



LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS: UNA TRADICIÓN DE INVESTIGACIÓN CONSOLIDADA COMO UNA DISCIPLINA CIENTÍFICA

SCIENCE EDUCATION RESEARCH A TRADITION OF CONSOLIDATED AS A SCIENTIFIC DISCIPLINE

Mg. Boris Fernando Candela Rodriguez¹

RESUMEN

Conviene subrayar que el campo de la educación en ciencias tiene una corta historia comparada con la existencia de las ciencias experimentales. De hecho, los resultados de los estudios llevados a cabo por los investigadores o educadores de profesores comenzaron a socializarse a través de los órganos de expresión de este campo no hace más de 100 años. Por ejemplo, una de las revistas más importantes para esta comunidad de práctica es *Science Education*, la cual emitió su primer número en 1916, siendo éste el punto de ignición para la evolución de esta clase de documentos. Desde ese tiempo se viene editando dentro de esta comunidad de práctica compendios integradores, tales como: *Digests*

de Curtis; Bening, Swift; Lawlor; *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*; *International Handbook of Science Education*; *Handbook of Research on Science Education*; y *Second Handbook of Science Education*.

Si bien, la educación en ciencias tiene una existencia relativamente joven comparada con las ciencias experimentales, al interior de ésta durante dicho período se han generado de forma sistemática y progresiva los siguientes elementos: marcos teóricos; metodologías de indagación; asociaciones de investigación; órganos de divulgación; y eventos de socialización; aspectos que probablemente ha permitido la evolución y consolidación de este campo como una disciplina de carácter científico. Naturalmente, cada uno de los anteriores elementos ha tenido como propósito central suministrar los fundamentos sobre

¹ Profesor de la Universidad del Valle (IEP); miembro del Grupo de Investigación interinstitucional Ciencias, acciones y creencias UPN-UV (categoría A1). bofeca65@yahoo.com



los cuales construir la futura investigación del campo en cuestión e impactar de manera efectiva las prácticas áulicas. Por otra parte, se ha determinado que las diferentes reformas curriculares en ciencias realizadas en muchos países han estado informadas e iluminadas por las perspectivas provenientes del campo de la educación en ciencias. Finalmente, resulta conveniente que los investigadores noveles conozcan los diferentes referentes teóricos y metodológicos que sustentan el campo en cuestión con el fin de que puedan focalizar sus estudios en una de las diferentes líneas de investigación existentes.

Palabras claves

Campo de la educación en ciencias; investigación; reformas curriculares

ABSTRACT

It should be emphasized that the field of science education has a short history compared to the existence of the experimental sciences. In fact, the results of the studies carried out by researchers or teacher educators began to socialize through the organs of expression of this field no more than 100 years ago. For example, one of the most important for this community of practice journals is Science Education which issued its first issue in 1916, and this was the flashpoint for the evolution of this class of documents. Since that time has been edited within this community of practice integrators, such as compendia: Curtis Digests; Bening, Swift; Lawlor; Handbook of Research on Science Teaching and Learning; International Handbook of Science Education (Fraser and Tobin, 1998); Handbook of Research on Science Education (; Second Handbook of Science and Education. While science education has a relatively young existence compared with the experimental sciences, within it during that period were generated in a systematic and progressive the following elements: theoretical frameworks; methods of inquiry; research

partnerships; Disclosure bodies; and networking events; aspects that probably allowed the evolution and consolidation of this field as a scientific discipline. Naturally, each of these elements has had as main purpose to provide the foundations on which to build future research field concerned and impact effectively classroom practices. Moreover, it has been determined that different science curriculum reforms carried out in many countries have been informed and enlightened about the prospects from the field of science education. Finally, it is desirable that novice researchers know the different theoretical and methodological references that support the field in question so that they can focus their studies in one of the different lines of existing research.

Keywords

Field of science education; investigation; curricular reforms

INTRODUCCIÓN

En estos tiempos donde todos los países están enfrentando problemas generados por lo inadecuado que resulta ser el sistema educativo, en relación a los cambios que están ocurriendo a nivel social y tecnológico, la investigación en educación en ciencias resulta ser la respuesta correcta y pertinente para tratar con dichos cambios que llegan desde los diferentes componentes de la sociedad. Sin embargo, se resalta que los problemas en esta comunidad de práctica no se resuelven solamente a través de la investigación. De hecho, los resultados y conclusiones provenientes de los diferentes estudios deben ser difundidos con el fin de que todos los componentes de la educación científica puedan tomar parte dentro de un proceso de cambio que quizás ayudaría a superar las presentes dificultades (Bandiera, Caravita, Torracca y Vicentini, 1999).



En este sentido, los educadores de profesores e investigadores han llegado a un acuerdo tácito, el cual hace referencia que el campo de la educación en ciencias recientemente ha logrado un desarrollo y consolidación como una disciplina científica. De hecho, los primeros estudios de investigación en este campo realizados en el comienzo del siglo XX, fueron llevados a cabo de forma aislada ya sea por un interés particular de un investigador, o por el encargo de un gobierno de turno; solo hasta el final de la década del setenta y comienzo de los ochenta la tarea de indagación sobre los problemas de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias comenzaron a desarrollarse al interior de los primeros grupos de investigación², por el deseo de éstos de brindar apoyo a las reformas curriculares en ciencias a gran escala que se estaban promoviendo en países como USA y UK (Jenkins, 2000).

En este mismo período de tiempo con el ánimo de extender el campo de la educación en ciencias por fuera de USA³, en Europa se comenzaron a publicar revistas especializadas en dicha área, las cuales recogían los resultados y conclusiones de los estudios desarrollados por los respectivos grupos (ej., European Journal of Science Education, actualmente International Journal Science Education, 1979);

² La necesidad de articular los currículos innovadores y evaluar su impacto sobre la calidad del aprendizaje de las ciencias, influyó considerablemente en el establecimiento de varios grupos de investigación, principalmente en las universidades de los US y el norte de Europa. Así, las actividades de evaluación se acoplaron con los continuos intentos para estimular las reformas curriculares.

³ La primera revista especializada en difundir los estudios de investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias fue, Science Education, la cual se publicó en el año de 1916 dentro de la tradición angloamericana del campo de la educación en ciencias. Así pues, ésta quizás fue el primer intento por tratar de alcanzar un consenso entre los investigadores con respecto a los marcos teóricos y metodológicos que se deberían usar durante las investigaciones del campo en cuestión. En ese mismo sentido, también se editó el primer compendio de educación en ciencias, Digest Curtis of Investigations, donde se recogió de manera selectiva y sistemática todos los estudios realizados durante el período de 1906 a 1957, desde luego, que muchos de éstos sirvieron como antecedentes para direccionar investigaciones posteriores.

además, las asociaciones de educación en ciencias emprendieron la programación de eventos anuales donde los investigadores podrían socializar los diferentes resultados y conclusiones de sus indagaciones a sus pares académicos. Esta situación coincidió con la fundación de programas de maestría y doctorado en educación en ciencias, en diferentes universidades del mundo, con el fin central de formar a los futuros investigadores en dicha área.

Así pues, al interior de los nacientes grupos de investigación se fueron formulando una serie de problemas focalizados en el aprendizaje, descuidando las problemáticas que encarnan la enseñanza y formación de los profesores de ciencias. Con el paso del tiempo el interés de los investigadores por estos dos últimos tópicos de investigación comenzó a crecer, además, se formularon nuevos temas de indagación que abordan la problemática de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la escuela primaria y secundaria. Evidencia de este hecho, se puede encontrar en los cuatro Handbook de investigación en educación en ciencias editados dentro de la tradición angloamericana (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Abell y Lederman, 2007; y Fraser, Tobin y McRobbie, 2012), los cuales hacen una revisión sistemática a la literatura que recogen los diferentes intereses intelectuales y tópicos de investigación del campo de la educación en ciencias.

