

La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria

Ileana María Greca, Jesús A. Meneses Villagrà y María Diez Ojeda

Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Burgos, España. Emails: imgreca@ubu.es, meneses@ubu.es, mdojeda@ubu.es

Resumen: Partimos de la hipótesis que enseñar ciencias mediante una metodología de indagación, tanto en la formación de maestros como en la escuela primaria, permitirá una mejor comprensión de las ideas científicas y de la forma en que los científicos estudian el mundo natural. Sin embargo, consideramos que para que los estudiantes de magisterio consigan aprender esta metodología, es necesario superar visiones tradicionales sobre la enseñanza de las ciencias y los déficits de formación en contenidos científicos y, además, la utilicen durante su formación. En este trabajo presentamos una propuesta curricular en esta dirección, formada por tres disciplinas para el grado en maestro de Primaria, que funcionan escalonadamente hasta llegar al desarrollo y uso de la indagación. Los resultados obtenidos con su implementación parecen mostrar que las estrategias adoptadas son efectivas para conseguir cambios positivos en la imagen de ciencia, en la percepción de la importancia de enseñar ciencias de forma significativa en primaria y en la intención de aplicar metodologías que incentiven a los niños a cuestionarse y a indagar sobre los fenómenos naturales.

Palabras clave: formación de maestros, metodología de indagación, naturaleza de las ciencias.

Title: Training students in science education in elementary teacher education degree.

Abstract: We start from the assumption that teaching science by inquiry, both in the training of pre-service teachers and in primary school, will allow a better understanding of science and the nature of science. Nevertheless, students arrive to the degree with traditional visions about science teaching, deficits in scientific content and naive views about the nature of science, that have to be overcome in order to learn the teaching and learning by inquiry. In this sense, we present a proposal integrated of three disciplines in the Primary Teacher degree, thought as stages that would help students to achieve the knowledge necessary to develop and use the inquiry. The results obtained seem to show that the strategies adopted are effective to achieve positive changes in their image of science, in their perception of the importance of teaching science significantly in primary school and its intention to apply methodologies that encourage children to question and to investigate natural phenomena.

Keywords: pre-service teachers, teaching by inquiry, nature of science.

Introducción

La adaptación de los grados al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en España ha supuesto cambios estructurales importantes en las carreras. En el caso particular de Magisterio, ha implicado pasar de una formación de 3 a 4 años, con planes de estudio generalistas para los Maestros de Educación Primaria, modificándose las asignaturas obligatorias. Así, los estudiantes de todas las menciones deben cursar al menos dos disciplinas obligatorias, entre 12 y 15 créditos ECTS (Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos), sobre ciencias de la naturaleza y su didáctica. Muchos de los estudiantes que cursan estas disciplinas dejaron de ver contenidos de ciencias en la escuela secundaria obligatoria (ESO) y tienen, en general, un conocimiento científico fragmentado, superficial y poco sólido (Cañal, 2000; Murphy et al., 2007; Porlán et al., 2010), además de un cierto rechazo hacia las ciencias y bajos niveles de confianza (Russell et al., 1992; Vázquez y Manassero, 2008). Esto les impide implementar, al ejercer, estrategias didácticas innovadoras, como por ejemplo la indagación, que vayan más allá de un aprendizaje memorístico de hechos y datos, su principal forma de aprender ciencias (Smith y Southerland, 2007). Así, la enseñanza de las ciencias en primaria es mayoritariamente tradicional, con el libro de texto como principal recurso (Cañal, Criado García-Legaz, García-Carmona y Muñoz, 2013; García y Martínez, 2003), lo que dificulta alcanzar el objetivo de formar ciudadanos capaces de comprender y usar la información científica para tomar decisiones fundamentadas.

Siendo los docentes la pieza fundamental para el éxito o fracaso de cualquier reforma educativa y existiendo una creciente preocupación por los escasos vínculos entre la formación docente y las necesidades escolares (Osborne y Dillon, 2008; Rocard, 2007), el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Burgos decidió realizar una serie de cambios en las tres asignaturas obligatorias (6 ECTS en 2º curso, 6 ECTS en 3º y 3 ECTS en 4º) vinculadas a su área, con el fin de preparar a los futuros maestros de forma más acorde a las propuestas surgidas de la investigación. En este trabajo presentamos las ideas centrales de estas asignaturas, así como una primera evaluación de los resultados obtenidos con la utilización de la secuenciación curricular diseñada, en particular relacionados con cambios en las visiones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia y sobre su enseñanza y aprendizaje en la escuela primaria.

Fundamentación teórica

Los informes de la Unión Europea (Rocard, 2007) y resultados de la investigación en didáctica de las ciencias (Jiménez Aleixandre, 2000; Pujol, 2003) sugieren revisar radicalmente la manera en que se enseña ciencias en nuestras escuelas para formar ciudadanos científicamente alfabetizados. Entre otras medidas, se recomienda incidir en una enseñanza de las ciencias por indagación desde los primeros ciclos, que consiga captar el interés y la ilusión de los alumnos. De hecho, una de las competencias que deben adquirir los ciudadanos al terminar la enseñanza obligatoria es la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, que incorpora la habilidad para progresivamente poner en práctica los procesos

y actitudes propios de la indagación científica. Cuando se habla de indagación en enseñanza de las ciencias se hace referencia tanto a las diferentes formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo cuanto a las actividades de los estudiantes que les permitan comprender ideas científicas y la forma en que los científicos estudian el mundo natural (NRC, 1996). En uno y otro caso, la indagación implica un proceso intencional de diagnóstico de problemas, crítica de experimentos y distinción de alternativas, planificación de investigaciones, validación de conjeturas, búsqueda de información, construcción de modelos, debate con compañeros y construcción de argumentos coherentes. Por tanto, con el uso de la indagación se pretende que los alumnos, además de construir significativamente conocimiento sobre el mundo natural, desarrollen estas habilidades y una comprensión del proceso, que les permitirá adquirir una imagen más apropiada de la ciencia.

Minner, Jurist y Century (2010), sintetizando investigaciones realizadas entre 1984 y 2002 sobre el impacto de la enseñanza basada en la indagación en alumnos entre 5 y 12 años, concluyen que esta estrategia incrementa la comprensión conceptual mejor que las estrategias tradicionales. Sin embargo, la presencia de la indagación en primaria es prácticamente nula en España (Cortés et al., 2012) y escasa en el mundo anglosajón (Forbes, 2009), donde ha sido incentivada desde la década de 1990-2000.

Aunque existen muchos factores, una de las razones de los continuos fracasos de las reformas de la educación en ciencias está relacionada con los maestros. Mientras éstos deberían ser capaces de emplear de manera exitosa su experiencia para tomar decisiones instruccionales, la evidencia sugiere que no siempre lo consiguen (Pintó, 2004). Para promover el aprendizaje por indagación, los maestros se enfrentan a muchos desafíos, en particular su limitado conocimiento (conceptual y procedimental) de las ciencias (Abell, 2007; Anderson y Mitchener, 1994; Caamaño, 2003). La mayoría de los maestros no han tenido la oportunidad de aprenderlas a través de la indagación o realizar investigaciones científicas y no disponen del conocimiento y las habilidades necesarias para utilizarla de forma reflexiva y adecuada en sus aulas. Una revisión reciente sobre los conocimientos y las creencias de los maestros en ejercicio acerca de la investigación científica, la naturaleza de la ciencia y la enseñanza de la ciencia orientada por la indagación (Davis, Petish y Smithey, 2006; Guisasola y Morentin, 2007), mostró que la mayoría tiene puntos de vista a menudo incompatibles con las concepciones que aparecen en la investigación y en las propuestas de reforma. Los maestros en formación presentan las mismas concepciones inadecuadas (Gess-Newsome, 2002; Guisasola y Moretín, 2007; Windschitl, 2002). Sin embargo, pueden llegar a puntos de vista más pertinentes, congruentes con los articulados por los especialistas, si participan en auténticas investigaciones científicas como parte de su formación (Haefner y Zembal Saul, 2004; Windschitl, 2002).

Como indicamos anteriormente, todos los estudiantes que ingresan actualmente en el grado en maestro deben cursar las mismas disciplinas en el área de Ciencias Experimentales, independientemente de su gusto o formación en ciencias. Lo que nos encontramos es que la mayor parte de

ellos llegan al grado con serias deficiencias formativas en el área de contenidos (muchos apenas han visto un par de disciplinas de ciencias naturales en secundaria), suelen venir con un cierto rechazo hacia las ciencias por sus experiencias previas y tienden a pensar que la única forma de enseñarlas es mediante una metodología tradicional, centrada en clases expositivas y el uso del libro de texto, con la memorización como mejor forma de aprendizaje. Por ello, decidimos que para conseguir que los estudiantes llegasen a desarrollar indagaciones científicas para su nivel formativo y a diseñar secuencias didácticas que utilizarasen esta metodología, era necesario que las tres asignaturas obligatorias del área funcionasen como escalones, en grados crecientes de acercamiento a la metodología de la indagación. Con ello, esperamos que los estudiantes llegasen al cuarto curso con un conocimiento científico mínimo y con una visión sobre las ciencias y su enseñanza más acorde con las recomendaciones actuales, que permitiese introducir de una forma más eficaz la metodología de la indagación. A continuación describimos, en líneas generales, los contenidos científicos y didácticos abordados en las asignaturas.

