

Docentes e investigadores en comunidades virtuales de práctica para el desarrollo profesional docente y la mejoría de la enseñanza de las ciencias

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Ileana M. Greca¹, Charbel N. El-Hani²

¹*Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad de Burgos, C/Villadiego s/n 09001, Burgos, España*

²*Departamento de Biología General, Instituto de Biología, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, s/n—Ondina, Salvador, Bahia, Brazil 40170-115*

E-mail: imgreca@ubu.es; charbel.elhani@pq.cnpq.br,
charbel.elhani@gmail.com

(Recibido el 26 de noviembre de 2014; aceptado el 10 de febrero de 2015)

Resumen

En este trabajo, revisamos diferentes propuestas para el desarrollo profesional docente y sus limitaciones, directamente relacionadas con la brecha entre la investigación y la práctica docente. Presentamos luego la idea de las comunidades virtuales de práctica como herramientas útiles para disminuir esa distancia y mejorar así la enseñanza de las ciencias, brindando algunas características a partir de nuestra experiencia en la constitución de una de ellas.

Palabras clave: Comunidades de práctica, Desarrollo profesional docente, Brecha entre investigación y práctica, Enseñanza de las Ciencias, ComPratica.

Abstract

In this paper, we review different approaches to teacher professional development and their limitations, directly related to the gap between research and teaching practice. We introduce the idea of virtual communities of practice as a useful tool to reduce that distance and improve science teaching, putting forward some features, based on our experience in setting up one.

Keywords: Communities of practice, Teacher professional development, Gap between research and practice, Science Teaching, ComPratica.

I. INTRODUCCIÓN

Conseguir que los ciudadanos finalicen la educación obligatoria con un aprendizaje apropiado sobre la ciencia como modo de producción de conocimiento y conocimiento en sí mismo, y que aumenten las vocaciones por carreras científico-tecnológicas, es una exigencia de la mayoría de los países, expresada en sus reformas curriculares. Para ello se cuenta con muchos resultados sobre cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos, procedentes de la investigación producida en el área de didáctica de las ciencias en los últimos 40 años. Sin embargo, a pesar de las reformas y de ese cuerpo de conocimientos, nuestras clases de ciencias no parecen haber cambiado mucho.

En 1998, Moreira alertaba que una de las debilidades del área de investigación en didáctica de las ciencias era la poca transferencia al aula del conocimiento producido por la investigación y que muy pocos cambios en la forma de enseñar ciencias podían ser considerados consecuencia clara del conocimiento producido por la investigación en esa área. Pero también señalaba que, paradójicamente, sin ese conocimiento resultante de la investigación esa misma enseñanza de ciencias no podría dar mejores resultados. Por lo tanto, para mejorar la enseñanza de las ciencias, la docencia y la investigación deben entrelazarse siendo necesario que los docentes hagan propios y apliquen los conocimientos producidos por la investigación, lo que no parece suceder en la enseñanza en general y en la educación en ciencias en

particular. Esta distancia, esta brecha entre la investigación y la práctica educativa en el área de enseñanza de las ciencias viene siendo apuntada por diversos autores e informes (Jenkins, 2000; Cachapuz, 2000; Rocard et al., 2007, Osborne y Dillon, 2008, National Research Council, 2008) en todo el mundo.

En este trabajo vamos a discutir en primer lugar las formas en que se ha intentado cerrar esa brecha y conseguir el desarrollo profesional docente. En segundo lugar, presentaremos una manera de entender el por qué de esa brecha y en último término discutiremos el concepto de comunidades de práctica como una herramienta que, a la luz de las discusiones de los puntos anteriores, parece interesante para conseguir que esa distancia se reduzca y para mejorar las prácticas docentes en la enseñanza de las ciencias.

II. LA BRECHA ENTRE INVESTIGACIÓN Y PRÁCTICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS FORMAS DE SUPERARLAS

Varias investigaciones señalan que, de hecho, los docentes y los dirigentes escolares hacen un escaso o nulo uso de los resultados de investigación en educación. Según Hemsley-Brown y Sharp (2003), en una revisión sistemática muy amplia de la literatura, pocos docentes usan los resultados de la investigación para expandir su conocimiento profesional docente. No usan la literatura producida por esas investigaciones porque la perciben como irrelevante, de poca ayuda y excesivamente teórica dado que no se discute en ella claramente estrategias y técnicas que tengan un impacto directo en sus prácticas; les falta tiempo; no se creen los resultados presentados en esas investigaciones si no coinciden con su experiencia personal y les resulta complicado entender el lenguaje y el modo de análisis usado en los estudios. Prefieren la literatura educacional práctica que se pueda aplicar directamente a su docencia. Y los que dicen utilizarla, lo hacen en el contexto de estudios de posgrado pero no para dar soporte a su práctica docente. Así, las principales barreras para que los docentes usen los resultados de la investigación son su volumen, la falta de aplicabilidad y la ambigüedad del material de investigación. Por otra parte, es posible identificar algunos facilitadores, en particular garantizar para los docentes un fácil acceso a los resultados de la investigación que provean evidencias de sus beneficios y que tengan aplicación práctica así como tiempo y apoyo para estudiarlos en un clima de colaboración entre colegas e investigadores.