Por tanto, el campo de la educación en ciencias a través de sus diferentes estudios de investigación ha tratado de dar respuesta a interrogantes, tales como: **¿De qué manera conectar la teoría con la práctica educativa? ¿Cómo llevar a cabo una enseñanza eficiente en el aula de ciencias? ¿Cómo los estudiantes logran un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado? ¿Cuáles son las ideas fundamentales de las ciencias, conceptos transversales y prácticas**



científicas y cómo se organizan éstas dentro del currículum de las ciencias? ¿Cuál debería ser la meta de la educación en ciencias, formar científicos o alfabetizar científicamente a toda la población? ¿Cómo el profesor preservicio o en servicio logra identificar y desarrollar su conocimiento pedagógico de las ciencias? ¿De qué manera se puede seguir educando a la población después de que egresa de la escuela primaria y secundaria? ¿Cuáles serían las mejores estrategias de evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje? De hecho, las respuestas a cada uno de estos interrogantes ha originado un conjunto de constructos y perspectivas metodológicas, los cuales se convirtieron en el punto de referencia tanto para formular y sustentar nuevos problemas como para orientar la solución a éstos.

En este sentido, en el vasto cuerpo de conocimiento que subyace al campo de la educación en ciencias podemos ver los siguientes constructos: currículum e instrucción; tiempo de espera; organización y gestión del aula; diseño de ambientes de aprendizaje; bases del conocimiento para la enseñanza; conocimiento pedagógico del contenido (CPC); pedagogía general; cambio conceptual; concepciones alternativas; investigación basada en el diseño; secuencias de enseñanza y aprendizaje; progresiones de aprendizaje; experimentos de diseño; corredores conceptuales; discurso y comunicación en el aula; ciclo de aprendizaje; estrategias de enseñanza (ej., Predecir, Observar y Explicar); pensamiento multinivel; modelos teóricos; esquemas de razonamiento, modelos mentales; prácticas científicas, conocimiento en la acción, reflexión en y sobre la acción, entre otros. Naturalmente, este marco teórico ha evolucionado a lo largo de la existencia de esta área de investigación, así pues, algunos de estos constructos se han extendido o desaparecido, al tiempo que otros han emergido. De ahí que, la evolución progresiva de estos elementos teóricos haya sido considerada por

esta comunidad de práctica como uno de los aspectos claves de la consolidación y desarrollo del área bajo consideración.

Finalmente, en línea con los argumentos de arriba los principales pasos en la evolución del campo de la educación en ciencias podrían ser evidenciados en los resúmenes de las varias conferencias internacionales sostenidas entre las décadas del 60 y 90, junto con el cuerpo de conocimientos que subyace a los cuatro Handbook de investigación en educación en ciencias. De hecho, al inspeccionar los títulos y contenidos, tanto de las conferencias como de los artículos en los respectivos compendios, se puede ver la evolución progresiva de elementos del campo bajo consideración: problemas teóricos y prácticos; ideales intelectuales; ambiciones explicativas; metodologías de investigación; y poblaciones conceptuales en evolución.

Por ejemplo, en el comienzo los estudios se centraron en aspectos generales de la enseñanza, pero luego se movieron hacia la indagación de cómo diseñar la enseñanza de conocimientos de dominio específico. Adicionalmente, los primeros diseños de investigación fueron de corte cuantitativo, luego pasaron a un enfoque cualitativo y, posteriormente a una metodología de perspectiva mixta. En cuanto a, los marcos conceptuales que fundamentaron las primeras indagaciones fueron de perspectiva conductista pasando por un constructivismo radical y finalizando con un constructivismo sociocultural. Naturalmente, que a cada una de estas evoluciones las subyacen los principios de unidad, continuidad y coherencia planteados por Toulmin (1972), como criterios que permiten clasificar a un ámbito del saber como una disciplina de carácter científico.



DIVERSIDAD DE INTERESES DE INVESTIGACIÓN EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS FACTOR CLAVE PARA LA CONSOLIDACIÓN COMO DISCIPLINA DE CARÁCTER CIENTÍFICO

La revisión sistemática de los cuatro Handbooks de Investigación en Educación en Ciencias junto con un amplio espectro de revistas de investigación en esta área, permitió evidenciar que los grupos de investigación de referencia del campo en cuestión, en los últimos treinta años han abordado un amplio espectro de tópicos de indagación (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Abell y Lederman, 2007; y Fraser, Tobin y McRobbie, 2012). Desde luego, que estos documentos incluyen trabajos relacionados con profesores, estudiantes, escuelas, museos, textos escolares, tecnología educativa, tecnologías de la información y la comunicación, pedagogía, currículum, evaluación y temas de género. De ahí que se entre afirmar que el marco teórico que funda al campo de la educación en ciencias es amplio y complejo, dado que recoge cada uno los aspectos que ayudan a configurar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias tanto en escenarios formales como informales.

Adicionalmente, se destaca que la gran mayoría de los estudios llevados a cabo en el campo de la educación en ciencias, han tenido sus objetos y sujetos de indagación en escenario como la escuela secundaria, descuidando un poco lo que tiene que ver con la educación primaria y terciaria. Sin embargo, en las últimas décadas los educadores de profesores e investigadores han aumentado su deseo por comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje del currículum de las ciencias en contextos de la escuela primaria, superior y en la educación de carácter no formal. De ahí que, éste sea considerado por esta comunidad como un elemento que ha ayudado al desarrollo de la identidad de la educación en ciencias como una disciplina científica.

En cuanto a las perspectivas del diseño metodológico utilizado por los investigadores de la educación en ciencias, con el fin de darle respuesta a sus interrogantes de investigación, se afirman que ellos en un inicio usaron enfoques cuasi-experimentales cuya heurística se caracterizó por la identificación y control de variables, con el propósito deliberado de hallar una relación de covarianza entre éstas. Así pues, dicho enfoque metodológico lo subyace una racionalidad positivista donde la objetividad juega un papel crítico. Ahora bien, en el comienzo de la década de los ochenta los miembros de esta comunidad de práctica comenzaron a conceptualizar la enseñanza como un proceso complejo e incierto, en el que resulta difícil el control de variables; esta situación quizás los motivó a ellos a moverse hacia una perspectiva metodológica de carácter cualitativo e interpretativo, donde el significado de las acciones, acontecimientos y procesos de los agentes educativos son un factor importante para explicar muchos de los fenómenos de la escuela. En este sentido, a esta perspectiva la funda el marco de la comprensión humana donde el lenguaje y subjetiva son elementos centrales para la indagación.

Actualmente, la comunidad del campo de la educación en ciencias ha comenzado a considerar que las dos perspectivas anteriores no son excluyentes como inicialmente se había pensado. Por el contrario, éstas se pueden utilizar de forma complementarias (perspectiva mixta) y, de esta manera alcanzarse un proceso de triangulación por método, el cual le brindaría confiabilidad y credibilidad a la series de resultados y conclusiones provenientes de los estudios bajo consideración. Bajo este supuesto actualmente varios estudios de investigación publicados han asumido el enfoque mixto de investigación (Gorard & Taylor, 2004).

Por otra parte, la investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias tiene



una rica historia, la cual ha sido dividida en varios programas de investigación: proceso-producto; tiempo y aprendizaje; cognición del alumno y la mediación de la enseñanza; ecología del aula; proceso del aula y la investigación de la ciencia cognitiva; cognición del profesor y la toma de decisiones (Shulman, 1987). Se destaca que cada uno de dichos programas asumió los marcos metodológicos de la perspectiva de investigación cuantitativa o cualitativa, con la intención de resolver los problemas formulados por el programa de investigación en cuestión. Por ejemplo, los estudios adscriptos al proceso-producto utilizaron una metodología cuasi experimental, en tanto, los de la cognición del profesor y la toma de decisiones, implementaron un enfoque metodológico interpretativo.