Descripción de la propuesta didáctica para la enseñanza de ciencias en el grado en maestro de educación primaria de la Universidad de Burgos

Nuestros estudiantes tienen una procedencia heterogénea en cuanto a las materias de ciencias cursadas en la ESO y Bachillerato, siendo ésta una de las causas de que sus conocimientos científicos carezcan de la profundidad y rigurosidad necesarias, limitando las posibilidades de su tratamiento en su futuro docente. En el plan de estudios del Grado en Maestro de Educación Primaria de la UBU figuran para su formación en Ciencias dos asignaturas de "Ciencias de la Naturaleza y su didáctica", la I en 2º curso y la II en tercero, de 6 créditos ECTS cada una, y una tercera, "Innovación en el aprendizaje del Conocimiento del Medio", en 4º, de 6 créditos ECTS compartida con el área de didáctica de las ciencias sociales.

La asignatura "Ciencias de la Naturaleza y su didáctica I" se ha planificado para abordar los siguientes temas: la importancia y finalidad de enseñar la ciencia a niños; el currículum oficial de ciencia en la educación primaria; la energía y su didáctica, particularizando en las energías térmica, eléctrica, lumínica y sonora y sus didácticas; y la constitución de la materia, los cambios físicos y químicos y las reacciones químicas y sus didácticas.

Consideramos que la noción de energía puede iniciarse en Primaria pero introduciendo este concepto desde una perspectiva más descriptiva que operativa (Duit, 1985). Se comienza su enseñanza destacando su importancia educativa y constatando las concepciones de los estudiantes, que coinciden con las obtenidas por muchos autores (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989). Se sigue con la introducción del concepto de energía con una visión amplia y general, a través de la idea de cambio en un cuerpo o en un sistema por medio de una "interacción" entre cuerpos y sistemas (Hierrezuelo, 1995). Luego se aborda el concepto de "transferencia" de energía, reforzando la idea de interacción entre sistemas y la noción de que toda la energía es la misma, seguido del de "transformación", aplicándolo a numerosos ejemplos cotidianos de procesos de transferencia con y sin transformación. Después, se trabaja el concepto de "conservación" inmediatamente seguido del concepto de "degradación" (entendido desde el

punto de vista de la calidad de la energía y de la facilidad para aprovecharla), tal como propone Duit (1985). Al introducir el concepto de calor y temperatura, son debatidas las concepciones más representativas, en relación a los fenómenos caloríficos (Erickson, 1980; Macedo, 1985). Este aspecto nos sirve para insistir, una vez más, en la importancia de la evolución de las teorías y su similitud con determinadas concepciones de los niños, en este caso acerca del calor, destacando la influencia de la dimensión lingüística.

También se contempla el estudio de la luz o energía radiante y el estudio experimental de circuitos eléctricos sencillos, utilizando siempre el concepto de energía como hilo conductor y destacando su conexión con otras áreas, principalmente con la Educación Ambiental y las implicaciones sociales y tecnológicas recogidas en los planteamientos Ciencia-Tecnología-Sociedad. Por otro lado, con el estudio de este apartado procuramos acercar a los estudiantes a muchas situaciones cotidianas, altamente motivadoras, y con amplias implicaciones tecnológicas.

La metodología didáctica utilizada en esta asignatura tiene un enfoque constructivista que contempla principalmente estrategias de enseñanza que intentan promover el cambio conceptual (Driver y Oldham, 1986; Needham, 1987) y, en menor medida, aquellas que ponen más énfasis en el cambio metodológico (Gil, 1993), tipo "pequeña investigación" (en el sentido de Cortés y Gándara, 2006; Pozo y Gómez Crespo, 1998, p.106;) o indagación ISBE (NRC, 2007)

Otro concepto estructurante e integrador es la "materia". Un adecuado conocimiento de la misma, en términos atómico-moleculares, es fundamental por su incidencia en el estudio de la Química (Llorens Molina, 1991; Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991), y en la explicación de los fenómenos físicos, como los cambios de estado. Además, se deben tener en cuenta las actitudes de los estudiantes hacia la Química, pues suelen ser tóxicas, con una visión negativa - contaminación, etc.- y restringidas - formulación, ajuste de reacciones, etc. (Llorens Molina, 1991). La secuencia didáctica comienza con el concepto de materia y estados de agregación, introduciendo la idea de que "todo sistema material es aquel que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio", lo que lleva al tratamiento de la medida de la masa y del volumen. Destacamos la necesidad e importancia de la medida y su rigurosidad; la búsqueda de sistemas universales de medidas, haciendo hincapié en el desarrollo histórico de los mismos y el manejo de instrumentos y sistemas de medida cada vez más sensibles y sofisticados, sin olvidar los tradicionales, por su valor educativo. Asimismo, es necesario que el futuro docente desarrolle las destrezas técnicas en el uso de instrumental de laboratorio, por lo que durante toda esta parte de la asignatura los estudiantes realizan diversas prácticas en el laboratorio, posibles de ser adaptadas para primaria y relacionadas con fenómenos cotidianos.

El siguiente núcleo son los cambios de la materia y sus causas. En concreto se realiza el análisis científico y psicopedagógico tanto de los cambios físicos como de los químicos más elementales (combustión), con énfasis en el estado gaseoso, dada su mayor dificultad científica y didáctica, resaltando las mutuas interrelaciones entre volumen, temperatura y

presión. En dichas actividades se resalta lo fenomenológico y descriptible más evidente; en particular la reversibilidad de los cambios y la conservación de la cantidad y del tipo de materia. En relación a los conceptos químicos fundamentales y la teoría atómico-molecular se propone la elaboración de un mapa conceptual con el objeto de comprobar las concepciones de los estudiantes y se revisa la evolución histórica de las teorías acerca de la constitución de la materia, evitando dar una visión simplista. Algunos de los fenómenos más espectaculares que los niños experimentan en la vida cotidiana conllevan reacciones químicas en las que la naturaleza de una sustancia parece sufrir un cambio irreversible (Driver et al., 1989). Dada las deficiencias de los futuros maestros sobre este tema, se favorecer la construcción de los conceptos de discontinuidad y conservación de la materia para que puedan interpretar adecuadamente el proceso de que unas moléculas desaparecen y se crean otras nuevas.

Los estudiantes deben realizar tres trabajos en grupos de cuatro: al inicio, una presentación sobre distintos aspectos relacionados con "la energía"; después, una interpretación teatral para niños que simule el comportamiento de los componentes de reacciones químicas concretas y, al final, el diseño de una secuencia didáctica para Primaria, que parta de situaciones problemáticas de interés y que utilice el trabajo experimental como principal recurso.

La asignatura "Ciencias de la Naturaleza y su didáctica II" está planteada para abordar los conceptos científicos a partir de la realidad cercana de los estudiantes y gira en torno a la construcción del concepto de ser vivo como una teoría formada a su vez por los modelos de ecosistema, organismo y célula (Galindo, Sanmartí y Pujol, 2007). Así, en primer lugar, se detectan las ideas previas de los estudiantes sobre ser vivo y se revisan conceptos relacionados con biomoléculas. Posteriormente se desarrolla el tema de ecosistemas con un programa guía de actividades, centrado en la construcción del concepto de ecosistema como un conjunto biológico no aislado, que conforma una red de interacciones con circulación de materia y energía y en el que se percibe la existencia de equilibrio dinámico y de mecanismos de regulación. Se utilizan las mismas entidades teóricas que para el modelo de ser vivo, siendo en este caso la unidad de análisis básica la población (García, 2005). Como en la disciplina anterior, materia y energía son conceptos estructurantes de la asignatura, ahora desde la perspectiva biológica.

Una vez discutidas la materia y la energía como elementos esenciales para la sobrevivencia de los seres vivos, se pasa al origen de los mismos y las diversas hipótesis y teorías desarrolladas a lo largo de la historia para comprender el pasaje de la materia inorgánica a la formación de los primeros seres vivos y sus respuestas a un medio externo cambiante, que a su vez modifican, retomando así las ideas trabajadas en ecosistemas. Luego se aborda el tema de la evolución, como una respuesta a largo plazo azarosa e indeterminada de esa interacción de los organismos y el medio. Usamos para ello una adaptación del programa de actividades de Jiménez Aleixandre (2000), con una fuerte orientación histórico-epistemológica y que pretende reflejar una imagen de la ciencia como una actividad problemática, sujeta a debates y revisiones, en interacción con el contexto social y cultural en la que se desarrolla. Se introduce posteriormente el

concepto de célula y la evolución de los distintos tipos de células, destacando los procesos metabólicos y relacionándolos con los aspectos macroscópicos de los organismos, trabajando así el modelo de ser vivo desde los modelos de célula y organismo a la vez. Esto se trabaja a partir del uso de resolución de problemas y de tareas de modelización. Como último aspecto del área de Biología, se presenta, desde una visión evolutiva, la diversidad de seres vivos, discutiendo su emergencia como resultado de sucesivas adaptaciones para una mayor eficiencia en un medio cambiante. En el área de Geología, se abordan los movimientos de la Tierra y los cambios geológicos internos y externos. Estos aspectos se relacionan, en un programa guía, con las modificaciones de los hábitats de los seres vivos y sus adaptaciones, así como las modificaciones del hombre en el paisaje.