Aunque exista esa distancia entre los resultados de la investigación y la práctica en la enseñanza de las ciencias, lo cierto es que desde hace años, los organismos gubernamentales responsables y las universidades vienen impulsando diferentes formas para acortarla. Una de las maneras más habituales son los cursos de perfeccionamiento docente. Muchos de estos cursos tradicionalmente han estado centrados en mejorar o aumentar el conocimiento científico de los docentes, sin prestar atención a otros aspectos de la práctica pedagógica, o, en el extremo opuesto, centrados en aspectos específicos de la práctica pedagógica pero desvinculados de los contenidos científicos. Pero, aún los cursos mejor diseñados han dado poco resultado. Como señalaba Briscoe (1991), refiriéndose a la experiencia norteamericana, cada año miles de profesores participan en seminarios o asisten a cursos con la intención de perfeccionarse profesionalmente y cuando reanudan sus clases creen estar mejor preparados para utilizar las nuevas técnicas, los nuevos materiales curriculares, las nuevas formas de favorecer la creatividad y el aprendizaje de sus alumnos. Sin embargo, muchos de estos profesores y profesoras se encuentran, antes de que puedan darse cuenta, enseñando de la misma forma como lo habían hecho siempre, adaptando los nuevos materiales o técnicas a los patrones tradicionales. Uno de los problemas fundamentales es que los docentes, de vuelta de esos cursos, deben reformular, en solitario, los resultados de la investigación para adaptarlos a su realidad concreta, tarea muy difícil para ellos (Briscoe, 1991; Mellado, 1998). Recientemente, en un estudio bastante amplio, Mansour et al. (2014) indican que el problema fundamental con esos cursos es que sus responsables no llevan en consideración lo que motiva a los docentes para comprometerse en los programas de desarrollo profesional ni tienen en cuenta sus procesos de cambio ni el contexto escolar en el que luego deberán implementar esas innovaciones. Además, aumentan la de por sí cargada agenda de los docentes, pues estos cursos se realizan la mayoría de las veces en sitios distintos al lugar de trabajo. Sin embargo, esos cursos parecen tener éxito cuando están centrados en las escuelas y los docentes pueden dialogar con otros, colegas e investigadores, acerca de lo que están haciendo en sus clases y como pueden implementar lo que aprenden en esos cursos. Esto no quiere decir que los cursos de perfeccionamiento docente sean una pérdida total de tiempo y esfuerzo, sino que pierden gran parte de su capacidad transformadora si se limitan a aportaciones puntuales, desligadas del contexto escolar y sin posibilidades que los docentes construyan una red para dialogar, pasados los cursos, acerca de las formas de llevar efectivamente a la práctica los nuevos conocimientos adquiridos.

Otra forma que los docentes se acerquen a la investigación en enseñanza de las ciencias es a través de la educación formal, ya sea inicial o en cursos de posgrado. En el primer caso, se suele plantear en cursos de didácticas específicas, en los que se discute con los estudiantes resultados de la investigación. Sin

embargo, aunque sea indispensable, tampoco asegura la aplicación de resultados de investigación pues los docentes recién formados tienden a repetir las metodologías tradicionales que usan sus compañeros del centro escolar. En relación a los cursos de posgrado, diversos estudios muestran que los que los realizan pierden el contacto con los colegas y, por lo tanto, cierta capacidad para desarrollar investigaciones con directa aplicación al aula que entusiasme al colectivo (Brown, 2005). Además, los formados en estos cursos tienden a ser promovidos a funciones de dirección o gerencia o pasan a formar parte de la universidad, siendo sacados de donde más se necesitarían, las escuelas (Osborne y Dillon, 2008).

Para intentar reducir la brecha entre investigación y práctica se ha aplicado también el modelo del docente como investigador. En algunos casos, los docentes solos forman grupos destinados a desarrollar innovaciones didácticas. Aunque la participación en estos grupos siempre es alta, la calidad de esas investigaciones no es buena (Brown, 2005). En otros casos, los grupos de investigación están formados por docentes e investigadores universitarios, usando metodologías de investigación-acción. Sin embargo, parece que involucrar directamente a docentes en la investigación no la hace más “usable”, a excepción de los docentes que participan directamente de la investigación (Louis, 1996). La diseminación no es amplia, exige demasiado tiempo y compromiso de los profesores (Brown, 2005), siendo complicado establecer esos grupos que siempre tienen un número reducido de docentes.

Este breve repaso sobre las formas de intentar cerrar la brecha entre investigación y práctica en la enseñanza de las ciencias nos muestra que no es una cuestión sencilla y que no vale simplemente con proponer a los docentes “recetas” para que estos puedan implementar innovaciones en sus clases y mejorar así la enseñanza. Como decían Brown y McIntyre:

“Que las innovaciones sean vistas como prácticas depende de lo que los docentes han aprendido por su experiencia acerca de lo que es o no apropiado en sus clases y en las habilidades y estrategias implícitas que han aprendido para alcanzar sus propósitos en las condiciones en que trabajan. Las innovaciones propuestas frecuentemente no tienen en cuenta (y requieren la discontinuidad con) las prácticas escolares que son familiares, confortables y, a los ojos de los docentes, exitosas para alcanzar sus objetivos. Para tener alguna posibilidad de que las innovaciones sean vistas como prácticas, los planes de innovación deben tener en cuenta lo que se hace (en particular, lo que se hace bien) en las escuelas. El énfasis debería ser comprender cómo los docentes construyen su enseñanza” (Brown y McIntyre, 1993, p. 15).

Entonces, para que las innovaciones sean vistas como prácticas, los programas de desarrollo profesional deberían estar centrados en la escuela y los docentes recibir soporte, a partir de una red formada por colegas, investigadores y autoridades escolares, para adaptar e implementar en sus contextos específicos los resultados de la investigación (Schlager y Fusco, 2004). En esta dirección se han desarrollado en los últimos años algunos programas exitosos que, desde una perspectiva sociocultural, son contextualizados, basados en la propia actividad del docente, centrados en el aprendizaje de los estudiantes y adaptados al estadio de desarrollo profesional de cada docente. Uno de estos programas es el proyecto alemán SINUS (Ostermeier et al., 2010; Parchmann et al., 2006; Elster, 2009), para la mejoría de la educación en ciencias y matemáticas a partir del desarrollo profesional docente. Está basado en una perspectiva de aprendizaje situado e implementado a gran escala. Un grupo de expertos desarrolló una serie de módulos y las escuelas que participaban del programa debían elegir para trabajar al menos 2 de esos módulos que fueran de su interés. Los módulos no eran unidades didácticas o programas de ciencias o matemáticas, sino que destacaban aspectos centrales del área problema y daban ejemplos de cómo superar algunos de ellos. Los docentes debían trabajar con los módulos que fueran útiles para ellos, desarrollando y evaluando posibles soluciones. Fueron ofertados a los docentes materiales escritos, formación específica y posibilidad de consultar a expertos en didácticas de las ciencias y las matemáticas, para ayudarlos a desarrollar sus propias secuencias didácticas como soluciones a los problemas elegidos. Además, los docentes trabajaban de forma cooperativa en cada escuela y participaban de una red con otras escuelas que abordaban los mismos módulos. Otros ejemplos semejantes pueden encontrarse Dori y Herscovitz (2005), Harrison et al. (2008) y Richmond y Manokore (2011). En todos ellos los programas de desarrollo profesional han sido especialmente diseñados para los docentes seleccionando los tópicos que son de su interés y han sido los docentes quienes, con el continuo apoyo de colegas y expertos, han desarrollado o adaptado los tópicos, integrando y evaluando esas ideas en sus contextos escolares específicos.