Las anteriores asunciones permiten considerar que la naturaleza del campo de la educación en ciencias está caracterizada por una marcada diferencia en los elementos conceptuales y metodológicos, además, de la considerable diversidad en el foco de los tópicos de investigación. Por consiguiente, el cuerpo de conocimientos del campo en consideración deja ver en el mundo dos tradiciones de investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, a saber: pedagógico/curricular y empírica/teórica (Jenkins, 2000).

La tradición pedagógico/curricular tiene como foco de investigación mejorar la práctica educativa, es decir, la enseñanza de las ciencias. Desde luego, que en el momento donde los estudiantes logren una comprensión conceptual e integral de las grandes ideas y prácticas de las ciencias, es a causa, quizás de una enseñanza ejemplar de esta disciplina. Sin embargo, se ha venido evidenciado que muchos de los marcos teóricos provenientes de dichos estudios no ha logrado impactar las aulas de ciencias, razón por la cual actualmente se afirma que el campo de la educación en ciencias está en un estado de crisis. Así pues, muchos de los estudios que se

están llevando a cabo en los actuales momentos tiene como propósito deliberado el de ayudar a superar dicha crisis a través de la articulación intencionada de la teoría con la práctica, desde los diferentes ámbitos que configuran la enseñanza y el aprendizaje del currículum de las ciencias.

La anterior tradición de investigación fundamentó la gran mayoría de reformas curriculares en ciencias desde la década del sesenta. Por lo general, dicha tradición le entregó a los profesores una serie de consejos prácticos de cómo diseñar la enseñanza y gestionar el aula de ciencias; adicionalmente, suministró una serie de materiales curriculares, por ejemplo, textos escolares, implementos para demostraciones y prácticas de laboratorio.

La tradición empírico/teórica de la investigación en educación en ciencias, ha estado focalizada más en USA que en Europa. La naturaleza de esta tradición ha estado centrada en los estudios cuasi-experimentales enmarcados dentro de una racionalidad positivista, cuyo fin es el de obtener un conjunto de “datos objetivos”, con el propósito de comprender e influir una realidad educativa. Desde luego, que ésta también ha tenido como meta central mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En los últimos treinta años como consecuencia de la conceptualización de la enseñanza y aprendizaje como procesos complejos y sutiles, se ha dado un cambio en las perspectivas metodológicas desde lo cuantitativo a lo cualitativo.

Por tanto, la revisión de la literatura que recoge el campo de la educación en ciencias ha dejado evidenciar que las dos tradiciones de investigación tienen la misma meta central, mejorar la calidad de la enseñanza para asistir con ésta el aumento del aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de los tópicos del currículum de las ciencias. Esta situación, quizás ha llevado a pensar a los miembros de esta comunidad de práctica que



los dos enfoques de investigación (cuantitativo y cualitativo) en lugar de ser excluyentes son complementarios. Así pues, en los actuales momentos muchos estudios de investigación han asumido como perspectiva metodológica la mixta.

Finalmente, el cuerpo de conocimientos que configuran a los órganos de divulgación del campo de la educación en ciencias (ej., revistas en educación en ciencias, Handbook de investigación, libros, entre otros), permiten ver los siguientes presupuestos, los cuales son una evidencia de la manera como esta área ha sufrido una evolución progresiva:

1. Las diferentes contribuciones que los estudios de investigación en educación ciencias ha hecho tanto a las políticas como a las prácticas educativas, deberían ser sometidas a una evaluación rigurosa; considerando que, se ha demostrado que muchos de estos estudios carecen de sólidos diseños metodológicos de investigación, situación que se traduce en una ruptura entre la teoría generadas al interior de los grupos de investigación y, las prácticas del diseño y la enseñanza de tópicos específicos.
2. El campo de la educación en ciencias tiene una historia desde el comienzo de 1900, como lo dejan ver los varios Digests Curtis of Investigations on the Teaching of Science, que recogen la investigación en esta área en USA desde 1906 hasta 1957, desde luego, que este tipo de estudio fue de perspectiva cuantitativa y de corte positivista. Por tanto, la educación en ciencias no se origina en la década del sesenta y setenta como los afirman algunos educadores de profesores de ciencias.
3. El cuerpo teórico y metodológico del campo de la educación en ciencias se ha caracterizado por su amplia diversidad

en elementos, tales como: tópicos de investigación; perspectivas metodológicas; ubicación institucional o departamental de los investigadores; y antecedentes profesionales de éstos.

LAS REVISTAS DE INVESTIGACIÓN ELEMENTO QUE HA EJERCIDO UNA FUERTE INFLUENCIA EN LA CONSOLIDACIÓN DEL CAMPO DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Los educadores de profesores de ciencias e investigadores han consolidado la creencia que los profesores de la escuela primaria y secundaria, consideran que una experiencia práctica personal es más importante que la teoría proveniente de la literatura basada en la investigación y, una opinión es más confiable que una evidencia (Sanmartí, 2008). Esta situación ha hecho que los profesores tiendan a enseñar de la misma manera como le enseñaron a ellos, es decir, que sus prácticas de enseñanza no estén informadas e iluminadas por la literatura basada en la investigación. Por tanto, las concepciones que presentan ellos sobre cómo aprenden los sujetos y cómo se debería de enseñar un contenido específico han evolucionado muy poco a lo largo del tiempo.

Así pues, quizás una consecuencia de la situación anterior es que los profesores de este nivel de enseñanza por lo general leen poco acerca de las investigaciones e innovaciones llevadas a cabo en esta área de conocimiento y, menos escriben sobre los resultados del proceso del diseño, la implementación y evaluación de la enseñanza de una disciplina en cuestión. De hecho, los educadores de profesores últimamente han comenzado a evidenciar que estos profesionales tienden más a pensar en lo que sucedería en la próxima clase que a tratar de comprender los eventos acontecidos durante el proceso actual de enseñanza de un contenido específico; adicionalmente, desconfían de las "teorías", dado que, éstas las consideran poco útiles a lo largo de la práctica áulica (Sanmartí,



2008).

La anterior situación se ha materializado en una ruptura entre la teoría y la práctica educativa, la cual es traducida en las múltiples dificultades y limitaciones que vienen teniendo los estudiantes para lograr un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del currículum de las ciencias. De ahí que, educadores de profesores e investigadores hayan aumentado su interés sobre cómo superar dicha brecha, para ello la han convertido como objeto de investigación desde las principales líneas de investigación que configuran el campo de la educación en ciencias, donde se asumen la enseñanza como un proceso complejo en el cual no se puede aplicar los marcos teóricos desde una racionalidad técnica, sino que se debería reflexionar a partir de éstos sobre las necesidades educativas contextuales.

Por tanto, la investigación en educación en ciencias ha de afrontar globalmente la ruptura entre la teoría y la práctica a partir de la descripción y comprensión de los pensamientos y acciones de los diferentes miembros del colectivo áulico. Desde luego, que el propósito central de esta perspectiva es la de producir una serie de generalizaciones naturalísticas las cuales deberían ser validadas, implementadas y evaluadas ecológicamente.

