

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

DOCTORAT EN DIDÀCTIQUES ESPECÍFIQUES

INVESTIGACIÓ EN DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS



**ESTUDIOS SOBRE CONOCIMIENTO DISCIPLINAR Y
CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO
EN CIENCIAS DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
PRIMARIA EN FORMACIÓN INICIAL**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

JOSÉ JAVIER VERDUGO PERONA

Directores:

Dr. JOAN JOSEP SOLAZ-PORTOLÉS

Universitat de València

Y

Dr. VICENTE SANJOSÉ-LÓPEZ

Universitat de València

VALENCIA, ENERO DE 2017

Doctorado en Didácticas Específicas por la Universitat de València

Joan Josep Solaz-Portolés, doctor en química y profesor asociado en el departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València

Y

Vicente Sanjosé López, doctor en física y profesor titular de universidad a tiempo completo en el departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València

CERTIFICAN

-Que el presente trabajo titulado “Estudios sobre conocimiento disciplinar y conocimiento didáctico del contenido en ciencias del profesorado de educación primaria en formación inicial” ha sido realizado bajo nuestra dirección por D. José Javier Verdugo Perona, y constituye su Memoria de Tesis Doctoral para optar al grado de doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universitat de València (España).

Para que así conste, y en cumplimiento de la legislación vigente, presentamos esta memoria de Tesis Doctoral firmando el presente certificado en Valencia a 23 de Diciembre de 2016.



Fdo.: Dr Joan Josep Solaz-Portolés



Fdo.: Dr Vicente Sanjosé López



DEDICATORIA

A Rosana, Néstor y Jimena, con la esperanza de que el esfuerzo y el sacrificio empleado les sirva de motivación para alcanzar sus propias metas.

Agradecimientos

No es posible realizar sin ayuda un trabajo como el que aquí se presenta. Ser Doctor es algo que, hasta hace tan solo una década, no me había llegado a plantear que fuera posible. Hoy puedo ver alcanzado un sueño y ha sido gracias a muchas personas que, de un modo u otro, han influido positivamente para hacerlo realidad. A todas ellas les debo mi eterno agradecimiento.

Entre esas personas ha habido algunas que, además de mi agradecimiento, les debo también un especial reconocimiento por su implicación directa.

En primer lugar, quiero destacar a mis directores de tesis. Ha sido un honor y un privilegio que dos excelentes docentes e investigadores me acogieran bajo su tutela y me enseñaran la trascendencia del rigor y la calidad metodológica para realizar una investigación científica de la que sentirse profundamente satisfecho.

Quisiera agradecerle al Dr. Joan Josep Solaz Portolés su preocupación y enorme dedicación para mantener el ritmo que el trabajo requería en cada momento. Sus correcciones y excelentes sugerencias suponen valiosísimas aportaciones que enriquecen este trabajo y pasan a formar parte de mi propio conocimiento.

Al Dr. Vicente Sanjosé López debo agradecerle su constante apoyo y entrega desinteresada. Han superado todas las expectativas posibles. Estudioso empedernido, la pasión y férrea moral que muestra en su trabajo es fuente de motivación continua. Todas las conversaciones con él suponen magníficas enseñanzas.

También me gustaría mostrar mi agradecimiento a todos los maestros y maestras que a lo largo de los años han tratado de proporcionarme la mejor formación posible. En especial, a los docentes del Máster en Profesor de Educación Secundaria y del Máster en Investigación en Didácticas Específicas. Ellos me revelaron las posibles puertas del camino a seguir.

Del mismo modo, también le quiero dar las gracias a todos los profesores y profesoras del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universitat de València, de la Universitat Jaume I y de la Universitat d'Alacant por cederme sus aulas, su tiempo y su alumnado para realizar los estudios empíricos.

Gracias a Carlos Gómez y Ángela Gómez por sus consejos y los momentos juntos. Han hecho mucho más ameno el recorrido y me han servido para darme cuenta de que no me estaba volviendo loco, que el carrusel de emociones que sentía es habitual en la vida del doctorando.

Ya en el ámbito personal, quiero manifestar mi agradecimiento a toda mi familia. Especialmente a mis padres, José Verdugo Morilla y Valentina Perona Sánchez, a quienes les debo todas mis virtudes. Les agradezco infinitamente la educación que de ellos he recibido. La importancia de la superación personal y los valores humanos que me han inculcado son los principios que me guían en la vida.