La evidencia resultante de todos estos estudios indica que los docentes pueden comprometerse en ambientes de aprendizaje caracterizados por el soporte de los especialistas, el trabajo colaborativo y la mutua confianza, siendo capaces de generar y utilizar materiales innovadores siempre y cuando estén relacionados con sus prioridades de clase y en contextos que les son familiares. Mucho más difícil es la

tarea de conseguir su compromiso con abordajes innovadores para los que no consiguen verles utilidad, aunque haya trabajos de investigación disponibles.

Lo que podemos aprender de todas estas diversas formas que utilizamos para mejorar la enseñanza de las ciencias en las aulas usando los resultados de la investigación, es que no se pueden construir prácticas innovadoras con soluciones rápidas, sino que deben centrarse en alterar, de forma progresiva, lo que los docentes piensan sobre su trabajo y lo que consideran que las evidencias de la investigación significan para ellos. Esto implica que los resultados de las investigaciones, en lugar de ser presentados como resultados que pueden ser automáticamente implementados en la enseñanza, deberían explicitar, al menos, las circunstancias en que surgieron para que los docentes puedan juzgar la extensión de su aplicación a su propio contexto y tomar sus decisiones sobre la implementación, proceso durante el cual deberían siempre estar secundados por colegas y expertos.

III. ¿POR QUÉ ES TAN DIFÍCIL CONSEGUIR REDUCIR LA BRECHA?

En general, las causas de la existencia de la brecha entre la investigación y la práctica suelen achacarse o bien a la forma en que la investigación es conducida, organizada y/o diseminada o bien a las características del profesorado y del ambiente escolar, en general poco propenso a introducir cambios en su trabajo. Sin embargo, McIntyre (2005) sugiere que podemos pensarlo como un problema de relacionar dos formas contrastantes de conocimiento. El trabajo diario de profesores exige un tipo de conocimiento pedagógico que es muy diferente del conocimiento que la investigación educativa puede ofrecer. Por “saber pedagógico” nos referimos al conocimiento que informa directamente la práctica en la gestión de las aulas y la mediación del aprendizaje de los alumnos. Este es “un conocimiento de cómo hacer” y es muy diferente de la clase de conocimiento al que conduce, por lo general, la investigación, que es un conocimiento proposicional, es decir, “un conocimiento sobre qué” o “sobre por qué” (McIntyre, 2005). Típicamente, este conocimiento es demasiado generalizado para que los profesores puedan utilizarlo de forma directa en sus clases. No obstante, las proposiciones basadas en la investigación derivan su valor del hecho mismo de que son abstractas, generalizadas y bien fundamentadas teóricamente, pues el objetivo de la investigación científica es la búsqueda de patrones en varios casos de un fenómeno con el fin de interpretarlo o explicarlo en términos más generales. Pero los maestros tienen que lidiar día a día con la complejidad y la dinámica de la vida del aula y por ello los conocimientos que necesitan para sus aulas es un saber pedagógico ajustado a las características únicas de cada clase, alumno y lección. Esto es un conocimiento que no puede ser dado por el conocimiento científico, por su propia naturaleza, aunque este último pueda interactuar de manera productiva con el saber pedagógico.

De hecho, la investigación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, para mejorar las prácticas escolares, debería poder contribuir a ese conocimiento pedagógico. Sin embargo, no se puede simplemente trasvasar los resultados de la investigación en conocimiento pedagógico. Por ejemplo, tomemos las investigaciones sobre cambio conceptual. Desde la investigación en didáctica de las ciencias se postula que es necesario partir de las ideas previas de los estudiantes para modificarlas pero esto no se puede hacer de cualquier forma. Se han probado varios modelos, que sirven en algunos casos y no en otros, dependiendo de innumerables factores, como el tema, el contexto, el grupo y edad de alumnos, sus ideas previas, la motivación, etc. ¿Qué modelo debe elegir el profesor? ¿De qué manera concreta debe desarrollar sus secuencias didácticas para aplicarlo? ¿Cómo debe modificar algunas de las ideas que aparecen en la literatura para su contexto específico? Todo esto sin considerar otra cuestión relevante, que es que mucha de la literatura que podría servir al docente está en otros idiomas que no el propio, así como desarrollada en contextos de investigación y no de situación real de sala de aula. Así, son necesarios varios pasos para cerrar la brecha entre el conocimiento proposicional derivado de la investigación y el conocimiento pedagógico situado. Atajos para realizar esta transformación resultan ser, como hemos discutido antes, perjudiciales, sobre todo si no se tiene en cuenta el conocimiento, las creencias y los ideales de los docentes. Desde esta forma de ver la brecha entre investigación y práctica, parecería ser necesario un doble movimiento para cerrarla: del conocimiento generado por la investigación hacia escenarios escolares particulares y del conocimiento de los docentes hacia mayores niveles de generalidad y mayor capacidad de ajustar el trabajo pedagógico a nuevas situaciones a partir de una reflexión crítica en la práctica y de investigación-acción. Este doble movimiento parecería ser más fácil si docentes e investigadores conforman equipos de trabajos jerárquicamente planos y realmente colaborativos, como los que deberían resultar de una verdadera comunidad de práctica.

IV. LAS COMUNIDADES DE PRÁCTICA

Muchas de las cosas que aprendemos a hacer, las aprendemos intentando resolver una tarea o un problema, pidiendo y recibiendo ayuda de las personas que “saben más” sobre el asunto específico en forma de consejos, anécdotas, etc. Este conocimiento que tienen las personas es un conocimiento tácito, que no está en ningún manual o libro, y que se va desarrollando a medida que se está involucrado en una tarea. Y los nuevos conocimientos y habilidades adquiridos durante la realización de esas tareas son producidos de forma indirecta y diseminados en actividades de diálogo con colegas interesados o desarrollando tareas semejantes. Así, en los ambientes de trabajo, gran parte del conocimiento no se encuentra en textos, sino que se aprende en la medida en que cada uno participa de ciertos grupos que comparten un determinado problema o tarea. Este tipo de aprendizaje encaja con una visión del aprendizaje denominada social situada y plantea que el aprendizaje es un fenómeno social constituido en la vivencia del mundo, a través de la participación periférica en prácticas sociales en marcha. Desde esta perspectiva, con el fin de aprender uno tiene que participar, involucrándose activamente en procesos sociales, resituando o recontextualizando (y no sólo traduciendo o trasladando) las descripciones que se han aprendido formalmente (en la escuela, la universidad, o los libros) mientras se realiza una tarea. Y si este proceso es exitoso, o sea si uno consigue aprender, se va paulatinamente acercando a una identidad “más experta” en sintonía con las actividades que desarrolla el grupo. El proceso de cambio de habilidades cognoscibles está subsumido en procesos de cambios de identidad en y a través de la afiliación en una comunidad de practicantes.