En este sentido, no se puede hablar del área de la educación en ciencias como un campo de investigación con identidad propia, si no, se logra superar la brecha existente entre la teoría y la práctica educativa. Para ello, los educadores de profesores e investigadores del área de la educación en ciencias han comenzado a asumir el reto de formular y sustentar los problemas de carácter práctico, los cuales no podrían ser resueltos solo desde la experiencias, sino, que se debería tomar en consideración la literatura basada en la investigación en conjunción con la sabiduría experiencial, elemento que permitiría construir la explicación más ajustada a dichas

situaciones problemáticas. Desde luego, que los marcos teóricos y metodológicos producidos desde esta clase de estudios, para poder ser difuminados rápidamente entre los miembros de esta comunidad de práctica necesitan de la edición de revistas especializadas, las cuales serían más accesibles a los profesores de la escuela primaria y secundaria, comparadas con otros órganos de divulgación como conferencias, libros y congresos. Así pues, la comunidad del área de la educación en ciencias se ha movido desde difundir los problemas, resultados y conclusiones de sus estudios a través de las revistas de los ámbitos científico y pedagógico, hacia una divulgación por medio de revistas especializadas del área en cuestión (Sanmartí, 2008).

Por tanto, con la intención de establecer el vínculo teoría-práctica educativa, las asociaciones de investigación en conjunción con los educadores de profesores e investigadores han hecho esfuerzos económicos y políticos por fundar revistas especializadas en esta área, con el propósito de que la teoría que se produzca en los estudios sobre la enseñanza y aprendizaje de los tópicos de las ciencias, comience hacer el marco de referencia de donde los profesores se apoyan para diseñar, implementar y evaluar la enseñanza de tópicos específicos que le brinde la oportunidad a los estudiantes de alcanzar una comprensión conceptual e integrada. Así pues, la primera revista dedicada a dar a conocer los resultados de las investigaciones en el área de la educación en ciencias es *Science Education*, la cual fue editada en el año de 1916. Posteriormente, en los comienzos de la década del 60 se publica el *Journal Research in Science Teaching*; en 1974 es editada *Studies Science Education*; y la *European Journal of Science Education* aparece en 1979 (actualmente *International Journal*).

Finalmente, el conjunto de revistas del campo de la educación en ciencias dejan ver la evolución



en el tiempo de los elementos que le han dado la identidad a éste. Por lo general, en el cuerpo de estos documentos se puede evidenciar que los intereses intelectuales, los problemas, las variantes conceptuales, y las metodologías de indagación han sufrido transformaciones o eliminaciones a consecuencia de las discusiones y consensos que se dan al interior de dicha comunidad de práctica. Por ejemplo, en la década de 1970 la gran mayoría de los estudios se fundamentaron en la teoría de Piaget, sin embargo casi desaparecen a mediados de la década del ochenta, mientras que en este mismo período comienza a aumentar el interés por la teoría sociocultural de Vygotsky, y actualmente las investigaciones se están fundando a partir de marcos teóricos de grano fino focalizadas en las particularidades de la enseñanza de una disciplina específica. Adicionalmente, ha entrado a jugar en el diseño de la enseñanza de un tópico específico la perspectiva de la CTS.

LAS REFORMAS CURRICULARES COMO EVIDENCIA DEL DESARROLLO Y CONSOLIDACIÓN DEL CAMPO DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

En el tiempo del crecimiento y la estabilidad económica de algunos países occidentales, durante la era de la guerra fría, los políticos, industriales y diseñadores de la educación comenzaron a mostrar interés por la calidad de la educación en ciencias. De ahí que, tomaran la decisión de diseñar currículos alternativos a gran escala con el propósito de mejorar, la enseñanza y el aprendizaje en las aulas. Quizás, ellos consideraron que dicha situación se lograría traducir en un desarrollo científico y tecnológico para estos países.

Con el fin de alcanzar la meta presupuestada arriba, en los USA se inicia la ola del diseño de proyectos curriculares a gran escala, cuyos marcos teóricos y metodológicos junto con los materiales instruccionales, influenciaron fuertemente las reformas en la educación en

ciencias, tanto en países americanos como europeos. Desde luego, que el pensamiento innovador acerca de la educación en ciencias que fundamentó los movimientos de reformas curriculares fue inspirado por el conocimiento disciplinar, la sabiduría artesanal relacionada con la práctica de la enseñanza y las teorías educativas y psicológicas (Psillos, 1999).

En este sentido, Ralph Tyler en su libro *Forces Redirecting Science Teaching* (1962), afirma que la sociedad ha ejercido una fuerte influencia en los cambios de la educación en ciencias durante sus principales períodos de transformación. De ahí que, él considere que factores sociales, tales como: económicos, tecnológicos, industriales, ambientales, políticos, éticos y morales, determinan la manera como los educadores de profesores e investigadores perciben las nuevas formas de la educación en ciencias. Por tanto, Tyler declara que estas condiciones sociales son uno de los factores dinamizadores de las diferentes reformas curriculares que ha sufrido la educación en ciencias en el mundo.

Ahora bien, otro aspecto clave para el diseño y la implementación de las reformas curriculares llevadas a cabo principalmente en el contexto anglosajón, hace referencia a la evolución progresiva que ha sufrido el campo de la educación en ciencias. En efecto, éste a lo largo de sus 100 años de existencia muestra una serie de transformaciones de manera progresiva y evolutiva en elementos estructurales, tales como: ideales intelectuales, problemas, metas, variantes conceptuales y metodológicas, órganos de divulgación y foros de discusión. Naturalmente, que la interacción bidireccional de estos factores es el caldo de cultivo a través del cual se configura la estructura básica de la educación en ciencias, la cual quizás ha venido informando e iluminando las diferentes reformas curriculares en ciencias.

Por otro lado, se considera que la educación en ciencias de la escuela primaria y secundaria



tiene una historia de reformas curriculares, las cuales se han originado a consecuencia de las diferentes necesidades contextuales producidas dentro de los sistemas sociales de los países. Así pues, los políticos, gobernantes y diseñadores curriculares, influenciados de manera explícita o implícita por los marcos teóricos de los educadores de ciencias e investigadores, han visto el currículum de ciencias como un vehículo para darle solución a las situaciones problemáticas de orden local, nacional y global con las que se enfrentan a diario la población en general.

En este sentido, resulta probable que a lo largo de la historia del campo de la educación en ciencias los miembros de esta comunidad de práctica, en conjunción con sus instituciones y órganos de divulgación, hayan intervenido de manera directa o indirecta en el diseño de las diferentes reformas curriculares del área en cuestión, ya sea por un interés particular o por encargo del gobierno de turno. Quizás a cada una de dichas reformas las subyacen algunos de los fines intelectuales establecidos de manera consensuada por los miembros del campo de la educación en ciencias. Por ejemplo, formar científicos; alfabetizar científicamente a todos los ciudadanos; y generar una fuerza laboral científicamente formada, entre otros.

Conviene subrayar, que estos fines del campo de la educación en ciencias ayudaron a catalizar la formulación y sustentación de un conjunto de problemas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Así pues, los investigadores a lo largo de la existencia de dicho campo han construido de manera colegiada las soluciones a dichas situaciones problemáticas, las cuales constituyen los diferentes marcos teóricos que han venido direccionando una serie de reformas curriculares en muchos países.

Desde luego, que para darle respuesta de manera selectiva y sistemática a cada una de las diferentes problemáticas formuladas al

interior del campo de la educación en ciencias, sus miembros tuvieron que adherirse a una perspectiva metodológica. Naturalmente, en los primeros años del desarrollo de este campo sus integrantes utilizaron perspectivas metodológicas de carácter cuantitativo y diseños cuasi-experimentales. Con el paso de los años el enfoque metodológico de ellos se movió hacia una metodología de corte cualitativo donde la subjetividad juega un papel clave. En los actuales momentos los investigadores han comenzado a considerar que estas dos perspectivas metodológicas en lugar de ser excluyentes son complementarias; de ahí que, se haya iniciado la utilización de diseños metodológicos mixtos, los cuales quizás brindan confiabilidad a la serie de resultados obtenidos desde dichos estudio (Abell & Lederman, 2007).