También a mis hermanas, Carolina y Valentina, por estar a mi lado en todo momento y saber que, pase lo que pase, siempre podré confiar en ellas.

A Pepe y Rosa quiero agradecerles su voluntad por transmitirme el valor de la paciencia, fundamental en todos los ámbitos de la vida y virtud que es enseñada y ejemplarizada por ellos mismos.

A Santi y Patricia, amigos de los de verdad. De esos que te encuentras un día y sabes que nunca más volverás a estar solo.

Por último, quiero mostrar mi gratitud y reconocimiento a las tres personas más importantes en mi vida:

A Rosana López Mateos, parte imprescindible en la realización de esta tesis. En los momentos más duros, ha sido quien me ha proporcionado la estabilidad emocional necesaria para enfrentar un reto de estas características. Dudo mucho que, sin ella, sin su comprensión y su confianza en mí, hubiera llegado nunca a alcanzar esta meta. Si hay muchas personas a las que les debo algo, a ti, Rosana, te lo debo todo.

Y a mis hijos, Néstor y Jimena, les debo todo mi agradecimiento por su cariño sin límites y por ser, aun sin saberlo, la razón que me hace seguir día tras día.

ÍNDICE

Página

FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
Capítulo 1: Justificación, Interés y Objetivos	3
1.1 Introducción	5
1.2 Preguntas y Objetivos de investigación	7
1.2.1 Preguntas de investigación	7
1.2.2 Objetivos específicos de la investigación	8
1.3 Interés y oportunidad de la investigación	9
1.4 Enfoque, ámbito y limitaciones de esta investigación	11
1.5 Estructura y organización de la tesis	12
Referencias	15
Capítulo 2: Una Revisión de la Formación del Profesorado de Primaria en Ciencias Experimentales	21
2.1 Introducción	23
2.2 La alfabetización científica de los ciudadanos y de los profesores	24
2.3 Estudios internacionales sobre formación científica de los profesores	29
2.3.1 Alfabetización de profesores	29
2.3.2 Dominio conceptual	30
2.3.3 Dominio procesual	31
2.3.4 Dominio epistemológico: naturaleza de la ciencia	32
2.3.5 Dominio actitudinal	34
2.4 Resumen de ideas principales del capítulo	35
Referencias	37

Capítulo 3: El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: Estado de la cuestión	43
3.1 Introducción	45
3.2 Propósito del estudio	47
3.3 Naturaleza del CDC	47
3.3.1 Definición del CDC	47
3.3.2 Componentes de CDC	48
3.4 Relación entre el CC y el CDC	52
3.5 CDC y aprendizaje de los estudiantes	53
3.6 Instrumentos para capturar el CDC	55
3.6.1 CoRe, Content Representation	56
3.7 El CDC en la formación del profesorado	57
3.8 Temas donde se ha estudiado el CDC del profesorado de ciencias	60
3.8.1 De ciencias físicas (física y química)	60
3.8.2 De ciencias biológicas	62
3.9 Conclusión	62
Referencias	64

ESTUDIOS EMPÍRICOS 77

BLOQUE I: EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DISCIPLINAR EN CIENCIAS DEL FUTURO PROFESORADO DE ENSEÑANZA PRIMARIA 79

Capítulo 4: Pre-service Primary School Teachers' Science Content Knowledge: Design, Elaboration and Validation of an Instrument for its Assessment 81

4.1 Introduction	83
4.1.1 Purpose of the Study	85
4.2 Instrument design and development	86
4.3 Analysis of PSCQ-1	87
4.3.1 Statistical calculations	87

4.3.2 Item difficulty indices	89
4.3.3 Item discrimination indices	89
4.3.4 Non-functional distractors	90
4.3.5 Internal consistency (reliability)	90
4.3.6 External consistency (consistency over time)	91
4.3.7 Improvements made to PSCQ-1 questionnaire	92
4.4 Analysis of PSCQ-2	93
4.4.1 Statistical calculations	93
4.4.2 External consistency	95
4.4.3 Internal consistency	95
4.4.4 Item difficulty indices	95
4.4.5 Item discrimination indices	96
4.4.6 Pre-service Primary teachers' content knowledge	97
4.5 Conclusions and implications	98
References	101
Appendix	107
Capítulo 5: Is Digital Literacy Improving Science Education? An exploratory study with pre-service Spanish primary teachers	115
5.1 Introduction	117
5.1.1 Scientific literacy through mass media	117
5.1.2 Aims and hypotheses	119
5.2 Materials and Methods	120
5.2.1 Sample	120
5.2.2 Data collection	120
5.3 Analysis and Results	123
5.3.1 Pre-service primary teachers' knowledge of scientific concepts present in mass-media	123
5.3.2 Presence of the scientific terms in Spanish digital newspapers	124
5.3.3 Term frequency in digital newspapers as a predictor of scientific concept knowledge	126
5.4 Discussion and Conclusion	126
References	129
Appendix	131

