apropiación didáctica	Concepciones previas: Rol de las ideas erróneas y alternativas en las clases ECBI	Ideas erróneas y alternativas típicas acerca de algunos conceptos científicos Enfoques de cambio conceptual Estrategias para promover cambio conceptual
Apropiación epistemológica	Profundización en Grandes	Algunas ideas centrales de las ciencias

ideas de la ciencia:	Estrategias para promover el aprendizaje de estas ideas Estrategias para promover habilidades científicas mientras se desarrolla comprensión conceptual
----------------------	--

III. MUESTRA DE DOCENTES E INSTRUMENTO DE OBSERVACIÓN.

El esquema de formación descrito se aplicó con dos cohortes de docentes en ejercicio. Una primera cohorte durante el segundo semestre de 2011 y una segunda cohorte en el 2012. De 550 docentes participantes en la formación, se visitaron 105 (20%), quienes aceptaron voluntariamente la observación de su clase.

La observación y evaluación de las prácticas de aula de los docentes visitados se realizó usando una técnica de observación participante pero poco intrusiva, y recogiendo evidencias de la implementación de la ECBI en fuentes como: registros de los estudiantes, planeaciones de clase, evaluaciones de los estudiantes y entrevista con el docente. Los observadores fueron entrenados previamente para minimizar la variación entre observadores, y se usó un instrumento de análisis de las diferentes dimensiones de la clase, basado en una matriz que incluía cuatro dominios y 19 criterios de evaluación alineados con un marco conceptual para la enseñanza de las ciencias basada en indagación ECBI, construido previamente (Pequeños Científicos, 2008). Para cada criterio se determinaron cuatro niveles de desempeño (iniciando, en proceso, consolidado, experto) calificados de 1 a 4. Se incluyó la categoría “*No observable*” cuando la información disponible no permitía clasificar el desempeño en alguno de los criterios a evaluar.

La Tabla II describe brevemente las dimensiones a observar, y el instrumento completo se puede consultar en el Anexo 1.

TABLA II. Dimensiones a evaluar en la observación de clases

Dominio ECBI	Descripción
Esquemas conceptuales	<i>Conocer, utilizar e interpretar explicaciones científicas del mundo natural.</i> Esta faceta hace énfasis en la adquisición de datos, la construcción de estructuras conceptuales organizadas y significativas que incorporen estos datos, y la utilización de estas estructuras conceptuales durante la interpretación, construcción y refinamiento de explicaciones, argumentos o modelos.
Estrategias de proceso	<i>Generar y evaluar evidencia y explicaciones.</i> Esta dimensión incluye el conocimiento y las habilidades necesarias para construir y refinar modelos basados en evidencia. Esto incluye diseñar y analizar investigaciones empíricas y utilizar evidencia empírica para construir y defender argumentos.
Marcos epistemológicos	<i>Comprender a naturaleza y desarrollo del conocimiento científico.</i> Esta dimensión se enfoca en que el estudiante comprenda la ciencia como una forma de conocer. El conocimiento científico es un tipo particular de conocimiento con sus propias fuentes, justificaciones e incertidumbres. Los estudiantes que comprenden el conocimiento científico reconocen que las predicciones o las explicaciones pueden ser revisadas ante la aparición de nueva evidencia o el desarrollo de un nuevo modelo.

Procesos sociales	<p><i>Participar de forma productiva en prácticas y discursos científicos.</i> Esta dimensión incluye la comprensión por parte de los estudiantes de las normas de participación en ciencia, al igual que su motivación y actitudes hacia la ciencia. Los estudiantes que consideran que la ciencia es algo valioso e interesante tienden a ser buenos aprendices y participantes en ciencias. Creen que el esfuerzo constante para comprender la ciencia es recompensado – no que alguna gente comprende la ciencia y otra nunca la comprenderá. Sin embargo, para involucrarse de manera productiva en la ciencia, los estudiantes necesitan comprender cómo participar en debates científicos, adoptar una posición crítica, y estar dispuestos a hacer preguntas.</p>
--------------------------	---

Una vez concluida la visita cada observador reportó el nivel de desempeño para los diferentes criterios. Los valores se analizaron teniendo como referente la media y la variación estándar del valor de desempeño de los docentes en cada criterio.