Por tanto, resulta probable entrar a considerar que el marco teórico y metodológico que subyacen a las reformas curriculares en la enseñanza de las ciencias reflejan de manera latente las genealogías escolásticas e institucionales⁴ por la que ha atravesado el campo de la Educación en Ciencias a lo largo de su evolución histórica. Así mismo, el diseño de estas series de reformas sirven de evidencia empírica para apoyar la tesis que la educación en ciencias es una empresa racional e histórica, la cual ha alcanzado un desarrollo y consolidación como una disciplina científica, ya que, la teoría generada desde ésta ha servido como punto de referencia para resolver los problemas prácticos

4 En este documento el constructo genealogía escolástica significa la evolución progresiva de elementos como: problemas teóricos y prácticos; ideales intelectuales; ambiciones explicativas; metodologías de investigación; y poblaciones conceptuales en evolución. Por otra parte, la genealogía institucional se refiere a la evolución y formación de instituciones que agremian a los profesionales acreditados los cuales comparten unos ideales intelectuales (Toulmin, 1972).



de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, a pesar de que a dichas reformas la subyacen un rico marco teórico de perspectivas alternativas en educación, muchas de éstas solo se han quedado en los currículos prescritos por las políticas educativas, sin lograr impactar las prácticas educativas en el aula, situación que ha sido asumida por esta comunidad de práctica como la crisis del campo de la educación en ciencias.

Ahora bien, como resultado a que las reformas curriculares en enseñanza de las ciencias han comenzado a ser consideradas por los educadores de profesores como una evidencia fuerte del desarrollo y consolidación del campo de la educación en ciencias, se hace pertinente llevar a cabo una breve descripción histórica de la serie de reformas realizadas desde finales de 1800 hasta los actuales momentos. Para ello, se focaliza esta representación histórica en las transformaciones progresivas que han sufrido los propósitos de la enseñanza de las ciencias, y en la manera como éstos fueron organizados, tanto en el currículum como en la instrucción. Adicionalmente, se tendrán en cuenta los diferentes modelos de enseñanza de las ciencias que están alineados con los propósitos específicos.

En este sentido, los educadores de profesores consideran que los propósitos que han direccionado la configuración de la educación en ciencias en la escuela a través del currículum y la instrucción son los siguientes: (1) el conocimiento empírico de los sistemas físicos y biológicos (productos de las ciencias); (2) los métodos de investigación (procesos de las ciencias); y (3) el desarrollo personal del estudiante. Desde luego, que éstos han direccionado al interior de los grupos de investigación el diseño de los diferentes modelos de enseñanza que han venido siendo utilizados por los profesores en las aulas de ciencias desde esa época (Bybee, 1977).

Así pues, el primer propósito incluye el rango de observaciones acumuladas y la información sistemática acerca del Universo, es decir, en sus formas variadas los hechos, los conceptos, las generalizaciones y los esquemas conceptuales generados por los científicos son parte de este propósito. Por tanto, cuando se diseña la enseñanza y el aprendizaje el diseñador intenta responder el interrogante, ¿Qué conocen los científicos de una disciplina específica?

El segundo propósito, abarca las técnicas de investigación o **prácticas científicas**, las cuales se materializan a través de las competencias para resolver problemas. Por ejemplo, observar, predecir, formular hipótesis, argumentar, modelar, explicar, entre otras, son consideradas habilidades científicas. Adicionalmente, a estas competencias los hombres de ciencias deberían de presentar actitudes como: ser abierto a la crítica, reconocer el error, mantener la curiosidad, ser honesto con la observación, predicción, formulación de hipótesis, modelación, recolección de datos, argumentación, y mantener un cuestionamiento permanente de los resultados. En consecuencia, los diseñadores curriculares intentan darle respuesta al interrogante, ¿Qué hacen los científicos para producir nuevo conocimiento?

Finalmente, el currículum y la instrucción deberían también tomar en consideración el desarrollo del estudiante. Este propósito incluye los requisitos intelectuales, emocionales, físicos y sociales necesarios para que el estudiante logre internalizar y desarrollar los productos y los procesos de las ciencias. Desde luego, estos elementos son comunes para todas las disciplinas del plan de estudios, adicionalmente, deben de ser alineados con los antecedentes de los estudiantes singulares. El reconocimiento de este propósito es un intento de darle respuesta a la pregunta, ¿Qué puede el estudiante singular conocer y hacer en un nivel de desarrollo particular?



En consonancia con los anteriores presupuestos, estos propósitos fundamentales han direccionado el diseño del currículum y la instrucción de la educación en ciencias a lo largo de su historia. De hecho, durante la evolución de este campo se ha evidenciado que las necesidades propias de una región, junto con la serie de constructos novedosos producidos al interior de esta comunidad de práctica han inducido a los diseñadores de las políticas educativas en ciencias a focalizar la enseñanza de estas disciplinas en uno de los tres propósitos mencionados. En efecto, este hecho produjo hasta el momento, en la educación en ciencias, una variedad de **énfasis** curriculares⁵, los cuales quizás estarían alineados con los intereses de los gobiernos de turno (Roberts, 1988).

Tomando como referencia el examen y la organización de los tres propósitos dentro del currículum de la educación en ciencias, se describirá brevemente las transformaciones históricas que éste ha sufrido. Desde luego, que esta situación probablemente serviría como una evidencia que apoyaría la tesis, el campo de la educación en ciencias es un **área** que ha alcanzado una identidad de disciplina científica, de acuerdo a los criterios disciplinares de Toulmin (1972).

En coherencia con este presupuesto, los diferentes énfasis curriculares han estado fundados por los marcos que subyacen a las percepciones y modelos de la enseñanza de las ciencias provenientes del campo en mención. Naturalmente, dichos modelos están determinados por el énfasis que hagan los diseñadores curriculares y educadores de

ciencias en uno de los propósitos de la enseñanza de las ciencias, con el fin de hacerle frente a las necesidades claves de la sociedad a la cual ellos pertenecen. Por ejemplo, según Bybee (1977), a finales de 1800 la combinación de la expansión industrial y la emigración desde las áreas rurales apoyaron la consolidación de dos modelos, uno sobre el estudio de la naturaleza el cual tuvo como propósito central el desarrollo del sujeto, y el otro se centró en la comprensión del conocimiento donde el estudiante debería de internalizar las teorías, conceptos y principios de la disciplina.

En los primeros años del siglo XIX la educación en ciencias de la escuela secundaria, estuvo alineada con el propósito de que los estudiantes desarrollarán el conocimiento del contenido de las ciencias. Así, esta percepción generó el modelo de enseñanza de la ciencia fundamental. Desde luego, que este modelo fue propuesto por líderes educativos como Francis Parker, Wilbur Jackman, William Harris, y E. G. Howe, como una consecuencia de la transición de los países desde una sociedad agraria a una tecnológica-industrial. De hecho, ellos en esa época ejercieron una fuerte influencia en los gobernantes y diseñadores de políticas educativas con el fin que su propuesta fueran asumida e implementada en las escuelas.

Por esta misma época algunos educadores de profesores de ciencias ejercieron una contrafuerza al modelo centrado en el conocimiento disciplinar, moviéndose hacia una percepción focalizada en el desarrollo del sujeto, conocida como modelo de estudio de la naturaleza. Esta transformación curricular se debió a la migración de la población desde las áreas rurales a las urbanas, produciéndose una sobrepoblación de las últimas y, como consecuencia una disminución de las posibilidades de empleo, situación que se vio reflejada en la crisis agrícola que sufrieron muchos países durante este tiempo (ej., EEUU).