Durante las prácticas, se abordan diferentes aspectos del quehacer científico: la observación (con lupa y microscopio), la organización de las observaciones, la clasificación (con el desarrollo de claves dicotómicas), el uso de modelos (realización de maquetas y uso de simulaciones), la emisión de hipótesis y el diseño experimental (con un problema abierto sobre respiración) y la realización de un proyecto de investigación, no experimental, plasmado en el formato de poster científico, sobre un tema científico en particular.

Al finalizar la disciplina, los estudiantes presentan una unidad didáctica sobre temas relacionados con las funciones vitales y el cuerpo humano, que debe tener un fuerte énfasis experimental. La disciplina se cierra con una reflexión sobre las actividades didácticas desarrolladas. Como se ha indicado, se utilizan diversas estrategias didácticas, como los programas guías de actividades, el uso de la historia y filosofía de las ciencias, la modelización, el trabajo con situaciones problemáticas del cotidiano, los problemas abiertos, los proyectos de investigación, y la iniciación en diversos procesos necesarios para la realización de una indagación (emisión de hipótesis, diseños experimentales, uso de instrumentos de observación, y observación y registro de datos sistemáticos).

Las diversas actividades propuestas son realizadas de forma grupal en clase y en casa; el docente al término de cada clase resume lo abordado, aclarando conceptos y dudas.

Por otra parte, es fundamental que superen concepciones ingenuas sobre la naturaleza de las ciencias para poder implementar la indagación en clase. Por ello, de forma integrada con el aprendizaje de los contenidos científicos y de los procedimientos (o sea, sin unidades explícitas sobre naturaleza de las ciencias) (Matthews, 1994), en estas dos primeras disciplinas son abordados elementos vinculados con visiones actuales del conocimiento científico partiendo de aspectos considerados consensuados en la enseñanza de las ciencias (Abd-El-Khalick, 2001; Lederman, Schwartz, Abd-El-Khalick y Bell, 2001). En estas dos asignaturas se enfatiza fundamentalmente la creación de los modelos y teorías científicas dentro del contexto histórico, socio-cultural, conceptual e instrumental de la época, mostrando los problemas que los científicos intentaban resolver en un determinado momento y la disponibilidad de instrumentos y/o teorías para poder resolverlos, así como las evidencias empíricas disponibles en un determinado momento para aceptar o refutar una teoría científica.

Después de la enseñanza de las dos asignaturas descritas anteriormente—con la que esperamos que los estudiantes hayan adquiridos un mínimo de conocimiento científicos estructurantes, una visión más actual sobre su naturaleza y, sobre todo, una forma diferente de entender la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias – se trabaja y utiliza, en la asignatura de cuarto curso "Innovación en el aprendizaje del Conocimiento del Medio", específicamente la metodología de la indagación. En esta asignatura se plantea a cada grupo, formado por cuatro estudiantes, situaciones problemáticas abiertas que deben abordar siguiendo los procesos que caracterizan una indagación científica. Las problemáticas, que contemplan diversos contenidos científicos, y los posibles desarrollos están pensados para profundizar en un nivel correspondiente al inicio del Bachillerato (equivalente en dificultad, para su nivel, a la que van a vivenciar sus alumnos de primaria).

Durante cinco semanas, los estudiantes analizan la situación problemática e identifican dos o tres problemas concretos que puedan ser resueltos de forma experimental, emiten hipótesis y hacen predicciones, planifican los diseños experimentales, utilizan instrumentos y analizan los datos obtenidos, relacionándolos con los modelos científicos correspondientes, establecen conclusiones y buscan nuevas aplicaciones relacionadas con el conocimiento construido. Una vez realizado el trabajo experimental, los estudiantes deben dar respuesta a los problemas abordados elaborando un informe escrito, basándose en la evidencia empírica obtenida, el cual presentarán durante veinte minutos a sus compañeros y responderán a su preguntas y sugerencias. Como los estudiantes han tenido algún contacto práctico anterior con esta metodología, pues en las disciplinas anteriores han utilizado algunos procesos relacionados con ella, las indagaciones que realizan los distintos grupos requieren un menor grado de asesoría, aunque depende mucho de la temática de la situación problemática planteada. Posteriormente, durante tres semanas diseñan, de forma individual, una secuencia didáctica usando la metodología de indagación para primaria, relacionada con la temática abordada en su propia indagación, transposición didáctica que debe ser explicada y expuesta.

Nuestra pretensión última, con la formación que desarrollamos en el Grado, es ayudar a que nuestros estudiantes, futuros maestros, aprendan a pensar científicamente (NRC, 2007), para lo cual consideramos necesario el trabajo indagatorio que realizan en el aula y su comunicación, pues a través del mismo pueden llegar a ser capaces de construir, evaluar y utilizar explicaciones científicas, modelizando y argumentando (Couso, 2014), así como participar en prácticas y discursos de la ciencia.

Destacamos que el cuerpo de profesores de estas asignaturas está formado por dos investigadores en el área de didáctica de las ciencias, con experiencia en la metodología de la indagación, y cuatro profesores (formados en química, biología y ciencias ambientales) con una vasta experiencia docente en la formación de maestros. Cada uno de los profesores investigadores fue el responsable de una de las dos primeras asignaturas y ambos compartieron la tercera. Como es evidente, la implementación de toda esta propuesta supuso una tarea constante de coordinación inter e intradisciplinar para asegurar que todos los

involucrados compartiesen los mismos significados y criterios, tarea realizada de forma continuada antes y durante el desarrollo de las asignaturas.

Metodología

En este trabajo presentamos dos de los tres estudios realizados para evaluar la propuesta. Estos estudios fueron realizados con el mismo grupo de estudiantes que ingresó en el grado en maestro en 2010-2011 y que cursaron las tres asignaturas descriptas. Estaban divididos en tres grupos teóricos (55-60 estudiantes), con dos subgrupos prácticos cada uno. El tercer estudio evalúa las unidades didácticas realizadas por indagación y, por espacio, no se incluye. Por organización, vamos a describir de forma separada la metodología de cada uno de los estudios.

Primer estudio

El objetivo del primer estudio realizado con los estudiantes de cuarto curso –que ingresaron en el grado en maestro en 2010-2011 y que cursaron las asignaturas de Ciencias de la Naturaleza y su didáctica según el diseño expuesto–, es dar respuesta a las siguientes preguntas, a partir de la comparación con estudiantes del mismo Grado que aún no habían cursado estas disciplinas (ingreso 2012-2013):

¿En qué medida los estudiantes cambian sus visiones o creencias sobre la enseñanza de la ciencia en la educación primaria a partir de sus aprendizajes en las primeras dos asignaturas de la propuesta? ¿En qué medida las estrategias didácticas utilizadas en ellas permiten que los futuros maestros superen visiones simplistas o erróneas (Guisasola y Morentin 2007) sobre la naturaleza de la ciencia?

Estas preguntas derivan del objetivo de las dos primeras asignaturas de la propuesta que consiste principalmente en que los estudiantes comprendan algunos conocimientos científicos integradores, y superen visiones no adecuadas tanto sobre la enseñanza de las ciencias como de su naturaleza. Consideramos que los estudiantes han conseguido una suficiente adquisición de conocimientos científicos, pues de los 178 estudiantes que ingresaron en el curso 2010-2011, el 87% y el 92%, respectivamente, superaron las evaluaciones sobre los contenidos científicos de las asignaturas de Ciencias de Naturaleza y su didáctica I y II.