IV. RESULTADOS Y ANALISIS

La Figura 1 muestra los promedios y rangos para los diferentes dominios evaluados en la clase. A primera vista se puede observar que ningún docente se encontró en nivel experto por lo que no hay puntajes por encima de 3 para ninguna de las categorías a observar. Esto era de esperarse, ya que se asume que un docente requiere un mayor tiempo de práctica reflexiva para alcanzar el desempeño esperado en el nivel experto.

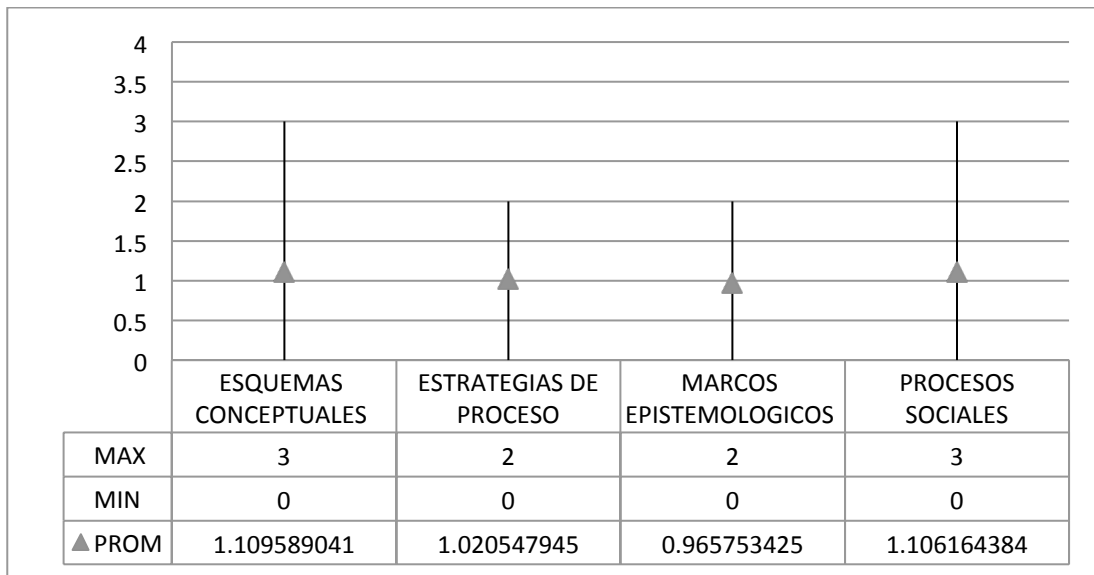


FIGURA 1. Promedios y valores máximos y mínimos de los desempeños observados para los diferentes dominios de la enseñanza de las ciencias basada en indagación ECBI.

Las categorías que presentaron el intervalo mayor de variación son las de marcos epistemológicos y la de marcos conceptuales. Esto implica que en cuanto a la construcción conceptual y la comprensión de la naturaleza de la ciencia, se presentan diferencias importantes de una clase a otra. Mientras hay clases que lo incorporan de manera muy básica, hay otras en las que el proceso está más cercano al nivel de consolidado. Esto tiene sentido, porque estas categorías implican un mayor dominio sobre la indagación, implica comprender la naturaleza de la ciencia y apoyar a que los estudiantes avancen en su entendimiento, alcanzando así la alfabetización científica. La variación en estos casos puede deberse a la formación de los docentes quienes en algunos casos cuentan con formación inicial en el área de ciencias lo que les facilita la apropiación de estos dominios.