Justamente el concepto de comunidad de práctica (CoP) deriva de esa visión del aprendizaje como un proceso social en lugar de individual. Una comunidad de práctica es definida por Lave y Wenger (1991) como un grupo de individuos con distintos conjuntos de conocimientos, habilidades y experiencias, que participan activamente en procesos de colaboración, en los que se intercambia información, ideas, intereses, recursos, perspectivas, actividades, y sobre todo, las prácticas, con el fin de construir conocimiento tanto personal como colectivo. Para que este intercambio y colaboración suceda, debe generarse un clima de confianza entre sus integrantes, confianza que les permite justamente intercambiar ese conocimiento particular que cada uno posee. Cuando una CoP está trabajando con eficacia, genera y se apropia de un repertorio compartido de ideas, metas, recuerdos, valores, actitudes, que beneficia a todos los miembros que participan. Además, desarrolla recursos propios, tales como herramientas, documentos, rutinas, vocabularios y símbolos, que traen con ellos, en cierta medida, el conocimiento acumulado por la comunidad. En otras palabras, una CoP implica praxis: formas comunes de hacer y de acercarse a las cosas que son de interés para las personas que la constituyen. Una de las diferencias más notables entre un grupo ordinario y una CoP se encuentra en el sentido mismo de la comunidad, en la que todos los miembros invierten y a la que contribuyen con los proyectos y los valores compartidos (Wisker et al., 2007). De esta manera, tres dimensiones tornan la práctica una fuente de coherencia, diferenciando una CoP de un grupo ordinario: el compromiso mutuo, que genera lazos de co-responsabilidad entre los practicantes; la propia práctica conjunta; y el repertorio compartido mencionado más arriba.

De acuerdo con lo que presentamos en las secciones anteriores, los docentes tienen más probabilidades de apropiarse de conocimientos y mejorar su práctica profesional si colaboran con otros que consideran como colegas confiables. Una forma en que puede darse este proceso es a partir de la constitución de CoPs formadas por docentes e investigadores, comprometidos en actividades o resolución de problemas que sean de mutuo interés. A pesar de que las CoPs se pueden observar en muchos entornos profesionales, rara vez se encuentran entre los docentes (Schlager y Fusco, 2004). Esto no quiere decir que los docentes no pertenezcan a CoPs en el ámbito escolar, pero esas CoPs suelen formarse para resolver problemas sobre el funcionamiento de los centros, como la organización o la disciplina. Sin embargo, no se dan con igual frecuencia en relación a la práctica de sala de aula. Como los docentes a menudo están aislados en sus aulas y les cuesta mucho abrir lo que hacen a otros para reflexionar sobre ello, el trabajo pedagógico tiende a ser una actividad solitaria, que ofrece pocas oportunidades de involucrarse en procesos colaborativos con otros colegas para mejorar sus prácticas. Esta situación puede ser potencialmente superada a partir de la construcción de CoPs. Éstas pueden funcionar como entornos en los que los profesores e investigadores pueden reflexionar críticamente y de forma conjunta sobre las prácticas específicas de enseñanza, los contenidos, los patrones de interacción, etc., haciendo hincapié en las propias dudas y sugerencias que resultan de la interacción con sus pares (Dalgarno y Colgan, 2007). De esta manera, pueden reinventar colectivamente sus prácticas.

En suma, las CoPs pueden ser vistas como herramientas potencialmente adecuadas para el desarrollo profesional de los docentes y han sido propuestas como poderosos catalizadores para la mejora de las prácticas de enseñanza (Vanderlinde y van Braak, 2010). La viabilidad de la utilización de CoPs para lograr estos objetivos se ha demostrado en algunos proyectos relativamente recientes, como las comunidades formadas por docentes en ejercicio y en formación (Barab et al 2002; Eick y Dias, 2005), la CoP en línea TAPPED-IN (Schlager et al., 2002), Connect-ME, una comunidad virtual de práctica para profesores de matemáticas que se inician en la docencia (Dalgarno y Colgan, 2007) o la ComPratica (El-

Hani y Greca, 2011; 2013) una comunidad virtual formada por investigadores y docentes para la mejora de la enseñanza de la biología a la que nos referiremos a continuación¹.

V. COMPRATICA—UN EJEMPLO DE COMUNIDAD VIRTUAL DE PRÁCTICA PARA EL DESARROLLO PROFESIONAL DOCENTE

Como ya indicamos, las CoPs, para el desarrollo profesional docente en el área de enseñanza de las ciencias, necesitan ser construidas dado que no aparecen de forma espontánea en los ambientes de trabajo docente. ¿Qué características deberían tener? En 2007 comenzamos a construir una CoP virtual, ComPratica, relacionada con el desarrollo profesional docente en el área de biología y con base en el grupo de investigación en historia, filosofía y enseñanza de la biología del Instituto de Biología de la Universidad Federal da Bahía (Brasil). La ComPratica lleva ya 7 años de funcionamiento y más de 180 docentes e investigadores participantes. A partir del análisis de esta experiencia, consideramos que los siguientes puntos son fundamentales para su construcción².

Verdadera comunidad de práctica: Consideramos que la primera condición es que la CoP esté enfocada en áreas de potencial interés para todos sus posibles miembros y en donde los miembros puedan participar libremente, intercambiando información, dudas, conocimiento teórico y práctico, problemas reales de clase y construyendo posibles soluciones para ellos. Nuestra experiencia nos indica que la comunidad no debe tener actividades predeterminadas, organizadas por el grupo que la promueve, normalmente asociados a grupos de investigación universitarios, pues estas actividades terminan coaccionando a los docentes e impidiéndoles participar libremente. Si un grupo de personas evoluciona hacia una comunidad, las actividades deberían emerger naturalmente, como soluciones a problemas específicos y contextualizados enfrentados por los docentes. Esto no significa no estimular la participación y las discusiones – estímulo que, de acuerdo con nuestra experiencia, son fundamentales inicialmente pero luego se hacen gradualmente menos necesarios, aunque dependiendo de la propia dinámica de la CoP pueda volver a ser necesario en otros momentos de su desarrollo. Pero no se debe predeterminar o dirigir las actividades. Si se hace así, estamos de nuevo frente a “cursos” o actividades propuestas desde el grupo promotor de la comunidad, y no emergentes de una actividad destinada a solucionar problemas específicos de los interesados.