El instrumento que utilizamos para recoger información fue un cuestionario con preguntas abiertas, sin limitación de tiempo para responderlo. Lo contestaron 105 estudiantes de cuarto curso justo antes de comenzar la asignatura "Innovación en el aprendizaje del conocimiento del Medio", y después de haber realizado su primer período de prácticas en las escuelas. El cuestionario consta de dos partes (Anexo 1). En la primera, se realizan una serie de preguntas sobre sus 'creencias acerca de la enseñanza y el aprendizaje de ciencias' (adaptado de Tsai, 2002). En la segunda parte, las preguntas están relacionadas con la 'naturaleza de la ciencia' (tomado de Guisasola y Morentin, 2007). Este mismo cuestionario fue contestado por 55 estudiantes de 2º curso del mismo Grado justo antes de comenzar la primera de las asignaturas del área. Aunque no se trata de un estudio longitudinal, el método de trabajo adoptado (por comparación de muestras

en un diseño cuasi experimental de cohortes) es adecuado metodológicamente, dado que las características fundamentales –estudios previos \approx ciencias sociales y artes: 70%, ciencias naturales: 30%; sexo \approx hombres: 25%, mujeres: 75% ; calificación de selectividad \approx nota media de 5,6 – que pudieran influir en el estudio, de la muestra de los estudiantes de 4º curso antes de cursar la asignatura de 2º curso son semejantes a las de la muestra de los estudiantes de 2º curso.

Todas las contestaciones de los estudiantes fueron leídas y agrupadas por grado de similitud, dando origen a los indicadores finales. En la primera parte del cuestionario, el conjunto de respuestas pudo agruparse en tres categorías (tabla 1 y anexo 3): 1.a) ‘metodología de enseñanza’ que mejor es percibida por los estudiantes para conseguir que los estudiantes aprendan la ciencia, 1.b) tipos de ‘actividades’ que favorecen ese aprendizaje y 1.c) ‘factor más importante de éxito’ para conseguirlo. Los indicadores de cada categoría no fueron establecidos en ningún orden específico, quedando como variables nominales. Sobre ellas realizamos un análisis estadístico descriptivo de frecuencias. La única excepción fue la categoría relacionada con la ‘metodología de enseñanza’, que luego fue convertida en una variable ordinal, fijando a los indicadores valores de 0 a 4, en orden ascendente progresivo de acercarse a lo consensuado por la comunidad de enseñanza de las ciencias.

Categorías e indicadores
Frases de los estudiantes
1.a) Metodología de enseñanza (valores de 0 a 4)
0: Inclasificable: “Es necesario dar unas enseñanzas mínimas y unos contenidos básicos para poder ir subiendo el nivel” B54
1: Tradicional: énfasis en un aprendizaje de conceptos de tipo transmisivo. “Creo que como se imparte actualmente es una buena manera, siempre explicando de forma clara” A14
2: Tradicional “activa”: uso de prácticas y/o experimentos para comprobar la teoría, para ilustrarla o para motivar el aprendizaje en el aula. “Combinando la teoría con ejemplos reales, de forma que les resulte más fácil de comprender. Realizando prácticas experimentales a través de las cuales se pueda demostrar la teoría; combinando siempre la práctica con la teoría, es decir, a través de la reflexión, las actividades experimentales y la investigación” A6
3: Descubrimiento: los alumnos descubren por sí mismos los conceptos, construyéndolos mediante su propia actividad experimental. “..clases amenas y con gran parte práctica (mucho más que teoría) en las que sean los propios alumnos los que, al experimentar, conformen su aprendizaje” B43
4: Indagativa: se parte de problemas, se usan metodologías de indagación para la apropiación progresiva de los conceptos. “De una manera práctica y experimental, en un entorno con gran cantidad de recursos y materiales con los que experimentar de forma guiada. . .de tal manera que el estudiante sea capaz de plantearse preguntas, . . . plantear hipótesis, experimentar y corroborarlas con el método científico.” A9

Tabla 1.- Visiones de los estudiantes en relación a la enseñanza y el aprendizaje de ciencias: metodología de enseñanza.

Para la segunda parte del cuestionario, sobre las ‘concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias’, se establecieron cuatro categorías (2.a, 2.b, 2.c y 2.d del anexo 4), usando los indicadores

propuestos por Gess-Newsome (2002, p. 63) para clasificar lo que es la ciencia: como producto (la ciencia es definida como tópicos que deben ser aprendidos, considerándose el conocimiento inerte), como proceso (la ciencia es descrita como un proceso de obtención de conocimiento o aplicación de destrezas metodológicas) y como ambas a la vez (la ciencia es definida como el cuerpo de conocimientos producidos a través de la aplicación de determinados procedimientos metodológicos). También fueron usadas las proposiciones que Guisasola y Morentin (2007) destacan como aquellas que representan un consenso sobre el papel de la ciencia, la metodología científica y el desarrollo del conocimiento científico en el área. Estos indicadores fueron numerados en orden ascendente progresivo, usándose la prueba U de Mann Whitney para grupos independientes para comparar los resultados de ambos grupos.

Una vez determinados los códigos finales de las categorías, todas las respuestas de los estudiantes fueron analizadas y clasificadas en los indicadores establecidos por dos investigadores de forma independiente, obteniéndose en todos los casos acuerdos iguales o superiores al 80%. En los casos de discrepancias, ambos investigadores releían las respuestas de forma conjunta y volvían a categorizar las respuestas por consenso.

Segundo estudio

El objetivo del segundo estudio, realizado con los mismos estudiantes de 4º del estudio anterior, pero al término de la tercera asignatura, "Innovación en el aprendizaje del conocimiento del Medio", fue conocer su opinión y valoración de la metodología didáctica basada en la indagación científica, para contestar las siguientes preguntas:

¿Cuál es la opinión de los estudiantes sobre el uso de la indagación durante su formación? ¿Pueden los futuros maestros, a partir de sus propias experiencias con la indagación científica, convencerse que es posible enseñar ciencia en las aulas de educación primaria utilizando esta metodología porque ayuda a consolidar un aprendizaje más amplio y significativo de la ciencia?

Después de desarrollar una indagación científica adaptada a su nivel y otra planificada para niños de primaria, los 135 estudiantes de 4º contestaron un segundo cuestionario abierto sobre la metodología de indagación científica, las dificultades que encontraron en su implementación, los conocimientos que creen que consiguieron usando esta metodología, los aspectos positivos y negativos de la misma para su formación y para ser usada con alumnos de primaria, sus visiones acerca de si se consideran preparados para implementarla y, por último, su intención de aplicarla (Anexo 2). Antes de concretar el cuestionario definitivo, se aplicó una versión preliminar de forma oral a cinco estudiantes de cuarto curso para determinar su validez.

Una vez analizadas todas las respuestas, se establecieron para cada una de las preguntas las clases de respuestas similares, que constituyeron los indicadores de cada categoría. A excepción de las variables 'conocimiento de la metodología de indagación', 'preparación para implementarla en primaria' e 'intención de hacerlo', para el resto evaluamos, para cada estudiante, la presencia o no de un determinado indicador. Igual que con el

primer cuestionario, una vez determinados los indicadores finales de las categorías, todas las respuestas de los estudiantes fueron analizadas y clasificadas por dos investigadores de forma independiente, obteniéndose en todos los casos, para este cuestionario, acuerdos iguales o superiores al 95%.

Resultados y discusión

De la misma forma que en el apartado de la metodología, en este caso dividimos los resultados y la discusión para cada estudio.

Resultados y discusión del primer estudio

En la tabla 1 y anexos 3 y 4 presentamos los indicadores emergentes, ejemplificados con frases de los estudiantes, y en la figura 1 los porcentajes de respuestas dadas por los estudiantes de 2° y 4° curso, es decir, antes y después de haber cursado las dos asignaturas para las cuestiones relacionadas con su visión acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en primaria y sobre la naturaleza de las ciencias.

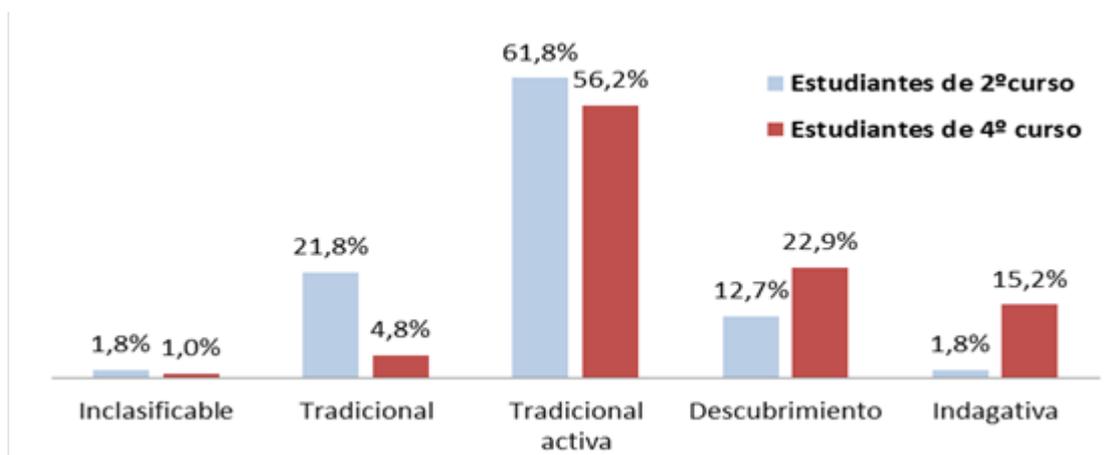


Figura 1.- Porcentajes de estudiantes sobre la metodología de enseñanza.