Capítulo 6: Evaluación del Conocimiento Científico en Maestros en formación inicial: El caso de la Comunidad Valenciana	133
6.1 Introducción	135
6.1.1 La Evaluación del conocimiento científico básico	136
6.1.2 Objetivos y preguntas de investigación	138
6.2 Metodología	138
6.2.1 Diseño experimental y variables implicadas	138
6.2.2 Población y Muestra	139
6.2.3 Instrumentos	140
6.2.4 Procedimiento de recogida y análisis de datos	142
6.3 Resultados	142
6.3.1 Evolución del Conocimiento Conceptual básico de Ciencias	143
6.3.2 Evolución del Conocimiento sobre Procesos elementales de la Ciencia	144
6.3.3 Efectos de la Especialidad de los estudios anteriores al Grado de Magisterio	144
6.3.4 Efectos de la Titulación de acceso al Grado de Maestro de Primaria	146
6.3.5 Efectos debido a diferencias en la carga curricular de las universidades	146
6.4 Discusión y Conclusiones	146
6.4.1 Limitaciones del estudio	149
Referencias	150
Apéndice	153
Capítulo 7: Pre-service Primary Teachers' Scientific Knowledge and Attitudes towards Science Learning and Their Influence on Understanding of the Nature of Science	167
7.1 Introduction	169
7.1.1 Research questions and hypotheses	170
7.2 Methodology	172
7.2.1 Experimental design	172
7.2.2 Quantitative study	173

7.2.3 Qualitative study	175
7.3 Results and discussion	176
7.3.1 Quantitative study	176
7.3.2 Qualitative study	180
7.3.3 Conclusions and implications	184
References	187
Appendix	192
BLOQUE II: EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO EN CIENCIAS EN EL FUTURO PROFESORADO DE PRIMARIA	207
Capítulo 8: Un Estudio Exploratorio del Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias de Maestros en Formación Inicial	209
8.1 Introducción	211
8.1.1 Instrumentos de evaluación del CDC	213
8.1.2 Objetivos	213
8.2 Método	214
8.2.1 Participantes	214
8.2.2 Instrumento	215
8.2.3 Condiciones del estudio	217
8.2.4 Procedimiento de recogida de datos	218
8.3 Descripción y análisis de los datos	218
8.3.1 Determinación de indicadores de CDC en ciencias	218
8.3.2 Satisfacción de los indicadores de calidad de CDC	219
8.3.3 Posibles efectos de la instrucción específica en didáctica de las ciencias	221
8.4 Discusión, conclusiones provisionales y temas pendientes	223
8.4.1 Temas pendientes	226
Referencias	228
Apéndice	232

Capítulo 9: Un Análisis Estructural del Conocimiento Didáctico del Contenido Científico Escolar en futuros Maestros de Primaria	235
9.1 Introducción	237
9.1.1 Propósito de este trabajo	238
9.2 Metodología	238
9.2.1 Muestras	238
9.2.2 Instrumentos y medidas	239
9.2.3 Procedimiento	240
9.2.4 Análisis estadístico	240
9.3 Resultados	241
9.4 Conclusiones	243
Referencias	245
Capítulo 10: Conclusiones Generales	249
10.1 Introducción: ámbito, preguntas de investigación y retos afrontados en esta tesis	251
10.2 Objetivos específicos	255
10.3 Conclusiones generales	256
10.4 Limitaciones y estudios pendientes	266
Referencias	268
BIBLIOGRAFÍA GENERAL REFERENCIADA EN ESTA TESIS	271
Referencias	273

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Capítulo 1:

Justificación, Interés y Objetivos

Justificación, Interés y Objetivos del trabajo

1.1.-Introducción

La tesis doctoral que se presenta a continuación forma parte del programa de doctorado en Didácticas Específicas de la Universitat de València y se enmarca en el área del conocimiento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, donde se incluye la línea de investigación en la que se desarrolla este trabajo.