⁵ Roberts (1988) afirma que las políticas curriculares en ciencias están constituidas por dos elementos claves, a saber: los tópicos de las ciencias y los objetivos. Los últimos encarnan los siete énfasis curriculares en ciencias que han direccionado el currículum y la instrucción en muchos países, a saber: enfrentando la cotidianidad; estructura de la ciencia; ciencia-tecnología-decisiones; desarrollo de habilidades científicas; explicaciones correctas; como un explicador; y fundamentación sólida. Desde luego, que estos siete énfasis tienen cuatro visiones comunes: ciencias, aprendiz, profesor y sociedad.



Así mismo, los educadores de profesores y diseñadores de políticas educativas comenzaron a visualizar que la educación en ciencias podría ayudar a superar esta crisis; es decir, a motivar a las personas para que regresen a sus actividades agrícolas. Para ello, diseñaron programas curriculares cuya meta era brindar la oportunidad a la población para alcanzar un desarrollo personal y social, el cual les permitiría vivir una vida rica y feliz sin importar cuál sea su profesión o negocio (Bybee, 1977).

Por otro lado, en la década de 1960 Dewey, comenzó a sugerir que el currículum y la instrucción en ciencias se deberían focalizar en el desarrollo de las competencias científicas. Así pues, él consideró que la educación en ciencias tendría que ser funcional, centrada en el estudiante, y reflejar las realidades de la época, para ello, ésta *generaría* los espacios en donde el estudiante a través de las actividades de aprendizaje y las prácticas científicas *comenzarían* a emular la resolución de problemas de orden social. Por lo general, los educadores de ciencias y diseñadores curriculares, influenciados por esta filosofía pragmática dirigieron reformas curriculares cuyo propósito primario fue el aprendizaje de los métodos de investigación de las ciencias.

Otro elemento que ejerció una fuerte influencia en las reformas curriculares focalizadas en el conocimiento y los métodos científicos, fue la carrera espacial que sostuvo EEUU con la antigua Unión Soviética, donde el lanzamiento del Sputnik fue catalogado como el agente dinamizador de esta nueva percepción de la educación en ciencias. Quizás, la “superioridad científica” de la Unión Soviética fue real o imaginaria, sin embargo, ésta sirvió para que dicha reforma fuera desarrollada con mayor velocidad y amplitud. Naturalmente, la reforma producida en este tiempo adoptó como modelo de educación en ciencias el descrito por Jerome

Bruner en el libro *The Process of Education*⁶, en éste se asume como propósito primario el conocimiento de la disciplina y, los *métodos* científicos el medio para lograrlo. Posteriormente, la NASTA en el libro, *Theory Into Action*⁷, declaró como propósitos fundamentales a los esquemas conceptuales y procesos de las ciencias.

En cuanto a la década del 70, los educadores de profesores comenzaron a mostrar un interés nuevamente por el propósito curricular que hace referencia al desarrollo del sujeto en aspectos como la identidad y la autoestima. Esta situación llevó a que los diseñadores de las políticas educativas en ciencias, sugirieran que el currículum de ciencias se configurara a partir de un equilibrio entre los tres propósitos mencionados arriba (conocimiento, métodos científicos y desarrollo del sujeto). Esta nueva postura curricular recibió el apoyo de eruditos como Bruner (1961), Paul Dehart, Piaget (1973), quienes pusieron a disposición sus marcos teóricos de la psicología cognitiva y los métodos humanísticos para la enseñanza de las ciencias.

Por lo que se refiere, a los movimientos de las reformas curriculares de la década del 1980 y comienzos del 1990, se afirma que los marcos teóricos sugeridos por las diferentes asociaciones del campo de la educación en ciencias, han ejercido una fuerte influencia en el diseño de los currículos prescriptos, los cuales direccionan la educación en esta área en los EEUU a nivel estatal y local. Por ejemplo, instituciones como la American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1989); la National Science Teachers Association (NSTA, 1989); la The National Center for Improving Science Education (NCISE), entre otras, durante este período financiaron proyectos, tales como: *The Science for All Americans*; la publicación de *Benchmarks for Scientific Literacy*; “Scope,

6 Bruner, J., (1960). *The Process of Education*, New York: Vintage Books,

7 NSTA (1964). *Curriculum Committee. Theory Into Action*, Washington, D.C.: National Science Teachers Association.



Sequence, and Coordination; y el proyecto the National Science Education Standards. Desde luego, que la mayoría de estos proyectos fueron dirigidos por educadores de profesores e investigadores del campo de la educación con el propósito de impactar las aulas de ciencias de manera efectiva (Bybee, 1997).

LOS OBJETOS DE INVESTIGACIÓN CATALIZADORES EN EL DESARROLLO DEL ÁREA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

En el comienzo de la investigación en educación en ciencias los educadores de profesores llevaron a cabo estudios, cuyo fin central fue el de recoger información sobre la enseñanza de las ciencias. De ahí que, éstos se focalizaran en querer evaluar el nivel de comprensión del conocimiento científico alcanzado por los estudiantes a lo largo de su escolaridad. Para ello, utilizaron instrumentos de monitoreo como cuestionarios de selección múltiples; tareas de laboratorio; entrevistas donde indagaron sobre el currículum de esta disciplina; observación participante, entre otros.

Así, los resultados de estos estudios generaron un gran cuerpo de conocimiento que recoge elementos claves sobre la organización y gestión del aula de ciencias (ej., tiempo de espera, estructura de organización de la clase, formas de comunicación, entre otras). Adicionalmente, éstos permitieron que la dinámica en el aula se moviera desde una perspectiva de aprendizaje competitivo a un aprendizaje cooperativo centrado en el estudiante. En efecto, estos estudios han demostrado que esta última perspectiva le brinda múltiples oportunidades al estudiante para comprender y relacionar los conceptos de las ciencias. Por esto, muchas de las reformas curriculares a gran escala han tomado los marcos teóricos que subyacen a esta postura como puntos de referencia para diseñar la gestión del aula en esta área.

En coherencia con los anteriores estudios, se

llevaron a cabo investigaciones que tuvieron como propósito estudiar la relación entre los ambientes de aprendizaje y las competencias necesarias para resolver la serie de problemas que fundan a cada una de las disciplinas que constituyen las ciencias. Por lo general, esta clase de investigaciones permitieron afirmar que las competencias para resolver las situaciones problemas que recogen los diferentes tópicos de la química, la física, la biología y las ciencias de la tierra, dependen tanto del nivel de madurez como de las capacidades de orden superior que posean los estudiantes (Niaz, 1988). Adicionalmente, se concluyeron que los estudiantes consistentemente logran una comprensión algorítmica de los problemas de la química y la física, sin embargo, ellos no alcanzan una comprensión conceptual de los fenómenos en cuestión (Nakhleh, 1992; Nakhleh, Lowrey, & Mitchell, 1996). De ahí que, para ayudar a superar esta limitación en varios países se hayan diseñado e implementado proyectos cuyo fin principal fue el de potencializar los esquemas de razonamiento de los estudiantes para afrontar el aprendizaje de estas disciplina, por ejemplo, en Inglaterra se diseñó, implementó y evaluó el proyecto de Aceleración Cognoscitiva con la Educación en Ciencias (CASE) (Shayer & Adey, 1986).

También, esta comunidad de práctica estuvo interesada en indagar las diferentes formas de cualificar de manera sustancial y metódica a los profesores de ciencias con el fin de que éstos logran un desarrollo profesional. En este sentido, los proyectos de investigación evidenciaron que la comprensión de los conceptos fundamentales de las ciencias con las que llegaban los profesores novatos a los programas de educación, eran similares a las concepciones alternativas de los estudiantes de la escuela secundaria, incluso algunos de ellos presentan un conocimiento del contenido de un nivel bajo. Este presupuesto últimamente ha sido tenido en cuenta por los diseñadores de



los programas de educación, con el propósito de andamiar el desarrollo profesional de los profesores en formación y ejercicio.