Los dominios de procesos sociales y estrategias de procesos tienen un menor rango de variación, aunque igual tienen puntajes bajos. Esto implica que en general los docentes han comprendido elementos como la importancia de la discusión entre estudiantes y la importancia de hacer actividades en las que los estudiantes pueden medir, observar y recolectar datos. Esto evidencia que aunque algunos de estos aspectos no son explícitos en los talleres de formación, la modelación de las interacciones profesor-estudiante en el contexto formador-docente es efectiva para transformar las prácticas de aula.

Al revisar los promedios de cada categoría en los diferentes dominios es evidente que, algunos aspectos son apropiados por los docentes de forma más efectiva que otros. Por ejemplo, los docentes son más efectivos al momento de comunicar los objetivos de sus sesiones y de dar un propósito a la secuencia de clase, pero tienen dificultades en usar los datos y patrones para inferir el conocimiento, y las conclusiones a partir de los datos. De igual modo, al analizar las estrategias de proceso es evidente que, los docentes usan preguntas como orientadoras de la clase, pero no promueven de igual forma la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes. En este sentido, es claro que la producción de explicaciones y la argumentación en general en el aula de clases no resulta suficiente, y la formación planteada no parece brindar herramientas para que los maestros comprendan la importancia de promover en los estudiantes la diferenciación de las explicaciones basadas en evidencias, con las basadas en otras fuentes, y de las respuestas sin argumentación. El énfasis en este tipo de procesos no es nuevo, y se ha reconocido como una práctica propia del quehacer científico, y por lo tanto **ES** una práctica deseable en enfoques de enseñanza de las ciencias en las que los estudiantes aprenden “haciendo ciencias”. De hecho, se plantea como una fuente de evaluación de gran importancia para el trabajo en aproximaciones basadas en la indagación (Osborne, *et al.*, 2004).

El dominio de marcos epistemológicos es en general, el que se ve menos desarrollado en los maestros, a pesar de que los talleres de formación hacen alusión explícita a la naturaleza del conocimiento científico. Esto puede deberse a que los docentes incorporen lentamente aspectos epistemológicos en su conocimiento, pero que no ven la necesidad de incluirlo en sus prácticas de enseñanza, que están determinadas por un sistema de creencias sobre lo que se debe o no aprender en la clase. En este sentido, se evidencia que para los docentes no es necesario hablar de la naturaleza de la ciencia si los estudiantes están aprendiendo los conceptos y desarrollando las habilidades científicas, por lo que se deberá hacer más énfasis en esta dimensión para que sea incorporada efectivamente en el aula de clases. En este sentido, investigaciones sobre esquemas de desarrollo profesional enfocados en la naturaleza de la ciencia han mostrado que los docentes se enfocan primero en la implementación de la indagación como estrategia pedagógica, antes que transferir a sus prácticas de aula aspectos epistemológicos (Akerson & Hanuscin, 2007). Y dado que, los docentes en este estudio mostraron estar apenas en una fase inicial de la apropiación de la indagación, pensamos que requieren de mayor experticia en esta área para apropiarse mejor de los marcos epistemológicos, y así incluir aspectos de la naturaleza de la ciencia en los docentes.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La ruta de formación propuesta mostró impactar ligeramente algunos aspectos de la práctica de aula de los docentes. En particular se observó un aumento de estrategias enfocadas en el desarrollo de las habilidades sociales de los estudiantes y en las estrategias de proceso propias de la disciplina científica.

En general las transformaciones encontradas están en un nivel inicial, lo que confirma la necesidad de una formación más extensiva en el tiempo para generar mayores resultados. De hecho algunas investigaciones y reportes recientes sugieren que una formación de docentes para la apropiación de la ECBI no debe ser inferior a 80 horas, y debe ser extensiva en el tiempo (Darling-Hammond & Richardson, 2009).