Un porcentaje menor al 5% de los alumnos de 4° (frente al 22% de los 2°) parece inclinarse hacia un tipo de enseñanza tradicional, que enfatiza una transmisión de conocimientos por el docente y una actitud pasiva del estudiante. Así, aunque tampoco es la metodología mayoritaria que señalan los estudiantes de 2° el porcentaje se reduce sustancialmente en los estudiantes de 4°. Es significativo el porcentaje de estudiantes, en ambas muestras, que se inclina hacia una metodología de enseñanza que hemos denominado 'tradicional activa', una concepción de transición de conocimiento entre una perspectiva tradicional y una constructivista. Sin embargo, existe una diferencia entre sus respuestas: mientras que los de 2° destacan el uso de experiencias por su énfasis motivador (que puede pensarse parecido a las prácticas que suelen haber al final de un capítulo en los manuales), los estudiantes de 4° declaran que son necesarias como forma de comprobación o de ilustración de la teoría. También es significativo que más de un 38% de los estudiantes de 4° (13,5% de 2°) declaren ser partidarios de metodologías que permitan a los estudiantes aprender contenidos científicos desde perspectivas constructivistas. Entre ellas hemos distinguido dos: una que podríamos asociar con un aprendizaje

por descubrimiento inductivo (Bruner 1988), en el que los niños llegarían por sí mismos a un concepto al realizar diferentes experiencias prácticas y la otra por indagación, como definido anteriormente.

En relación a las 'actividades', en consonancia con las metodologías didácticas consideradas más apropiadas, más de la mitad de los estudiantes de 4º, frente al 36% de los de 2º, destacan la necesidad de desarrollar los contenidos científicos mediante actividades que los hagan significativos, relacionadas con el entorno o lo cotidiano del estudiante. Además, casi un 10% considera que la mejor manera de enseñar ciencias es partir del interés y de las preguntas que los niños se hacen sobre los fenómenos naturales, lo que supone una ruptura muy importante con la forma tradicional de secuenciar los contenidos didácticos.

Sobre el 'factor más importante de éxito' en la enseñanza, no parecen existir grandes diferencias entre los dos grupos, a excepción de los estudiantes de 4º (8,6%) que indican que el éxito depende de promover un aprendizaje usando la metodología de indagación. En general, en ambos grupos los estudiantes parecen considerar que el peso mayor para conseguir que el estudiante aprenda está en el planteamiento didáctico del docente (85-90%), que debe ser capaz de motivar a los niños a aprender ciencias, y no tanto en la actitud o responsabilidad del estudiante (10-15%).

A pesar de que muchos estudiantes de magisterio consideran que los maestros son los que mejor conocen la realidad del aula y la metodología que emplean es la que puede y debe implementarse (Cortés et al., 2012), los estudiantes de 4º curso, que ya habían pasado por su primer período de prácticas (en 3º curso), parecen valorar mejor la formación didáctica que están recibiendo que aquella que han vivenciado en sus prácticas, siendo a su vez bastante coherentes entre la metodología y las actividades que proponen. En este sentido, vale recordar los resultados de Cañal et al. (2013), que indican que aunque los maestros en ejercicio a cargo de las prácticas parecen aceptar, en términos generales, planteamientos metodológicos coherentes con el marco teórico actual de la didáctica de las ciencias, las actividades concretas no parecen estar acordes con ello, siendo predominantes las actividades relacionadas con el libro de texto.

En relación a 'lo que es la ciencia', la tercera parte de las respuestas de los estudiantes de ambos cursos son inclasificables, la mayoría relacionadas con lo que entienden sobre la ciencia que se enseña en la escuela. Así mismo, casi la mitad de 2º (47%) parecen tener una visión de la ciencia como 'producto' (conjunto de conocimientos científicos), un 17% como 'proceso' (actividad experimental, metodología de investigación) y solo un 4% conciben la ciencia como 'proceso y producto' a la vez (relación dialéctica entre el cuerpo de conocimientos en construcción y proceso de investigación), en contraposición con los estudiantes de 4º donde un 29% tiene una visión de la ciencia como proceso, un 25% como producto y un 15% destacan los dos componentes.

El porcentaje de respuestas claramente inductivistas en ambos grupos es bajo y similar, un 10%. Las respuestas referentes a 'experimentar para comprobar conocimiento ya establecido' son mayoritarias (78%) en los estudiantes de 2º y un 28% en los de 4º. En contraposición, alrededor de

45% de los estudiantes de 4° parecen acercarse a concepciones más acordes con visiones actuales sobre la naturaleza de la ciencia, indicando explícitamente que es necesario desarrollar hipótesis que posteriormente serán contrastadas mediante experimentos, aunque solamente un 11% de estos estudiantes consiguen exponer de forma clara que la experimentación es parte de una investigación más amplia destinada a dar respuestas fundamentadas a problemas. En relación a los 'factores que influyen en el conocimiento científico', aproximadamente la mitad de los estudiantes de 4° curso es capaz de identificar más de un factor, siendo el más citado el tecnológico (71,7% de los estudiantes de 4° señalan los tecnológicos, 41,5 % los sociales, 13,2% los culturales y 18,9% los personales). En comparación, sólo un tercio de los de 2° señalan más de un factor (70,9 % tecnológicos, 32,7% sociales, 5,5% culturales y 10,9% personales). En consecuencia, los estudiantes de 4° citan más factores sociales, culturales y personales que los de 2°, destacando la influencia del medio social y cultural de la época para el desarrollo del conocimiento científico, así como factores de tipo personal, como la creatividad y el interés de los científicos.

Además, mientras que los estudiantes de 2° incluyen de forma mayoritaria las nuevas tecnologías dentro del factor tecnológico, gran parte de los de 4° matizan esta cuestión, indicando las tecnologías disponibles en la época. Por último, sobre los 'cambios de las teorías científicas', pocos son los estudiantes que indican que las teorías no cambian y una tercera parte de los de 4° es capaz de indicar, y dar ejemplos concretos, relativos a que las teorías pueden cambiar tanto por ampliación o por refutación. De forma global, los resultados de los estudiantes de 4° son algo mejores que los obtenidos por los de 2°, que coinciden con los obtenidos por Guisasola y Morentin (2007) con un grupo semejante.

La comparación de las muestras con la prueba U de Mann Whitney indica que, en las variables sobre la evidencia empírica, factores en el desarrollo científico, cambios en las teorías científicas y metodología de enseñanza existen diferencias significativas en ambos grupos, $p < 0,05$, evidenciando que los estudiantes de 4°, fruto de la enseñanza recibida, consolidan pensamientos más acordes con lo que plantea la comunidad de investigadores en enseñanza de las ciencias. La única excepción es la variable 'lo que es la ciencia', en la que no aparecen diferencias significativas entre los grupos. Como en ambos grupos casi la tercera parte de las respuestas es inclasificable, porque respondían en relación con la ciencia que se enseña en la escuela, es probable que este ítem no haya sido correctamente comprendido.

Resultados y discusión del segundo estudio

En el anexo 5 aparecen los porcentajes para cada indicador de las categorías consideradas en el cuestionario sobre la opinión de los estudiantes sobre la metodología de la indagación.

Al finalizar las actividades por indagación, los estudiantes declaran no haber vivido, antes de la disciplina, el uso de esta metodología, sobre todo en el área de ciencias. Recordemos que en las disciplinas que hemos descrito anteriormente no se trabajó específicamente la indagación, sino algunos elementos que la componen. Los aspectos que destacan como

difíciles de entender se engloban dentro de los aspectos metodológicos. Por otra parte, de forma casi unánime, los estudiantes declaran que después de la indagación han mejorado sus conocimientos procedimentales (85%), lo que coincide con otros resultados (Cortés y de la Gándara, 2006; Windschitl, 2002) que indican que los estudiantes consiguen, con ayuda del docente, mejorar estos aspectos, pero desde que se utilice con ellos una indagación dirigida. Por sí solos, la gran parte de los estudiantes no consigue, a pesar de las explicaciones y los documentos elaborados, identificar y plantear problemas verificables experimentalmente y resolverlos, siendo estas dificultades las que valoran prioritariamente como aspectos negativos de la metodología. También es importante el número de estudiantes que considera haber mejorado tanto sus conocimientos conceptuales sobre la temática abordada en la indagación, como los didácticos, en el sentido de valorar positivamente esta metodología para enseñar ciencias en primaria.

Por otra parte, es relevante que la mitad manifiesten haber mejorado su imagen de ciencia, percibida ahora como más cercana e interesante. Dentro de los aspectos positivos, en coincidencia con las mejoras conseguidas, los estudiantes destacan mayoritariamente esta metodología para la adquisición de conocimientos científicos, tanto procedimentales como conceptuales, siendo el segundo aspecto más destacado la motivación (44%) que este tipo de trabajo les ha generado, como encontrado por Cortés y de la Gándara (2006). Analizando las correlaciones entre los factores detectados, cabe destacar que aparece una correlación positiva, aunque moderada, (ρ de Spearman = 0,543, $p = .000$) entre el total de aspectos positivos que señalan sobre la utilización de la metodología de indagación en su formación y la mejoría de su imagen sobre la ciencia.