Virtual: Dado que es muy difícil conseguir reunir a los docentes por las apretadas agendas que tienen, las comunidades virtuales pueden ser un medio poderoso para romper su típico aislamiento e involucrarlos en el desarrollo profesional, la investigación-acción y la reflexión colaborativa y crítica. Por otra parte, la virtualidad permite que un mayor número de personas participen, independientemente de su lugar de residencia o trabajo, ampliando así la capacidad transformadora de los proyectos desarrollados en la comunidad, que es uno de los problemas relacionados con los grupos formados por investigadores y docentes que, como discutimos, suelen ser muy pequeños y con poca capacidad de diseminación. Además, varios estudios demuestran que virtualmente las personas suelen expresarse más libremente, favoreciendo de esta forma la reflexión. El ambiente virtual debe basarse en la idea de un ambiente de aprendizaje capaz de promover una comunicación multidireccional, la sociabilidad y la inteligencia colectiva así como la posibilidad de registrar los contenidos producidos por los miembros. En términos de diseño, el ambiente debe contar tanto con herramientas *off-line* y *on-line*, que permitan a los participantes comunicarse cuando puedan y quieran hacerlo, sobre los tópicos que les interesen.

Asociadas a grupos de investigación en enseñanza de las ciencias (específicos o multidisciplinares) y formadas por todos los miembros de la comunidad: El intercambio de conocimiento proposicional y pedagógico que se pretende con la creación de comunidades virtuales de práctica para el desarrollo profesional docente y como forma de mejorar la enseñanza de las ciencias, hace indispensable que la comunidad esté formada por docentes e investigadores. Pero, además de ellos, nuestra experiencia nos indica que otros actores pueden beneficiarse y beneficiar con su participación las comunidades. Estamos hablando de los alumnos de profesorado, de los estudiantes de cursos de posgrado en enseñanza de las ciencias, de los profesores vinculados con la formación docente y de

¹ ComPratica puede ser visitada en <http://www.moodle.ufba.br/course/view.php?id=8823>. Aunque los visitantes no puedan enviar mensajes en la comunidad, pueden leer todos los mensajes contenidos en sus foros de discusión. Lectores interesados en participar de ComPratica deben escribir a los autores de este artículo. La comunidad utiliza la lengua portuguesa.

² En Internet, hay varias guías disponibles con sugerencias prácticas para el diseño de comunidades virtuales de práctica en el área de educación:
http://connectededucators.org/wp-content/uploads/2011/03/0143_OCoP-Design-Guidelines-March-2011.pdf
http://connectededucators.org/wp-content/uploads/2011/03/0143_Platforms-and-Tools-march-2011.pdf
<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/nli0531.pdf>

investigadores en las áreas en las que la comunidad se centra. Estos participantes enriquecen las visiones de los problemas, ampliando así las posibilidades de resolverlos.

Al menos dos o tres profesores por centro: Como uno de los objetivos de la creación de las comunidades de práctica es conseguir innovaciones en las clases, es necesario que las comunidades virtuales intenten velar por conseguir un clima de colaboración dentro de las escuelas en donde los docentes participantes trabajan. Esto es esencial no solamente porque es necesaria una colaboración estrecha y cercana para un efectivo involucramiento de los docentes con la innovación, sino también como un medio de “empoderar” a los docentes para que puedan enfrentar posibles resistencias de sus pares, administración escolar y, aún, alumnos y padres. Por ello, es importante que más de un docente por cada centro escolar se sume a la comunidad.

Jerárquicamente plana para conseguir una verdadera colaboración: Uno de los objetivos de las comunidades que proponemos es promover la emergencia de secuencias didácticas estimulando la discusión y la acción a partir de las sugerencias propuestas por los miembros (en particular los docentes en formación y en ejercicio). Para ello, los docentes deben sentirse seguros para poder expresar sus opiniones y sus sentimientos, para aceptar ser vulnerables frente a estudiantes, colegas e investigadores. Como indica Miretzky, muchos de los docentes, en los cursos de formación, permanecen callados, asintiendo, porque “... los investigadores son expertos y tenemos miedo de abrir la boca” (entrevista a un profesor, Miretzky, 2007, p. 275). Los docentes deben saber que su conocimiento didáctico es valioso y tan necesario para la innovación como el conocimiento detentado por los investigadores. Por eso, es necesario que la comunidad establezca como objetivo, desde su inicio, que su constitución será horizontal, sin jerarquías, para que puedan desarrollarse proyectos verdaderamente colaborativos. Justamente este trabajo colaborativo puede cumplir el rol de acortar la distancia entre la investigación y la práctica tanto llevando a propuestas concretas investigables en situaciones reales de clase como creando las condiciones para ese doble movimiento – de la investigación a la práctica y viceversa—que puede promover el diálogo entre el conocimiento basado en la investigación y el conocimiento pedagógico de los docentes. Sin duda, desear eliminar las posiciones jerárquicas no significa eliminarlas de inmediato, pero sí plantearlas continuamente desde una mirada crítica de la comunidad, de manera que el surgimiento de tales posiciones (lo que ocurrirá) pueda ser cuestionado desde dentro de la propia comunidad.

La propia noción de comunidad de práctica permite fundamentar la idea de que una CoP que reúne a investigadores y docentes deba ser jerárquicamente plana, dado que se trata de hecho de una forma de encuentro entre dos CoPs distintas, de docentes e investigadores. En cada una de estas CoPs hay expertos y novatos, de manera que si los docentes podrían ser considerados aprendices en la investigación en enseñanza de las ciencias, los investigadores, por su parte, pueden ser considerados aprendices en cuanto al saber pedagógico que poseen los docentes. Por eso, podemos hablar en dicha CoP no sólo de desarrollo profesional de los docentes sino que también de desarrollo profesional de los investigadores.

Sin embargo, construir estos grupos verdaderamente colaborativos entre investigadores y docentes no es una tarea fácil y de hecho las diferencias entre unos y otros pueden poner en peligro la propia constitución de la comunidad. Por una parte, los docentes, además de tener miedo de ser criticados, están acostumbrados a que los investigadores sean los que indiquen las acciones a realizar y suelen estar expectantes para esta guía. Pero sin la participación activa de los docentes, una participación que no sea impedida por cortapisas directas de la comunidad o impuestos de forma implícita a través de las jerarquías, la comunidad no tiene sentido. Por ello, deben incrementarse los esfuerzos para estimular la participación y las discusiones acerca de la naturaleza y el propósito de la propia comunidad, con el objetivo de crear un ambiente confortable para la participación. De cualquier forma, es necesario tener en cuenta que solamente cuando el grupo de participantes se haya convertido en una verdadera comunidad, puede existir el clima de confianza necesario para que estos intercambios sean fructíferos. En relación a la guía en las acciones, debe quedar muy claro que lo que se pretende es crear una comunidad jerárquicamente horizontal de pares, que es muy diferente de un grupo coordinado o dirigido por algunos de sus miembros, y que las interacciones deben seguir los caminos elegidos por sus miembros. Obviamente, independientemente de las intenciones, lleva mucho tiempo de-construir los roles sociales típicamente asumidos por docentes e investigadores y es necesario poner de forma reiterada en la agenda de discusión de la comunidad los roles que les son adscriptos a ambos, a las escuelas y a las universidades en nuestra sociedad.