El objetivo formativo que persigue esta tesis doctoral es formar al autor como investigador competente en Didácticas Específicas, proporcionándole los conocimientos y habilidades necesarias que le permitan desarrollar proyectos de investigación de calidad. Para alcanzar este fin, se propone una investigación original sobre un tema de interés, que aporte nuevos conocimientos que permitan avanzar en el área en que se realiza. En el caso que nos ocupa, se pretende aportar luz sobre la formación en ciencias experimentales de los futuros maestros y maestras de Educación Primaria, evaluarla mediante la definición de indicadores bien definidos, utilizar, crear y validar instrumentos apropiados, usarlos para establecer las fortalezas y debilidades de dicha formación, así como la relación entre los distintos tipos de conocimientos disciplinares y didácticos que se abordan durante los estudios de Grado.

El objeto de estudio es, por tanto, el conocimiento disciplinar en ciencias básicas que un futuro maestro de primaria debería poseer, y el conocimiento didáctico del contenido en ciencias indispensable para poder abordar con éxito la complicada tarea de enseñar ciencias en educación primaria.

Considerando la complejidad que supone determinar qué conocimientos científicos ha de poseer un maestro o una maestra de educación primaria, para la realización de esta tesis partiremos de los muchos informes y estudios que se han realizado en las

últimas décadas sobre la alfabetización científica básica que debe alcanzar una persona adulta.

Un maestro debe alfabetizar y, por tanto, debe estar él mismo alfabetizado. El término “alfabetización científica” es a su vez algo difuso y de difícil concreción. Sin embargo, parece haber consenso con respecto a su fin último (Gil y Vilches, 2004) y sobre el modo de articular su contenido en “componentes” con significado conocido (Miller, 1989): la comprensión de los procesos de la ciencia; un vocabulario básico de conceptos y términos científicos y técnicos; y la comprensión del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

La comprensión de cómo se elabora la ciencia también es un objetivo básico y necesario en la educación en ciencias que ha recibido especial atención en la investigación especializada (Osborne, Collins, Ratcliffe, Miller y Duschl, 2003). El conocimiento de los estudiantes sobre la Naturaleza de la Ciencia (en adelante NdC) les ayuda a mejorar su actitud hacia las ciencias, pone de manifiesto la metodología científica como factor clave en la construcción del conocimiento científico y fomenta el pensamiento crítico de los estudiantes y los cambios conceptuales mediante la aceptación de los cambios paradigmáticos en ciencias (Carey y Smith, 1993). A pesar de la importancia en la educación en ciencias de este tipo de conocimiento, los maestros de Educación Primaria y Secundaria presentan preocupantes concepciones erróneas sobre NdC (Guisasola y Morentín, 2007; Lederman 1992; Mellado 1997; Sariaedine y Boujaoud, 2014; Vázquez-Alonso, García-Carmona, Manassero-Mas y Benàssar-Roig, 2013). Así mismo, el conocimiento de los maestros sobre la validación y construcción del conocimiento científico y su conocimiento sobre el papel y la función de los modelos científicos son limitados y diversos (Irez, 2006; Dogan y Abd-El-Khalick, 2008; Van Driel y Verloop, 1999).

Sin embargo, atesorar conocimiento sobre la disciplina y su naturaleza sólo es condición necesaria pero no suficiente, para poder alfabetizar a otras personas en ciencia básica. Otro componente fundamental en el que se debe apoyar la formación en ciencias de los futuros/as maestros/as de primaria es el llamado Conocimiento Didáctico del Contenido (en adelante CDC) una habilidad que permite transponer los contenidos y la metodología propios de esa disciplina en prácticas instruccionales efectivas (Shulman, 1987; Barnett y Hodson, 2001). Se trata del conocimiento profesional, específico y propio de aquellas personas que se dedican a educar sobre la base de un conocimiento disciplinar propio de su cultura (en este caso, las ciencias) y también ha sido articulado en componentes simples que permiten su

estudio, análisis y seguimiento. Según Magnusson, Krajcik y Borko (1999) el CDC es un conocimiento constituido por los siguientes componentes:

- a) Orientaciones para la enseñanza de las ciencias
- b) Conocimiento del currículum
- c) Conocimiento de los estudiantes
- d) Conocimiento sobre evaluación
- e) Conocimiento sobre estrategias instruccionales

La integración de todos estos componentes es muy importante para ser un profesor exitoso en la enseñanza, aunque ningún modelo de CDC de los presentados hasta ahora indica cómo interactúan unos componentes con otros (Friedrichsen, Van Driel y Abell, 2011). Diferentes estudios han concluido que la integración de componentes depende del tema que se trate (Park y Chen, 2012; Henze, Van Driel y Verloop, 2008; Aydin y Boz, 2013), aunque parece ser que el conocimiento de los estudiantes y de estrategias instruccionales prevalecen en la conformación del CDC.