Es evidente que los docentes reconocen aspectos claves de la propuesta de indagación como el cuestionamiento, el trabajo cooperativo y la observación, aunque tienen dificultades para llevarlos a la práctica cotidiana. Esto sugiere que, aunque la formación y esquema de desarrollo profesional han sido pensados con una perspectiva de aprendizaje situado (Borko, 2009), es posible que los docentes no vean cómo transferir efectivamente lo aprendido en los talleres a su práctica concreta.

El análisis realizado no da cuenta de las diferencias iniciales del grupo de docentes evaluado, debido a que se trataba de docentes que no conocían la aproximación de enseñanza de las ciencias basada en indagación. Sin embargo, es posible que algunos docentes tuvieran niveles de desempeño más alto, debido a que tenían formación inicial en áreas

científicas o técnicas, pues en Colombia es posible aplicar a un cargo docente siendo profesional en áreas como ingeniería o física. Esta información no se tuvo en cuenta en la selección de los docentes a visitar, y se reconoce como un limitante del estudio. Se reconoce también que usar evidencia cualitativa como la observación de clases y las entrevistas a docentes aumenta el sesgo de las conclusiones que se pueden sacar a partir de los datos. Y además, al usar un marco de trabajo propio, los resultados obtenidos en este estudio no son fácilmente comparables con otros ejercicios de formación y desarrollo continuo de docentes para la enseñanza, vía indagación o incluso con otros programas de formación continua.

En este sentido, Desimone (2009) argumenta en favor de un marco de trabajo común enfocado en el aprendizaje que permita comparar los diferentes estudios, y tener medidas más confiables del impacto de los programas de desarrollo profesional en la práctica de los docentes.

En conclusión, el análisis de las clases observadas muestra que el impacto de una formación de este tipo es limitado; y que es necesario complementar estas aproximaciones con otro tipo de estrategias de formación, que permitan a los docentes desarrollar las habilidades y conocimientos necesarios para llegar a un nivel de consolidado. Algunas estrategias que pueden contribuir a esto incluyen: la conformación de comunidades de práctica y la alineación de la formación con otras actividades de desarrollo profesional (Garet, *et al.*, 2001), al interior de las instituciones educativas en las cuales los maestros puedan reflexionar en grupo acerca de la efectividad de sus clases. También se recomienda el uso de videos de clases propias como un ejercicio de autoevaluación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los docentes e instituciones educativas de la ciudad de Medellín que hicieron posible este trabajo. A la Fundación Siemens por los recursos facilitados para la formación y al equipo de profesionales del Programa Pequeños Científicos que realizó las observaciones y recogió la evidencia en las clases visitadas.

REFERENCIAS

Hernández, J., Figueroa, M., Carulla, C., Patiño, M., Tafur, M. y Duque, M. (2008). Pequeños científicos, una aproximación sistémica al aprendizaje de las Ciencias en la escuela. *Revista de Estudios Sociales* 9, 51-56. Facultad de Ciencias Sociales Universidad de los Andes.

Putnam, R. T. & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4-15.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational researcher* 15(4).

Duschl, R., Schweingruber, H. & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Washington: National Academies Press.

Pequeños Científicos. (2008). *Marco conceptual de indagación en pequeños científicos*. Documento interno de trabajo MN-011.

Fensham, P. J. & Harlen, W. (1999). School science and public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 12, 755-763.

IAP. (2013). *The Global IAP Science Education Programme*. Recuperado en: <http://www.interacademies.net/Activities/Projects/12250/18276.aspx>. Consultado el: 25 de septiembre de 2013.

Siemens. (s. f.). *Generation 21*. Recuperado en: <http://www.siemens.com.br/templates/v2/templates/TemplateC.aspx?channel=8989>.

Bransford, J. (2000). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. Washington, D.C: National Academy Press.

Bown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.

Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press-Columbia University.

Osborne, J., Simon, S. & Erduran, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.

Akerson, V. L. & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.

Darling-H. L. & Richardson, N. (2009). Research Review/Teacher Learning: what matters? *How teachers learn*, 66(5), 46-53.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199.

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F. & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945.