Como indicamos antes, estas recomendaciones son resultantes de nuestra experiencia con la constitución y participación en una comunidad de práctica. ComPractica es una comunidad virtual de práctica formada por docentes de enseñanza primaria y secundaria de biología, estudiantes de profesorado, investigadores y pos graduandos en historia, filosofía y enseñanza de la biología y estudiantes y pos graduandos de biología, centrada en la enseñanza de la biología. Fue creada en noviembre de 2007 y en febrero de 2010 contaba con 87 miembros (32 docentes de enseñanza media, 4

de enseñanza básica, 13 alumnos de profesorado, 17 profesores universitarios y 12 doctorandos). En octubre de 2014, ComPratica tiene alrededor de 180 miembros, cerca de dos tercios de los cuales son profesores de enseñanza primaria y secundaria. Además, dentro de ComPratica, ha surgido en 2009 un grupo colaborativo de investigación presencial (el grupo “Colaboración en investigación y práctica en educación científica”, CoPPEC), hoy formado por 25 docentes de 9 escuelas distintas, 7 profesores de universidad y 5 alumnos de maestría, que actualmente está desarrollando investigaciones específicas sobre innovaciones educativas en el área de enseñanza de la biología (e.g., Sepulveda et al., 2012; Sarmiento et al. 2013) y que también puede ser caracterizada como una CoP (Almeida, 2014).

Esta comunidad tiene en general una alta participación, aunque en su ciclo de desarrollo pasa por momentos de baja participación en los que es necesario retomar el estímulo a la interacción entre sus miembros. A los dos años de su constitución, un 25 % de sus miembros participaban activamente, un porcentaje superior al usual en comunidades virtuales (Nielsen 2006). Las actividades desarrolladas en la comunidad son diversificadas, y entran dentro de las caracterizadas para una CoP (intercambiar información y recursos, compartir conocimientos a partir de la expresión de ideas, intereses y perspectivas, plantear problemas o preguntas, pedir ayuda, y realizar y proponer actividades con el fin de resolver problemas de la práctica escolar de forma colaborativa). Además se abordan temas muy diversos en los foros, incluyendo la naturaleza abstracta de los conceptos científicos y sus dificultades conceptuales, la ausencia del tratamiento histórico de las ideas científicas tanto en los libros de texto como en la formación de profesores o la organización del currículo de ciencia. Por otra parte, se comparten materiales - provistos por todos los miembros de la comunidad y ampliamente discutidos en la misma acerca de su utilidad y/o corrección didáctica y científica - que pueden ayudar a los docentes a mejorar sus clases. Así, entre los miembros, se ayuda a tener acceso a ideas, metodologías, contenidos y sobre todo, a colegas.

ComPratica ha conseguido generar un clima de confianza, en el que docentes, estudiantes e investigadores discuten abiertamente acerca de sus prácticas, sus experiencias personales, sus dudas y sus dificultades y comparten tanto conocimiento proposicional como pedagógico, haciendo la práctica docente y el conocimiento resultante de la investigación más cercanos dentro de la comunidad. Otro indicador de este clima de confianza es que los docentes son los autores de la mayoría de los tópicos propuestos para discusión en la comunidad y las sugerencias para mejorar la práctica que tengan sentido para los docentes emergen por medio del diálogo en el que los participantes contribuyen a un cuerpo de conocimientos que es explícitamente tenido en consideración. De esta manera ComPratica ha generado un repertorio de ideas y recursos que carga el conocimiento que la comunidad ha ido construyendo a través de su funcionamiento y que cambia las prácticas de los que colaboran en él. Cabe destacar que esta confianza fue apareciendo con el tiempo.

Otra señal de que ComPratica está ayudando en el desarrollo profesional docente es la aparición de un número importante de mensajes en los que los docentes critican reflexivamente su formación y sus prácticas escolares y reconocen y discuten los desafíos de la enseñanza de la biología, así como sus aspectos éticos y morales. Es en este contexto en que los profesores critican con dureza la investigación educativa llevada a cabo en la academia, cuestionando su legitimidad, su capacidad de proporcionar soluciones eficaces a los problemas que enfrenta la educación básica y, también, su actitud ética hacia el trabajo de los docentes, generalmente tomados más como objeto de estudio que como colaboradores en la investigación. Esta reflexión crítica, útil tanto para docentes como para investigadores, lo es también para los alumnos de profesorado. Los estudiantes suelen ver el trabajo docente o bien de forma acrítica, o bien desde una perspectiva de desestima (“*es ultra pasado*”; “*demasiado tradicional*” etc.) y esta reflexión les permite comprender la racionalidad detrás de las diferentes elecciones de los docentes, determinadas por un contexto escolar más amplio del que ellos pueden observar o tienen conocimiento.

En este sentido, ComPratica parece estar ayudando a la transición a la práctica para los estudiantes de profesorado permitiendo su acceso al conocimiento pedagógico de los docentes y de los formadores de docentes. La participación de este grupo de miembros se da tanto a través de participación activa como de una participación periférica legítima³. En el primer caso, consultan dudas específicas tanto a docentes como a formadores de docentes. Y, en el segundo, leyendo las reflexiones del resto de los participantes, les permite observar y explorar posibilidades para su trabajo pedagógico y comprender qué es y qué no es inevitable en el ambiente escolar. Además, tienen contacto con actividades de investigación, mediante su participación en equipos formados por los docentes que implementan secuencias didácticas innovadoras, sobre todo mediante su involucramiento con el grupo CoPPEC.

³ La participación periférica legítima (Lave y Wenger, 1991) es un tipo de participación característica de las comunidades de práctica y juega un papel importante en el desarrollo profesional y personal. Puede ser concebida como un proceso de aprendizaje social en la que los miembros se involucran gradualmente en los intercambios y prácticas, pasando de una participación parcial a una participación plena en la comunidad.