Por otro lado, un buen conocimiento del contenido, uno de los componentes de la alfabetización científica visto anteriormente, es imprescindible para que el maestro construya un adecuado CDC (Özden, 2008; Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey, y Ndlovu, 2008; Krauss, Baumert, Blum, 2008; Kaya, 2009). A su vez, los maestros con mejor CDC conducen a sus estudiantes hacia mejores calificaciones (Lange, Kleickmann y Möller, 2012; Cross y Lepareur, 2015).

El presente trabajo de tesis se dedicará a estudiar y evaluar cada uno de estos componentes en los que se articula la alfabetización científica y el conocimiento didáctico del contenido en ciencias básicas.

1.2.-Preguntas y Objetivos de investigación

1.2.1.-Preguntas de investigación

A partir del objeto y definición de nuestro proyecto de tesis, podemos definir nuestras preguntas de investigación del modo siguiente:

P1.-¿Cuáles son los indicadores de dominio del contenido científico básico que pueden definirse de acuerdo con la literatura especializada, y utilizarse para la

evaluación del mismo? ¿Qué instrumentos de evaluación existen o deberían crearse y validarse para ser usados en el ámbito de la formación inicial de futuros maestros de Primaria en ciencias?

P2.-¿Cuál es el nivel de alfabetización científica que, en general, atesoran las personas que van a ser maestros en el próximo futuro, tanto al comienzo como al finalizar su formación académica en la universidad? ¿Es posible vincular el uso de los medios de comunicación digitales con el nivel de alfabetización científica? ¿Es suficientemente efectiva la formación recibida en el Grado? ¿Hay alguna relación entre los distintos componentes de la alfabetización científica que pudiera convertir en redundante el esfuerzo dedicado a alguno de ellos?

P3.-¿Hay una estructura coherente subyacente al CDC? ¿Pueden diferenciarse componentes distintas de las ya definidas? ¿Cómo pueden definirse indicadores apropiados para evaluar el conocimiento didáctico del contenido en ciencias básicas de futuros maestros? ¿Cuál es la competencia didáctica de estas personas al final de su formación en el Grado?

1.2.2.-Objetivos específicos de la investigación

- 1.-Diseñar y validar un instrumento para la evaluación del conocimiento de los maestros y maestras de Primaria en España sobre contenidos científicos básicos. Identificar posibles concepciones erróneas, debilidades y fortalezas dentro de las diferentes áreas de ciencias escolares.
- 2.-Establecer la relación entre el contenido en ciencias de los principales periódicos digitales en España y el nivel de alfabetización científica básica de los futuros maestros y maestras de Primaria.
- 3.-Evaluar, con suficiente validez externa, los niveles de conocimiento conceptual y procesual en ciencia básica que presentan los y las estudiantes de la Comunidad Valenciana antes y después de su formación en el Grado de Maestro de Primaria.
- 4.-Estudiar de forma analítica hasta qué punto el conocimiento epistemológico sobre Naturaleza de la Ciencia en futuros maestros/as puede ser explicado por el conocimiento del contenido en ciencias, y por las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias.
- 5.-Adaptar y validar un instrumento para evaluar el Conocimiento Didáctico del Contenido en ciencias en futuros maestros y definir indicadores (a modo de “rubrics”) que nos permitan evaluar los datos obtenidos.