Alineado con el interés de investigación los educadores de profesores se centraron en indagar acerca de la cognición del profesor de ciencias, para ello desarrollaron dos interrogantes: ¿cómo podemos describir mejor el conocimiento y las habilidades del profesional experimentado? Y ¿cómo los profesores aprenden a enseñar? El primer interrogante se focaliza en el proceso de capturar, documentar y representar el saber profesional que el profesor ha construido a lo largo de su historia como aprendiz y profesor; en tanto el segundo, aborda el proceso de como un estudiante de magisterio y profesor novato identifica y desarrolla las bases del conocimiento para la enseñanza de una disciplina (Candela, 2012; Candela & Víafora, 2014).

Desde luego, que desde la década de 1980 ha crecido el interés de los educadores de profesores por introducir el elemento epistémico de la reflexión en los programas de educación del profesor, para ello, se han apoyado en los marcos teóricos formulados por Schön (1998) el cual formula tres constructos fundamentales: conocimiento en la acción, reflexión en la acción y reflexión sobre la acción. Se destaca que los primeros estudios donde se implementó la reflexión como elemento clave para que el profesor en formación identificara y desarrollara el conocimiento profesional, estuvieron centrados más en una reflexión técnica direccionada al análisis de la relación de los medios y fines, más que a una reflexión práctica o crítica, las cuales se interesan en cuestionar y asumir una postura ética y moral frente a los fundamentos subyacen a la relación medios y fines (Davis, 2006; Hatton & Smith, 1995; Harford & MacRuairc, 2008).

Otro objeto de investigación que emergió en la educación en ciencias hace referencia a la influencia que ejerce el conocimiento de la

disciplina que posee el profesor de ciencias, para que éste represente y formule el tópico en cuestión con la intención de que unos estudiantes singulares logren un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado. De hecho, los resultados de dichos estudios produjeron un vasto conocimiento acerca de las técnicas, estrategias, y modelos de enseñanza propios de las ciencias. Por ejemplo, de estos proviene el modelo y la estrategia de enseñanzas denominadas, ciclo de aprendizaje, y el POE (Predecir, Observar y Explicar), en efecto, en los últimos años en el contexto Anglo-Americano estos han sido muy utilizados a lo largo del diseño, la implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje tópicos específicos.

En cuanto al experimento y las prácticas de laboratorio fueron el centro de interés en la investigación en educación en ciencias a mediados de los ochenta. Sin embargo, muchos estudios arrojaron resultados los cuales dejaron ver que esta forma de representar un tópico específico a los estudiantes, no estaba produciendo la oportunidad para que ellos pudieran alcanzar una comprensión conceptual e integrada del currículum de las ciencias. De ahí que, los educadores de profesores comenzaron a cuestionar la manera como venían siendo utilizadas las prácticas de laboratorio en la escuela. Actualmente, se está indagando acerca de las formas óptimas de utilización de este recurso pedagógico para mediar el aprendizaje, hecho que ha llevado a los investigadores a darle un nuevo estatus y rotularlo como prácticas experimentales donde se destaca las cadenas de razonamientos y las prácticas científicas, más que seguir una serie de pasos algorítmicos de manejo de instrumentos de laboratorio (Hansen, Garner, Wilson, Cluff & Nordmeyer, 1996).

Naturalmente, las prácticas científicas o de indagación son el medio a través del cual los estudiantes construyen, comunican y validan el conocimiento que están generando en las



aulas de ciencias. Adicionalmente, éstas están estrechamente vinculadas con los contenidos específicos de las ciencias. Por ejemplo, la práctica científica donde se utilizan los modelos teóricos para darle sentido a un fenómeno natural se vincula cerradamente con el contenido de la teoría corpuscular (NRC, 2012). En este sentido, los contenidos disciplinares y las prácticas científicas posee una relación de simbiosis, donde los primeros brindan la posibilidad de desarrollar las prácticas, en tanto los segundos sirven para que el estudiante le dé significado a los contenidos.

Finalmente, en el comienzo de la década del ochenta la comunidad de educadores de profesores de ciencias sintieron la necesidad de indagar sobre las dificultades y concepciones alternativas con las que llega el estudiante al aula de ciencias. De ahí que, se dio inicio al tópico de investigación conocido como cambio conceptual, el cual tuvo su génesis con Posner, Strike, Hewson, y Gertzog en 1982. Ahora bien, este enfoque teórico ha tenido una evolución progresiva en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias que se ha visto traducida en varios marcos teóricos. Por ejemplo, las teorías/modelo sintéticos (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008); las categorías jerárquicas ontológicas (Chi, 2008); el cambio conceptual intencional (Sinatra & Pintrich, 2003); los primitivos fenomenológicos (DiSessa, 1988); y la perspectiva multidimensional (Duit & Treagust, 2003). Dentro de cada uno de estos marcos existen tres aspectos dimensionales esenciales para el aprendizaje por cambio conceptual, a saber: ontológico, epistemológico y las características afectivas y sociales del aprendiz. Por lo general, dichos marcos ha sido el punto de referencia para el diseño de las actuales reformas curriculares en educación en ciencias en muchos países, elemento que es una evidencia de la consolidación del área de la educación en ciencias como una disciplina científica.

CONCLUSIONES

En el comienzo del campo de la educación en ciencias los problemas de indagación fueron formulados y sustentados desde marcos teóricos provenientes de la investigación en educación general. Para ello, los educadores de profesores e investigadores se apoyaron en disciplinas como la psicología educativa y cognitiva, la pedagogía general, entre otras. Por ejemplo, teorías del aprendizaje como la cognitiva, el procesamiento de la información y la sociocultural, han brindado a lo largo del desarrollo del campo de la educación en ciencias un fuerte apoyo para llevar a cabo los diferentes estudios de investigación.

En este sentido, los estudios enmarcados bajo la anterior perspectiva tuvieron como propósito deliberado el de verificar los diferentes conceptos o constructos provenientes de la pedagogía y psicología cognitiva a lo largo del ciclo instruccional. De ahí que, el fin central de éstos fue el de dar respuesta a interrogantes de orden general, tales como: ¿Será más efectivo el modelo de enseñanza centrado en el estudiante, que el centrado en el profesor? ¿El uso de las nuevas tecnologías de la información suministrará ambientes de aprendizaje óptimos para los estudiantes? ¿Qué tipo de alfabetización científica será la más ajustada a las necesidades locales, nacionales y globales de la población?

Con el paso del tiempo los educadores de profesores de ciencias comenzaron a concebir la enseñanza como un proceso complejo y singular, el cual es direccionado por la toma de decisiones curricular e instruccionales específicas a un tópico. Este presupuesto está enmarcada dentro de una perspectiva donde se considera que el conocimiento que subyace a cada una de las disciplinas del campo de la educación en ciencias, posee un carácter típico que resulta de la interacción de aspectos como: origen y relación de los conceptos; diferencias en los métodos y medios por los cuales estos



conceptos fueron contruidos, validados y comunicados. De hecho, estos elementos hacen que el diseño y la implementación de la enseñanza de cada una de las disciplinas científicas tengan puntos de encuentro y divergencia.

Tomando en consideración estas asunciones aparece un segundo conjunto de investigaciones que ha ayudado a desarrollar el campo de la educación en ciencias, cuyo propósito es el determinar el efecto del carácter específico del conocimiento de las ciencias sobre un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada. En este grupo se puede distinguir los siguientes problemas de investigación: ¿cómo influye la estructura de un problema de la química en la solución de éste? ¿Cuál es el papel de la experimentación en la enseñanza y aprendizaje de la física? ¿Qué función cumplen los modelos teóricos de la biología en la enseñanza y aprendizaje de ésta? ¿Qué papel juegan las concepciones alternativas de los estudiantes durante el aprendizaje de un tópico específico? ¿Cómo diseñar, implementar y evaluar la enseñanza de un tópico específico?