Es justamente el diseño y puesta en práctica de secuencias didácticas innovadoras, co-construidas entre docentes e investigadores, el mejor ejemplo de que ComPratica colabora en el desarrollo profesional de los participantes. Estas secuencias han surgido de los esfuerzos por encontrar soluciones a problemas reales de los docentes, sus ideales y creencias, y de sus reflexiones críticas acerca de ciertos aspectos de su realidad, posibilitadas por la comunidad. Estas secuencias están focalizadas en las clases de los docentes y son desarrolladas como pequeños proyectos de investigación-acción, por los propios docentes dentro de una red de apoyo de colegas y de investigadores en enseñanza de las ciencias. Y en esta red, aparece un abordaje colaborativo para la investigación educativa involucrando a docentes-investigadores y a investigadores seniors. Los investigadores han estimulado la discusión y la elaboración colaborativa de propuestas, aportando el conocimiento resultante de la investigación, así como proponiendo que estas innovaciones se conviertan en objeto de investigación. Para desarrollar estos proyectos de investigación-acción, los docentes han sentido la necesidad de mejorar su conocimiento científico en la enseñanza de las ciencias. Tales proyectos son desarrollados tanto presencialmente, en el grupo CoPPEC, cuanto manteniéndose en la comunidad virtual.

A los 2 años de existencia de la comunidad ya habían sido discutidas y producidas 13 secuencias didácticas, con su respectivo material didáctico, probadas como pequeños proyectos de investigación-acción por los docentes. Además ha surgido desde la ComPratica el grupo colaborativo presencial mencionado más arriba, que viene investigando sistemáticamente secuencias didácticas y metodologías de proyectos de investigación para alumnos de la enseñanza obligatoria en 9 escuelas. Algunas de estas secuencias abordan, por ejemplo, la enseñanza de la teoría de la evolución por medio de un abordaje contextualizado histórica y epistemológicamente y el análisis de situaciones sociocientíficas; secuencias interdisciplinarias entre biología y química sobre metabolismo y reacciones químicas, usando textos de divulgación; o sobre la crisis medioambiental usando controversias científicas. Las secuencias didácticas diseñadas dentro de la comunidad son puestas a disposición de todos los usuarios en la comunidad misma, destacándose el contexto en que fueron aplicadas y los resultados obtenidos, de forma tal que otros docentes puedan aplicarlas, comparando sus contextos con los de las secuencias que han sido probadas. De la misma forma, las innovaciones desarrolladas por el grupo CoPPEC están disponibles para otros docentes en una plataforma en línea (BIOemrede, <http://www.bioemrede.ifba.edu.br/>) establecida para divulgar específicamente estas innovaciones, y, en especial, para obtener informaciones sobre cómo los docentes adaptan las mismas a sus propias realidades escolares, transformándolas para que sean más adecuadas para sus estudiantes y comunidad escolar.

En relación a la reducción de la brecha investigación-práctica, ComPratica parece ser una herramienta de gran valor para acortar esta distancia. Dos aspectos de la ComPratica dan indicios de esto. Por una parte el ambiente colaborativo y formativo establecido y por la otra, la incubación de iniciativas de investigación colaborativas involucrando los investigadores universitarios, los docentes-investigadores, los estudiantes de grado y de posgrado en equipos de pares que se esfuerzan para aplanar las jerarquías habituales que se encuentran en los estudios educativos, donde los docentes son más a menudo vistos como consumidores en lugar de productores de conocimiento. Esta iniciativa se consolidó desde 2009, cuando el grupo CoPPEC empezó a actuar presencialmente en la investigación colaborativa en enseñanza de las ciencias. En suma, ComPratica se ha convertido en un ambiente adecuado para que los docentes compartan conocimiento, recursos y experiencias personales, para obtener materiales apropiados para sus clases, para comunicar experiencias docentes, sentimientos y dudas con sus pares de una forma segura y reconfortante y desarrollar experiencias personales de aprendizaje.

VI. CONCLUSIONES

Por lo que hemos discutido y por los resultados de nuestra experiencia, consideramos que las CoPs formadas por profesores e investigadores pueden ser un instrumento importante para catalizar el doble movimiento requerido para disminuir la brecha entre la investigación y la práctica. Por un lado, pueden estimular a los docentes para pasar de su conocimiento pedagógico puro a la incorporación de conocimiento basado en la investigación, a través de un proceso de aprendizaje reflexivo y la investigación-acción en el aula. Por otra parte, pueden hacer que los investigadores pasen de investigaciones centradas sólo en sus propios intereses y motivaciones a estudios más centrados en el ambiente de la clase y que surjan en gran medida de las preocupaciones de los docentes, así como permiten que conozcan más sobre el saber pedagógico de los docentes de la enseñanza obligatoria. Desde esta perspectiva, las CoPs pueden funcionar como laboratorios para la generación de propuestas de investigación en el aula, diseñadas en conjunto por profesores e investigadores, en las que ambos colectivos aporten sus conocimientos y para las cuales participen juntos en la prueba de estas propuestas a través de su uso en el aula. Después de todo, las CoPs cumplen con algunas de las condiciones que

favorecen la creación de conocimiento en las escuelas que Hargreaves (1999) identificó, a saber, la producción de oportunidades recurrentes para la reflexión, el diálogo, la investigación y la creación de redes. Además, cumplen otras de las condiciones mencionadas por este autor, en particular, la creación de una cultura de mejora continua y la deconstrucción de las jerarquías que se encuentra generalmente en las escuelas, y en las relaciones entre las escuelas y las universidades. Las CoPs pueden ser un entorno de desarrollo que contorne las estructuras burocráticas y actúe como banco de pruebas para la reestructuración de las prácticas de los docentes y de las escuelas.

Sin embargo, no creemos que las CoPs (virtuales o no) sean la solución única o una especie de panacea para todos los problemas enfrentados por la educación en ciencias y por el desarrollo profesional de los docentes. Pero sí, parece ser una herramienta apropiada para proporcionar a docentes e investigadores con las condiciones adecuadas para una investigación colaborativa y el desarrollo profesional, llevando en consideración las necesidades, posibilidades, dificultades y deficiencias encontradas en las clases de ciencias y en las investigaciones del área de educación en ciencias y, al mismo tiempo, yendo más allá de una colección de recetas para la enseñanza de las ciencias.