- 6-Valorar los efectos de una formación específica en didáctica de las ciencias experimentales, en comparación con la formación general proporcionada por las materias fundamentales de psico-socio-pedagogía y de didáctica general del currículo de Grado de Maestro de Primaria.
- 7.-Indagar si más allá de la multiplicidad de propuestas para definir y operacionalizar el CDC, sugeridas por criterios expertos, se oculta una estructura estable (relaciones entre componentes), identificable a partir de indicadores empíricos

1.3.-Interés y oportunidad de la investigación

La formación científica de la ciudadanía ha sido un tema de gran interés en las últimas décadas. Tanto es así que la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) estableció en la Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber Científico la educación científica como “...un requisito previo fundamental de la democracia y el desarrollo sostenible” (UNESCO, 1999a). Fruto de esta Declaración se constituyó un Programa en pro de la Ciencia en el que se insta a los Gobiernos a mejorar la enseñanza científica en todos los niveles, debiendo impartir una enseñanza científica básica a todos los estudiantes (UNESCO, 1999b). Sin embargo, en los últimos años han sido publicados distintos informes advirtiendo de la crisis que, en general, sufre la Enseñanza de las Ciencias, provocando un desinterés hacia la ciencia que crece con la edad y que conduce a un alarmante descenso de estudiantes en carreras de ciencias (Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walweg-Henriksson, H. y Hemmo, V., 2007; Orbone y Dillon, 2008; European Commission, 2004).

Por otro lado, dos de los informes internacionales más conocidos que evalúan el conocimiento científico en el ámbito escolar, TIMSS y PISA, permiten conocer la formación científica que han adquirido los estudiantes a medida que avanzan en su formación académica y compararla con los resultados obtenidos en otros países. Desde que se realizan estos informes, las puntuaciones obtenidas en España se sitúan por debajo de la media europea y de la OCDE lo que indica que, a pesar de las distintas reformas educativas que se han ido realizando, los esfuerzos por mejorar el rendimiento académico no han dado los frutos esperados. Los estudiantes españoles presentan un conocimiento en ciencias claramente inferior al de los alumnos y alumnas de otros países europeos, como Finlandia, Países Bajos o Alemania (INE, 2011; INE, 2012).

Parece pues evidente que nuestro país tiene un grave problema con la formación científica de nuestros estudiantes de primaria y secundaria.

Los malos resultados en ciencias que presentan los estudiantes llevan a plantearse si la formación científica de los profesores es la adecuada para ejercer satisfactoriamente su labor docente. Las variaciones en la comprensión de ciencias de los maestros han sido identificadas como el principal factor responsable de las diferencias en la calidad de la enseñanza de las ciencias básicas (Shallcross, Spink, Stephenson, & Warwick, 2002). Resulta plausible admitir que son diversos los factores que confluyen en este fracaso en el ámbito científico y que los esfuerzos para corregir esta situación deberían estar centrados en la formación universitaria del profesorado de primaria y secundaria (Vilches y Gil, 2007). Algunos estudios proponen que los maestros de primaria habitualmente carecen de suficientes conocimientos de contenido científico (Appleton, 2003). En otros casos apuntan que muchos de los maestros de Educación Primaria no presentan las competencias adecuadas para la enseñanza (Campanario, 1998; Cañal, 2000; Hackling, Peers y Prain, 2007; MacDonald y Hoban, 2009). Estas carencias son a menudo citadas como causa de la incapacidad de los profesores para enseñar ciencias de manera efectiva (Fleer, 2009), pudiendo conducir a sus estudiantes, ya sea por activa o por pasiva, a concepciones alternativas (Kaptan y Korkmaz, 2001).

Como ya apuntara Mellado (1998, p. 1), “para avanzar en la mejora de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es necesario investigar al profesorado y conocer sus concepciones, sus problemas y motivaciones, sus actitudes, sus conocimientos, su conducta docente, su formación y su desarrollo profesional”. Así pues, el interés de esta tesis doctoral radica, precisamente, en la información que proporciona sobre las características de los futuros maestros y maestras de Educación Primaria: su nivel de conocimientos científicos y didácticos y las actitudes que presentan hacia la ciencia. Esto nos permite hacernos una idea de la adecuación de la formación ofrecida actualmente en el Grado y conocer si realmente se ajusta a sus necesidades educativas.

1.4.-Enfoque, ámbito y limitaciones de esta investigación

Que la ciencia y la tecnología afecta cada vez más a todos los aspectos de nuestra vida es un hecho incuestionable. Las sociedades se ven altamente influenciadas por los avances científicos que mejoran la calidad de vida de sus ciudadanos y se ha establecido un vínculo indisoluble entre ciencia y sociedad. Al mismo tiempo, muchas de las cuestiones científicas actuales (células madre, transgénicos, energía nuclear, cambio climático) provocan fuertes debates sociales que requieren que el ciudadano presente cierto nivel de conocimientos científicos para no verse excluido en la toma de decisiones.