Por otra parte, la investigación de la educación en ciencias en sus comienzos estuvo fundamentada por el marco teórico de las ciencias experimentales y de la psicología conductista, en donde el control y la correlación de variables resultó ser un elemento clave para validez y la confiabilidad de los resultados. De hecho, el propósito fundamental de dichos estudios fue el de producir generalizaciones universales o descontextualizadas de la misma forma a las generadas en las ciencias experimentales (proceso-producto). Desde luego, que los investigadores pertenecientes a este paradigma se interesaron por estudiar los siguientes aspectos de la conducta docente en el aula de clase: respuestas a las situaciones de indisciplina, asignación de turnos para hablar, establecimientos de reglas de juego, utilización

de preguntas fáciles o difíciles, frecuencias de elogios o críticas, tiempo de espera, entre otras. Para ello, observaron las acciones tanto de los enseñantes como de los aprendices a través de instrumentos con escalas de observación categorizadas, casi siempre del tipo de “baja inferencia”⁸; adicionalmente, las unidades de análisis son el día de la clase, las acciones del profesor y de los estudiantes.

Ahora bien, en épocas recientes los marcos metodológicos que subyacen a los estudios en este campo, han cambiado hacia una metodología de corte cualitativo e interpretativo la cual se ha apoyado para su desarrollo en los marcos teóricos de disciplinas como: la antropología, la sociología y la lingüística. De ahí que, para esta especie de metodología hermenéutica la subjetividad y la narrativa son las herramientas claves para poder comprender las situaciones singulares del objeto-sujeto bajo estudio; asimismo, el propósito de estas investigaciones es el de producir generalizaciones naturalista (Guba & Lincoln, 1982) las cuales sirve para interpretar las acciones inteligentes de los diferentes miembros del sistema escolar dentro de un contexto particular.

Así, dentro de este paradigma de investigación interpretativo los estudios van desde el microanálisis de las interacciones, tanto verbales como no verbales en el aula de clase durante la enseñanza de un tópico específico, hasta el macroanálisis de toda una escuela secundaria. Para ello, el investigador utiliza herramientas metodológicas como la observación participante, el estímulo del recuerdo, el pensamiento en voz alta, las notas de campo, entre otras. Hay que mencionar además, que para darle confiabilidad y validez a los asertos que se generen se debe de tener en cuenta el proceso de la triangulación por fuente, investigador y método de estudio (Denzin, 1978).

⁸ Las observaciones de baja inferencia son aquellas que dan cuenta de las situaciones observadas, en vez de juzgar o evaluar la calidad de las actividades observadas, lo que sería considerado de “alta inferencia” (Shulman, 1989).



Finalmente, en la última década las investigaciones en educación en ciencias vienen utilizando una perspectiva de carácter mixto (cuantitativo-cualitativo). Probablemente, esta situación se ha generado como consecuencia a que este enfoque permite llevar a cabo la triangulación dándole confiabilidad y validez a la serie de resultados proveniente del estudio en cuestión.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science. AAAS Project 2061. (1989). *Science for all Americans*. Washington, DC: AAAS Press.
- Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds.). (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bandiera, M., Caravita, S., Torracca, E. & Vicentini, M. (1999). *Research in Science Education in Europe*. Springer Science Business Media Dordrecht.
- Boenig, R.W. (1969) *Research in science education, 1938 through 1947*, New York, Teachers College Press.
- Bruner, J. (1961). "The act of discovery". *Harvard Educational Review*, 30, pp. 21-32.
- Bybee, R. W. (1977). The New Transformation of Science Education. *Science Education* 61 (1), pp. 85-97
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Candela, B. F. (2012). La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y "ejemplar" acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali.
- Candela, B. F. & Viáfara, R. (2014). Articulando la CoRe y los PaP-eR al programa educativo por orientación reflexiva: una propuesta de formación para el profesorado de química. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Num 35.p.89-111.
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). New York: Routledge.
- Davis, E., (2006). Characterizing productive reflection among preservice elementary teachers: Seeing what matters. *Teaching and Teacher Education* 22 pp. 281–301.
- Denzin, N. (1978). *The Research Act in Sociology: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. London: Butterworths.
- Di Sessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. En G. Forman & A. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age*. pp. 49-70. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 , pp. 671–688.
- Gabel, D. (Ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: MacMillan.
- Gorard, S. & Taylor, C. (2004). *Combining Methods in Educational and Social Research. The promise of design studies*. Cap (7), 100-112. Open University Press. McGraw-Hill Education. And Two Penn Plaza, New York, NY 10121-2289, USA. First published 2004. Copyright Stephen Gorard and Chris Taylor 2004.
- Guba, E. & Lincoln, S. Y. (1982). "Epistemological



- and methodological bases of naturalistic inquiry". *Educational Communications and Technology Journal*, pp. 232-252.
- Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Eds.). (1998). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Fraser B. J., Tobin K. G. & McRoobbie C. J. (2012). *Second International Handbook of Science Education*. Springer.
- Hansen, L., Garner, J., Wilson, J., Cluff, C. & Nordmeyer, F. (1996). Teaching Concepts in Beginning Chemistry with Simple Exploratory Experiments. *Journal of Chemical Education*. Vol. 73 (9), pp. 840-842.
- Harford, J. & MacRuairc, G. (2008). Engaging student teachers in meaningful reflective practice. *Teaching and Teacher Education* 24, pp. 1884–1892.
- Hatton, N & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: towards definition and implementation. *Teaching & teacher education*. 11 (1), pp. 33-49.
- Jenkins, E. W. (2000). Research in Science Education: Time for a Health Check? *Studies in Science Education*, 35, pp. 1-26.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*. Vol. 69 (39), pp. 191-196.
- Nakhleh, M. B., Lowrey, A. & Mitchell, R. C. (1996). Narrowing the Gap between Concepts and Algorithms in Freshman Chemistry. *Journal of Chemical Education*. Vol. 73 (8).
- Niaz, M. (1988). The information-processing demand of chemistry problems and its relation to Pascual-Leone's functional M-capacity. *International Journal of Science Education*, 10, pp. 231-238.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*.
- Sanmartí, N. (2008). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 2008, 26(3), pp. 301–310
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*, Editorial Paidós, Barcelona.
- NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*
- Piaget, J. (1973). *To Understand is to Invent*, New York: Grossman Publishing.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66, pp. 211–227.
- Roberts, G. G. (1988). 'At home with science and technology', *Science and Public Affairs*, The Royal Society, London, 3, pp. 53–72.
- Shayer, M & Adey, P. (1986). *La ciencia de enseñar ciencias: Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Madrid: Narcea.
- Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. (Eds.). (2003). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Shulman, L. (1987). *Knowledge and Teaching. "Foundations of the New Reform"*. Harvard Educational Review, 57.
- Spillo, D. (1999). Educational demands and science education research: The role of ESERA. In (Eds.). Bandiera, M; Caravita, S; Torracca, E;



& Vicentini, M. *Research in Science Education in Europe*. Springer Science+Business Media Dordrecht

Toulmin, S. (1972). *Human understanding: the collective use and evaluation of concepts*. Princeton University Press Princeton.

Tyler, R. (1962). "Forces redirecting science teaching," in *Revolution in Teaching: New Theory Technology and Curricula*, DeGrazin, A. and Sohn, D. (Ed.), New York: Bantam, pp. 187-193

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, X. (2008). The framework approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 1–34). New York: Routledge.