Sobre su percepción del uso de la indagación en primaria, es significativo el número de aspectos positivos que destacan, desde el aprendizaje de ciencia (81%) y sobre la ciencia (15%) pasando al desarrollo de autonomía (38%) por parte de los estudiantes y la cooperación (18%). Muchos de los estudiantes perciben esta metodología como altamente motivadora (66%) y la mitad consideran que de esta forma los niños pueden aprender ciencias 'haciendo ciencias', posiblemente reflejando una comparación entre sus experiencias en primaria y las que han vivido durante el desarrollo de esta disciplina. Al menos según estos resultados parecería que los estudiantes tienden a considerar con igual énfasis la potencialidad de la metodología de la indagación tanto para el aprendizaje conceptual como para el desarrollo de habilidades de la ciencia, de una manera más equilibrada que las visiones encontradas con maestros en formación que enfatizan la indagación en este nivel para el desarrollo de habilidades en detrimento del contenido (Haefner y Zembal-Saul, 2004).

En los aspectos negativos destaca su percepción de la posible complejidad de la metodología para los niños (53%), sobre todo los de los ciclos inferiores, y para el propio docente (32%), así como el tiempo (30%), posiblemente influenciados por la percepción de la gran cantidad de temas que es necesario abordar de acuerdo a los manuales y la rigidez organizativa de la escuela.

Sobre la segunda pregunta de nuestro estudio acerca de que si desarrollando indagaciones los maestros en formación se convencen de la viabilidad y relevancia de usar la metodología de indagación en las aulas de primaria, los indicios obtenidos parecen positivos. Además de la cantidad de aspectos positivos indicados anteriormente, todos los estudiantes manifiestan su intención de aplicarla. El menor porcentaje corresponde a los estudiantes que la consideran como complemento de la enseñanza tradicional, como los proyectos que están apareciendo al final de algún capítulo de los libros de texto; el resto parecen convencidos de la necesidad de introducirla en primaria para cambiar o sustituir la enseñanza tradicional. Para un 18,4% debe usarse junto con la enseñanza tradicional; un 15,4% considera que debe incluirse junto con otras metodologías constructivistas y la mayoría (52,9%) la considera como la alternativa más viable para el cambio. Si tenemos en cuenta los resultados del primer estudio en relación a los tipos de metodologías y de actividades consideradas por estos estudiantes como las más relevantes para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en primaria, estos resultados resultan compatibles, pareciendo haber en todos los casos una definición más clara de los tipos de metodología que consideran apropiadas. Por otra parte, a pesar de la falta de experiencia de los estudiantes con esta metodología, la mitad considera que se encuentra totalmente preparado y la otra mitad que requiere más formación y práctica. Cerramos esta sección con fragmentos de las reflexiones de los estudiantes, que creemos ejemplifican estos resultados.

“Sin duda alguna utilizaría la metodología de indagación porque me parece mucho más interesante que lo tradicional, que se hace pesado y aburrido. Indagar es algo que motiva ya que compartes diferentes experimentaciones a nivel grupal. Me ha resultado interesantísima esta asignatura por la nueva metodología aprendida ya que es hora de cambiar y aprender cosas nuevas.” MAO

“Cuando termine la carrera me gustaría seguir formándome en la metodología de la indagación para en un futuro yo también la pueda utilizar. Me parece una metodología mucho más práctica que me hubiese gustado que mis maestros me hubiesen enseñado y a día de hoy seguro que sabría mucho más de ciencia.” AG

Conclusiones e implicaciones

De forma global consideramos positivos los resultados obtenidos con la propuesta didáctica completa. En la misma hemos usado recomendaciones de diversos trabajos en la didáctica de las ciencias, en general resultantes de investigaciones desarrolladas en una disciplina o en parte de ella y con un número menor de estudiantes, siendo lo innovador de nuestra propuesta y de los resultados obtenidos la organización general y su aplicación de forma sistemática durante tres cuatrimestres a un grupo grande de estudiantes.

Si bien no sabemos en qué medida ha mejorado el conocimiento de los estudiantes sobre aspectos científicos específicos (aunque las asignaturas están pensadas para superar visiones fragmentarias y superficiales y un porcentaje significativo de los estudiantes hayan aprobado las evaluaciones sobre contenidos), los resultados muestran indicios de mejora en su

percepción de la importancia de enseñar ciencias de forma significativa en primaria. Así, parecen ser más receptivos hacia el uso de metodologías que incentiven a los niños a cuestionarse sobre los fenómenos del mundo natural. Además, parecen comenzar a aceptar las preguntas y el interés de los alumnos como base para el diseño curricular de la enseñanza de las ciencias, factor que influye en la utilización de la indagación en el aula (Howes, 2002). Otro resultado relevante es el cambio positivo que expresan sobre su imagen de ciencia que, según la literatura, es uno de los impedimentos para que los maestros implementen estrategias didácticas innovadoras (Russell et al., 1992). Este cambio parece estar relacionado en gran medida con su participación en los proyectos de indagación, como encontrado por Haefner y Zembal-Saul (2004).

Un aspecto de la propuesta que parece necesario modificar se refiere a la naturaleza de la ciencia, pues, aunque se observan avances, parecería que la forma integrada de trabajo de estas cuestiones no es suficiente para mejorar significativamente las concepciones iniciales. Guess-Newsome (2002), por ejemplo, muestra avances mayores en estudiantes de magisterio usando un abordaje más explícito. Sin embargo, y relacionado tanto con la indagación científica como con la naturaleza de la ciencia, consideramos que es necesario concretar mejor lo que deben conocer nuestros estudiantes y lo que se debe, y se puede, enseñar en la escuela primaria (en particular en los dos primeros ciclos), pues es posible que el uso de la metodología de la indagación ofrezca quizás una visión más inductivista de la ciencia y menos coherencia curricular, sobre todo teniendo en cuenta la escasa formación científica de los futuros maestros. De todas formas, aunque los maestros y los formadores de maestros necesitamos hacer un balance entre la importancia de la comprensión y enseñanza de conceptos científicos aceptados y de mantener una actitud indagativa en los alumnos, esta metodología es ciertamente preferible a la basada exclusivamente en la repetición de las definiciones de los libros de texto.

Si tenemos en cuenta que el factor más crítico que parece influir en las intenciones y habilidades de los maestros en formación para aplicar la indagación es su conjunto de creencias personales sobre la enseñanza y sobre la ciencia (Crawford, 2007), los resultados aquí presentados parecen indicar que la propuesta general presentada en este trabajo está bien encaminada. Aunque somos conscientes que, como dice Howes (2002), estas predisposiciones de los estudiantes no se traducirán directamente en una enseñanza exitosa, consideramos que son buenos puntos de partida, que será necesario fortalecer en su futuro desarrollo profesional docente. En este sentido es interesante destacar que varios de los estudiantes del grupo analizado decidieron utilizar la metodología de la indagación en las clases de ciencias durante su segundo período de prácticas en los centros escolares (ver, por ejemplo, Postigo y Greca, 2014; Viñes, 2014), aunque fue necesario un proceso de apoyo para conseguir traducir su predisposición y conocimiento teórico sobre la indagación en un conocimiento didáctico práctico (Greca, 2016).

Referencias bibliográficas

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. En S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science courses: Abandoning scientism, but. *Journal of Science Teacher Education*, 12, 215–233.
- Anderson, R. D., y Mitchener, C. P. (1994). Research on science teacher education. En D.L. Gabel (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 3-44). New York: Macmillan.
- Bonil, J. y Pujol, R. M. (2008). Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial de profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 403–418.
- Bruner, J. S. (1998). *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid: Morata.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M.P. Jiménez Aleixandre (Coord.), *Enseñar ciencias* (pp 95-118). Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en primaria. *Alambique*, 24, 46-56.
- Cañal, P., Criado García-Legaz, A. M., García Carmona, A., y Muñoz, G. (2013). La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de Educación Infantil y Primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela*, 81, 21-42.
- Cortés, A. L., Gándara, M. de la, Calvo, J. M., Martínez, M. B., Ibarra, M., Arlegui, J., y Gil, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 155-176.
- Cortés, A. L. y Gándara M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435–450.
- Couso Lagarón, D. (2014). De la moda de 'aprender indagando' a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *Conferencia inaugural 26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Huelva.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 613–642.
- Davis, E. A., Petish, D., y Smithy, J. (2006). Challenges new science teachers face. *Review of Educational Research*, 76(4), 607-651.
- Driver, R., y Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development to science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC. Morata.

Duit, R. (1985). *In search of an energy concept*. Conference on Teaching about Energy within the Secondary School Science Curriculum, Leeds.