REFERENCIAS

- Almeida, M. C. (2014). *Colaboração entre pesquisadores e professores de ensino de ciências e biologia: Um estudo da organização e desenvolvimento da prática social do grupo CoPPEC*. Salvador/Feira de Santana: Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), Dissertação de mestrado.
- Barab, S. A., Barnett, M. y Squire, K. (2002). Developing an empirical account of a community of practice: characterizing the essential tensions. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, pp. 489–542.
- Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), pp. 185–199.
- Brown, S. y McIntyre, D. (1993). *Making Sense of Teaching*. Buckingham: Open University Press.
- Brown, S. (2005). How can research inform ideas of good practice in teaching? The contributions of some official initiatives in the UK. *Cambridge Journal of Education*, 35(3), pp. 383-405.
- Cachapuz, A. F. (2000). Investigación em didáctica das ciências em Portugal um balanço crítico. En Pimenta, S. G. (Org.) *Didática e formação de professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. São Paulo: Cortez Editora.
- Dalgarno, N. y Colgan, L. (2007). Supporting novice elementary mathematics teachers' induction in professional communities and providing innovative forms of pedagogical content knowledge development through information and communication technology. *Teaching and Teacher Education*, 23, pp. 1051–1065.
- Dori, Y. J. y Herscovitz, O. (2005). Case-based Long-term Professional Development of Science Teachers. *International Journal of Science Education*, 27 (12), pp. 1413-1446.
- Eick, C. y Dias, M. (2005). Building the authority of experience: the development of preservice teachers' practical knowledge through coteaching in inquiry classrooms. *Science Teacher Education*, 89(3), pp. 470–491.
- El-Hani, C. N. y Greca, I. M. (2011). Participação em uma comunidade virtual de prática desenhada como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em biologia. *Ciência & Educação*, 17(3), pp. 579–601.
- El-Hani, C. N. y Greca, I. M. (2013). COMPRATICA: A virtual community of practice for promoting biology teachers' professional development in Brazil. *Research in Science Education*, 43 (4), pp.1327–1352.
- Elster, D. (2009). Biology in context: teachers' professional development in learning communities. *Journal of Biological Education*, 43(1), pp. 53–61.

- Hargreaves, D. H. (1999). The knowledge-creating school. *British Journal of Educational Studies*, 47, pp. 122–144.
- Harrison, C., Hofstein, A., Eylon, B.-S. y Simon, S. (2008). Evidence-based professional development of science teachers in two countries. *International Journal of Science Education*, 30(5), pp. 577–591.
- Hemsley-Brown, J. y Sharp, C. (2003). The Use of Research to Improve Professional Practice: a systematic review of the literature. *Oxford Review of Education*, 29 (4), pp. 449-471.
- Jenkins, E. W. (2000) Research in Science Education: Time for a Health Check? *Studies in Science Education*, 35, pp. 1-25.
- Lave, J. y Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.
- Louis, K.S. (1996). Reconnecting knowledge utilisation and school improvement: two steps forward, one step back. En Hargreaves, A. et al. (Eds) *International Handbook on School Improvement*. London: Cassell.
- Mansour, N., EL-Deghaidy, H., Alshamrani, S. y Aldahmash, A. (2014). Rethinking the Theory and Practice of Continuing Professional Development: Science Teachers' Perspectives. *Research in Science Education*. Publish On Line First DOI 10.1007/s11165-014-9409-y
- McIntyre, D. (2005). Bridging the gap between research and practice. *Cambridge Journal of Education*, 35, pp. 357–382.
- Mellado, V. (1998). La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales. En Banet, E y de Pro, A. (Eds.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias* (vol.I) (pp. 272–283). Murcia: Diego Marín.
- Miretzky, D. (2007). A view of research from practice: voices of teachers. *Theory into Practice*, 46, pp. 272–280.
- Moreira, M. A. (1998). *Investigación básica en educación en ciencias: una visión personal*. Conferencia dictada en el I Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales, La Serena, Chile, 06 al 10 de julio de 1998,
- National Research Council (2008). *Research on Future Skill Demands*. Washington D.C.: National Academies Press.
- Nielsen, J. (2006). Participation inequality: Encouraging more users to contribute. In: Nielsen's Alertbox Column on Web Usability, Disponible en http://www.useit.com/alertbox/participation_inequality.html, 9 de octubre de 2006.
- Osborne, J. F.y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Ostermeier, C., Prenzel, M. y Duit, R. (2010). Improving science & mathematics instruction—the SINUS project as an example for reform as teacher professional development. *International Journal of Science Education*, 32(3), pp. 303–327.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. y Ralle, B. (2006). Chemie im Kontext—a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 1041–1062.
- Richmond, G. & Manokore, V. (2011). Identifying elements critical for functional and sustainable professional learning communities. *Science Education*, 95, pp. 543–570.

Rocard, M. et al. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruselas: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.

Sarmiento, A. C. H., Muniz, C. R. R., Silva, N. R., Pereira, V. A., Santana, M. A. S., Sá, T. S. y El-Hani, C. N. (2013). Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. *Ciência & Educação*, 19, pp. 573-598.

Schlager, M. S. y Fusco, J. (2004). Teacher professional technology, and communities of practice: are we putting the cart before the horse? En Barab, S., Kling, R. y Gray, J. (Eds.), *Designing virtual communities in the service of learning* (pp. 235–256). Cambridge: Cambridge University Press.

Schlager, M. S., Fusco, J. y Schank, P. (2002). Evolution of an on-line education community of practice. En Renninger, K. A. y Shumar, W. (Eds.), *Building virtual communities: learning and change in cyberspace* (pp. 129–158). Cambridge: Cambridge University Press.

Sepulveda, C. A. S., Muniz, C. R. R., Reis, V. P. G. S., Teles-Junior, J. B., Carneiro, M. C. L., Pereira, V. A., Caldas, T. C., Almeida, M. C., Sá, T. S., Amarante, A. L. A. C. P., Costa, V. J. B., Silva, N. R., Santana, M. A. S., Sarmiento, A. C. H. y El-Hani, C. N. (2012). Inovando o ensino de biologia através do trabalho colaborativo de pesquisadores educacionais e professores-investigadores. *Estudos IAT*, 2, pp. 119-137.

Vanderlinde, R. y Van Braak, J. (2010). The gap between educational research and practice: views of teachers, school leaders, intermediaries and researchers. *British Educational Research Journal*, 36, pp. 299–316.

Wisker, G., Robinson, G. y Shacham, M. (2007). Postgraduate research success: communities of practice involving cohorts, guardian supervisors and online communities. *Innovations in Education and Teaching International*, 44, pp. 301–320.