Erickson, G.L. (1980). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221-230.

Forbes, C. (2009). *Preservice elementary teachers' development of pedagogical design capacity for inquiry –an activity-theoretical perspective*. PhD Thesis, University of Michigan.

Galindo, A. A., Sanmartí, N., y Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325-340.

García Barros, S., y Martínez Losada, C. (2003). Las actividades de Primaria y ESO incluidas en los libros de texto. ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 243-264.

García Rovira, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. VII Congreso, 1-6.

Gess-Newsome, J. (2002). The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education*, 11(1), 55-67.

Guisasola, J., y Morentin, M. (2007). Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.

Greca, I. M. (2016). Supporting pre-service elementary teachers in their understanding of inquiry teaching through the construction of a third discursive space. *International Journal of Science Education*, 38(5), 791-813.

Haefner, L. A., y Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.

Hierrezuelo, J. (coord.) (1995). *Ciencias de la Naturaleza en la ESO*. Madrid: Edelvives.

Howes, A. (2002). *Engaging Children in Science*. New Jersey: Prentice Hall.

Jiménez Aleixandre, M. P. (2000). Modelos didácticos. En F. J. Perales y P. Cañal (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 165-186) Alcoy: Marfil.

Lederman, N. G., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F., y Bell, R.L. (2001). Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1, 135-160.

Llorens Molina, J.A. (1991). *Comenzando a aprender Química*. Madrid: Visor.

Macedo., G. (1985). Estudio de los conocimientos pre-adquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en estudiantes de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 83-90.

Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., y López-Gay, R. (2014) La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 591-608.

Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

Minner, D. D., Jurist, A., y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

Murphy, C., Neil, P. y Beggs, J. (2007) Primary science teacher confidence revisited: ten years on. *Educational Research*, 49(4), 415-430.

National Research Council (1996). *The National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.

National Research Council (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades k-8*. Washington, DC: The National Academies Press.

Needham, R. (1987). *Teaching Strategies for Developing Understanding in Science*. Leeds, Children's Learning in Science Project, University of Leeds.

Osborne, J., y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. Londres: Nuffield Foundation.

Pintó, R. (2004). ¿Qué modelo de energía deseamos que construyan nuestros estudiantes de secundaria? *Alambique*, 42, 41-54.

Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P., y Pizzato, M. (2010). El Cambio del Profesorado de Ciencias I: Marco Teórico y Formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.

Postigo, D., y Greca, I. M. (2014). Uso de la metodología de la indagación para la enseñanza de nociones sobre fuerzas en primer ciclo de la escuela primaria. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26, 265-273.

Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Pozo, J. I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M., y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química*. Madrid: C.I.D.E.

Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.

Rocard, M. et al. (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. European Communities: Belgium. En http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.

Russell, T., Bell, D., McGuigan, L., Qualter, A., Quinn, J., y Schilling, M. (1992). Teachers' Conceptual Understanding in Science: Needs and Possibilities in the Primary Phase. En L. Newton (Ed.), *Primary Science: The Challenge of the 1990s* (pp. 69-83). Clevedon: Multilingual Matters.

Smith, L., y Southerland, S. A (2007). Reforming practice or modifying reforms? Elementary teachers' response to the tools of reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 396-423.

Tsai, C. C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.

Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Rev. Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.

Viñes, P. (2014). *Introducción del método científico en el primer ciclo de primaria*. Trabajo de Fin de Grado. Repositorio Institucional de la UBU. <http://hdl.handle.net/10259.1/206>.

Windschitl, M. (2002). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.

Anexo 1: Cuestionario sobre visión de la enseñanza y la naturaleza de la ciencia.

1. En tu opinión, ¿en qué forma se podría enseñar mejor las ciencias en el nivel de enseñanza primaria?
 - 1.a ¿Qué consideras que podría hacer que la enseñanza de las ciencias fuera más exitosa?
 - 1.b ¿Cuál sería, según tu opinión, un entorno ideal de enseñanza de las ciencias?
2. En tu opinión, ¿de qué manera se aprende mejor la ciencia?
 - 2.a ¿Cuáles crees que son las responsabilidades de los estudiantes al aprender la ciencia?
 - 2.b ¿Cuál crees que es el factor más importante para el éxito del aprendizaje de la ciencia? ¿Por qué?
3. ¿Qué se quiere decir con el término ciencia? Explica con tus propias palabras.
4. ¿Qué es un experimento? ¿Cuáles son sus características?
5. El conocimiento científico, ¿necesita la realización de experimentos para desarrollarse? Si la respuesta es Sí, explica por qué. Pon un ejemplo para defender tu postura. Si la respuesta es No, explica por qué. Pon un ejemplo para defender tu postura.
6. ¿Cómo crees que ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representalo en una gráfica y explícala.
7. ¿Qué factores crees que han influido más en la evolución del conocimiento científico?
8. ¿Después de desarrollarse una teoría científica (como p. e. la teoría atómica, la teoría de la evolución, la teoría de la gravitación...) vuelve a cambiar alguna vez? Si opinas que no cambia explica por qué. Justifica tu respuesta con un ejemplo. Si opinas que la teoría cambia, explica por qué. Justifica tu respuesta con un ejemplo. En este caso, explica por qué tenemos que molestarnos en estudiar las teorías científicas.
9. Algunos astrónomos creen que el universo se está expandiendo, mientras que otros creen que se está reduciendo y aún otros creen que el universo está en un estado estático sin ninguna expansión o contracción. ¿Cómo pueden ser posibles todas estas conclusiones si todos los científicos están usando los mismos experimentos y datos?

Anexo 2: Cuestionario de valoración de la metodología basada en la indagación.

1. ¿Consideras que tenías conocimientos sobre la metodología de indagación científica antes de comenzar la asignatura? ¿Cuáles?
2. ¿Qué aspectos de la metodología de indagación te han resultado más difíciles de entender y de llevar a la práctica?
3. Valora si crees que ha mejorado tus conocimientos científicos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) en las últimas ocho semanas. ¿Ha cambiado tu imagen de lo que es la Ciencia?
4. Valora la metodología didáctica basada en la indagación científica que hemos utilizado para TU aprendizaje de la Ciencia. ASPECTOS POSITIVOS y NEGATIVOS
5. Consideras que los niños de educación primaria pueden aprender mejor el "Conocimiento del Medio Natural" utilizando la metodología didáctica basada en la indagación. ASPECTOS POSITIVOS y ASPECTOS NEGATIVOS
6. ¿Te ha ayudado a comprender mejor lo que es una indagación científica las PRESENTACIONES de los TRABAJOS realizados por tus compañeros de aula de otros grupos? ¿En qué aspectos?
7. ¿Te consideras preparado/a para enseñar conocimientos científicos a los niños/as de primaria mediante una metodología didáctica basada en la indagación?
- 8) Cuando tengas la responsabilidad de ejercer tu profesión de Maestro/a, ¿enseñarías a los niños/as de educación primaria el "Conocimiento del Medio Natural" priorizando la metodología de indagación o no la consideras necesarias (prefieres la tradicional)?

Anexo 3: Visiones de los estudiantes en relación a la enseñanza y el aprendizaje de ciencias: tipo de actividades y factor más importante de éxito.

Categorías e indicadores Frases de los estudiantes	% alumnos de 2°	% alumnos de 4°
1.b) Tipo de actividades		
No se indican explícitamente	10,9 %	19 %
Actividades de diversión: divertidas, visuales, amenas, atractivas; no se indica en ningún caso su valor "didáctico", más allá de entretener y motivar. "...haciendo experimentos y actividades atractivas e innovadoras" A16	14,5 %	12,4 %
Actividades que relacionan la ciencia con el entorno del estudiante: en general manifiestan que estas actividades deben ser elegidas teniendo como finalidad mostrar la utilidad de la ciencia o su aprendizaje para comprender el entorno cotidiano, siendo elegidas por el docente. "... acercando los conocimientos a las situaciones cotidianas de los estudiantes, que vean la utilidad de lo que aprenden" C99	36,4 %	45,7 %
Actividades centradas en los intereses de los estudiantes: semejantes en algún sentido a lo anterior, pero enfatizando el papel del estudiante para trabajar con cuestiones que emerjan de su interés. "... haciendo que la ciencia parta de los intereses de los estudiantes, de modo que sea algo más cercano a ellos y no algo inaccesible" C89	0 %	9,5 %
Actividades experimentales, pero sin mención a la relación con el entorno o interés del estudiante. "Considero que las ciencias se pueden aprender más fácilmente mediante la experimentación, siempre y cuando la teoría esté dada. Por ejemplo, si están daño volcanes, hacerlo de forma casera en el aula" C58	38,2%	13,3 %
1.c) Factor más importante del éxito		
Que el docente utilice un enfoque experimental-práctico	9,1 %	17,1 %
Que el docente utilice un enfoque basado en el aprendizaje significativo (partir de las ideas de los estudiantes, procurando que evolucionen hacia las científicas.	1,8 %	2,9 %
Que el docente utilice un enfoque basado en la indagación	1,8 %	8,6 %
Que el docente utilice un enfoque aplicado para que los estudiantes sientan que la ciencia es algo de su cotidiano, que sea práctica para ellos, etc.	16,4 %	1,9 %
Que el docente proponga actividades motivadoras del interés de los estudiantes	40 %	40%
Otros relacionados con el docente: diálogo, pasión, conocimientos, actitud,...	15,6 %	13,4%
Que el estudiante sea constante y esté dispuesto para aprender	10,9 %	4,8%
Que el estudiante sea curioso y abierto	1,8 %	6,7%
Otros relacionados con el estudiante: actitud crítica, de dialogo, trabajo en equipo,...	1,8 %	0%

Anexo 4: Visiones de los estudiantes sobre aspectos de la naturaleza de las ciencias: qué es ciencia y el uso de evidencia empírica y la construcción de teoría.

Categorías e indicadores	% alumnos de 2°	% alumnos de 4°
2.a) Sobre lo que es la ciencia (valores de 0 a 3)		
0: Inclasificable	32,7%	30,5%
1: Producto: conjunto de conocimientos: conceptos, leyes, teorías, modelos, "Ciencia es el conjunto de conocimientos. Suele estar razonado, con leyes o teorías" A1	47,3%	29,5%

2: Proceso: metodología científica, actividad experimental. "Disciplina objetiva, basada en experimentos, pruebas" C81	16,4%	24,8%
3: Mixto o <i>blended</i> : los dos componentes anteriores apoyándose entre sí. "Un conjunto de saberes sistematizados y ordenados que se obtienen mediante el método científico y que son susceptibles de ser revisados y comprobados y por lo tanto pueden evolucionar o cambiar a lo largo del tiempo" A11	3,6%	15,2%
2.b) Sobre el uso de evidencia empírica y la construcción de teorías (valor: 0 a 4)		
0: Inclasificable	12,7%	16,0%
1: El conocimiento surge de la experimentación (visión inductivista) "Los nuevos conocimientos surgen mediante los experimentos, para los cuales se determina unas variables, un procedimiento y una meta concreta" B28	10,9%	10,0%
2: La experimentación para comprobar conocimiento ya establecido. "Un experimento es una forma o método para comprobar algo y deben hacerse para probar el conocimiento que se ha desarrollado" B51	72,7%	28,0%
3: La experimentación para contrastar hipótesis es esencial en la ciencia (hay indicios de distinción entre aspectos teóricos y experimentales) "Un experimento es aquello mediante lo cual podemos deducir si algo es cierto o falso. Se caracteriza por partir de una hipótesis y continuar con un proceso para demostrar si es cierta o no dicha hipótesis, hasta llegar a una conclusión. El conocimiento puede desarrollarse mediante estudios e hipótesis que nos lleven a teorías y aunque no se puedan demostrar mediante experimentos, ayudan al avance de la ciencia aportando ideas posibles" A3	1,8%	35,0%
4: La experimentación es parte de la metodología científica, con diferentes pasos (aparece una distinción clara entre teoría y experimentación) "Un experimento es la acción de investigar con varios elementos y llegar a una conclusión. Para ello es necesario tener un planteamiento de un problema, la emisión de hipótesis a partir de los conocimientos que se poseen, la realización, los resultados y la conclusión del experimento" C77	1,8%	11,0%
2.c) Factores que influyen en el desarrollo científico (valores de 0 a 3)		
0: Inclasificable	5,5%	6,1%
1: Sólo señalan un factor (normalmente el tecnológico)	60,0%	43,4%
2: Señalan dos factores (suele agregarse al tecnológico, factores culturales, sociales o personales)	32,7%	40,4%
3: Señalan tres o más factores	1,8%	10,1%
2.d) Cambios en las teorías científicas (valores de 0 a 3)		
0: Inclasificable	14,5%	1,0%
1: Las teorías no cambian "Cuando una explicación a algo es aceptada como teoría es porque las distintas investigaciones y experimentos han probado su veracidad universal". A22	12,7%	9,45%
2: Las teorías cambian (a veces no hay explicaciones o se dice por nuevos conocimientos o avances) "Por supuesto. Las teorías son conjeturas que después se intentarán probar y evolucionan con los nuevos conocimientos y descubrimientos" A17	60,0%	58,3%
3: Las teorías cambian por ampliación y refutación "Una teoría o ley siempre está sometida a la posibilidad de cambios, ampliaciones o refutaciones. De ahí el trabajo de los científicos en buscar contradicciones o nuevos ejemplos a los que aplicar las teorías" A1	12,7%	31,3%

Anexo 5: Categorías sobre las opiniones de los estudiantes acerca de la metodología de indagación.

Categorías e indicadores	% alumnos de 4°
Conocimientos iniciales sobre metodología indagación científica (valores de 0 a 3)	
0: Ninguno relevante	36,8%
1: Sí, algunos de forma teórica	52,9%
2: Si, alguna experiencia práctica	3,7%
3: Si	6,6%
Aspectos de la indagación científica difíciles de llevar a la práctica	
Identificación problemas	28,7%
Formulación de hipótesis	39%
Diseños experimentales – determinación variables	61,8%
Interpretación datos (variables, graficas, conclusiones)	41,9%
Conocimientos científicos mejorados	
Conocimientos procedimentales	84,6%
Conocimientos conceptuales (mejor comprensión de los conceptos trabajados)	54,4%
Conocimientos didácticos (darse cuenta de que es posible enseñar ciencias así)	59,6%
Imagen de ciencia (cambio actitudinal en relación a la ciencia, percibida ahora como cercana e interesante y no como verdades establecidas o sólo fórmulas)	47,1%
Aspectos positivos de utilizar la metodología de indagación en su formación	
Adquisición de conocimientos científicos (metodológicos y conceptuales)	85,3%
Autonomía (valorar los propios conocimientos, aprender por sí mismos; ser críticos)	37,5%
Trabajo cooperativo (aprender en y con el grupo)	22,1%
Motivación (diversión; descubrir la ciencia desde la práctica; ciencia como ayuda para problemas cotidianos; interés)	43,4%
Aspectos negativos de utilizar la metodología de indagación en su formación	
Dificultades metodológicas (dificultades en la búsqueda de estrategias para dar respuesta a los problemas, aprendizaje demasiado guiado)	58,8%
Dificultades conceptuales (dificultades para enfocar el tema por falta de conocimiento científico)	22,1%
Requiere mucho tiempo (en búsqueda de la información, en toma de datos,)	37,5%
Aspectos positivos de utilizar la metodología de indagación con los niños	
Aprendizaje de ciencia (incentiva el aprendizaje significativo de conceptos)	80,9%
Aprendizaje sobre ciencia (cómo se construye; importancia de la observación y de la emisión y/o comprobación de hipótesis)	14,7%
Aprendizaje de como se hace ciencia (desarrollo de experimentos por los estudiantes)	50,0%
Aprendizaje significativo (permite la construcción de conocimientos a partir de los que inicialmente se tiene ampliándolos e integrando los nuevos conocimientos)	36%
Autonomía (comprensión de los conceptos por sí mismos)	38,2%
Cooperación (trabajo grupal)	17,6%
Motivación e interés	66,2%

Aspectos negativos de utilizar la metodología de indagación con los niños	
Complejidad para docente (dominio del tiempo, preparación de la indagación)	32,4%
Complejidad para el estudiante (falta de capacidad de reflexión, desánimo por no llegar a respuestas ciertas; encontrarse perdidos)	52,9%
Tiempo excesivo, (que no se dispone en los centros educativos).	30,1%
Institucionales (falta de apoyo institucional y de recursos materiales)	19,1%
Percepción de estar preparado para implementar la indagación con niños (valores de 0 a 2)	
0: No	10,4%
1: Si, pero no totalmente (más preparación, dificultades con los conceptos)	40%
2: Si, totalmente	49,6%
Intención de aplicar la indagación con niños (valores de 0 a 4)	
0: No	0%
1: Como complemento de la enseñanza tradicional (o de otras metodologías): siendo complemento, parecería existir un mayor compromiso con la tradicional. También se ha dado este valor a estudiantes que, aun manifestando su interés en aplicarlo, destacan las dificultades—sobre todo institucionales -- para implementarla, lo que lleva a pensar que en realidad no la van a implementar	13,2%
2: Combinada con educación tradicional (ambas son necesarias): el estudiante considera que ambas son necesarias.	18,4 %
3: Si, por razones de motivación: el estudiante parecería que sólo percibe el aspecto motivador. Siendo así, dado que otras formas de enseñar ciencia pueden ser eventualmente motivadoras, creemos que existe compromiso, pero en grado medio.	15,4%
4: Si, con convencimiento: el estudiante percibe la necesidad de cambiar la forma de enseñanza y demuestra – a pesar de sus dificultades—un compromiso con la implementación de la indagación.	52,9 %