Esta tesis doctoral pretende aportar una pequeña contribución a la mejora de la alfabetización científica de la ciudadanía desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Para tal fin, se adoptará generalmente la Visión II de alfabetización científica propuesta por Roberts (2007), la misma adquirida en los informes TIMSS y PISA, que vincula la educación en ciencias con las situaciones en las que se encuentran los estudiantes como ciudadanos. Desde esta perspectiva, se requiere que los estudiantes además de comprender los fundamentos de la ciencia, han de saber cómo aplicarlos a situaciones de la vida diaria (Bybee, 2015).

Abordaremos las preguntas de investigación desde un enfoque experimental cuantitativo mediante la utilización de instrumentos de medida con suficiente validez y fiabilidad que permitan el análisis estadístico de los datos recogidos. Cuando la investigación lo requiera, también emplearemos un enfoque cualitativo para profundizar en aspectos concretos sobre el conocimiento de los estudiantes con determinadas características de interés.

El ámbito en que se centra la investigación es la alfabetización científica que presentan los futuros maestros y maestras antes y después de la formación recibida durante el Grado en Maestro de Educación Primaria y su relación con el conocimiento didáctico del contenido, necesario para promover un aprendizaje efectivo. Partiendo de las dimensiones propuestas por Miller (1989), se analizan sus conocimientos sobre contenido científico, sus destrezas científicas, su postura ante el conocimiento científico y sus actitudes hacia la ciencia y se investiga la relación entre estos conocimientos y su conocimiento didáctico del contenido científico.

A lo largo de toda la investigación se aplica el método científico con el mayor rigor posible, buscando en todo momento la objetividad como forma de alcanzar el conocimiento. Aun así, todo trabajo de estas características presenta una serie de limitaciones, como puede ser el tamaño y origen de la muestra, los instrumentos de medición empleados, los errores o sesgos no controlados y la imposibilidad de controlar las variables extrañas.

En nuestro caso, las muestras empleadas se limitan a los estudiantes de las universidades públicas de la Comunidad Valenciana, por lo que los resultados no son extrapolables a la población adulta en general, al resto de Comunidades Autónomas, ni al ámbito de la educación privada. Por otro lado, puesto que la investigación se dirige a futuros maestros de primaria, el instrumento desarrollado para evaluar el conocimiento de contenido científico se basa únicamente en los contenidos incluidos en el currículo de Educación Primaria, que son los que deberán conocer cuando ejerzan su labor docente. En cuanto a las habilidades procedimentales, el instrumento se centra en las habilidades integradas propias de la ciencia (p.ej. diseñar experimentos, identificar y controlar variables o establecer hipótesis) no en otro tipo de destrezas.

1.5.-Estructura y organización de la tesis

Para facilitar la comprensión del trabajo realizado a lo largo de esta investigación, se ha empleado una estructura lógica que divide la tesis en dos partes. En la primera parte (capítulos 2-3) se presenta la Fundamentación Teórica. Una revisión bibliográfica en la que se argumenta y expone el conocimiento existente en torno al tema de interés para establecer el estado de la cuestión y establecer la base sobre la que se sustentan los posteriores Estudios Empíricos realizados, que forman la segunda parte (capítulos 4-9). En esta segunda parte se trata de alcanzar los objetivos de investigación planteados y se divide, a su vez, en 2 bloques.

El primero de estos bloques empíricos corresponde a los capítulos 4-7 y en él se abordan los objetivos 1-4. El capítulo 4 se dedica a desarrollar y validar un instrumento para evaluar el conocimiento del contenido en ciencias que ha de presentar una maestra o maestro, de acuerdo con el currículo de Educación Primaria. En primer lugar, se elaboró un cuestionario de 50 ítems de opción múltiple que abarca las cuatro áreas de ciencias presentes en el currículo y se discute su idoneidad para el objetivo propuesto, analizando su consistencia interna y externa, así como los

índices de discriminación y dificultad de los ítems. Tras varios ajustes, se elabora una versión más corta del cuestionario con 30 ítems y se comprueba su validez mediante el análisis de los índices de dificultad y discriminación y de su consistencia externa e interna. Por otro lado, también se estudian los resultados de los participantes, con la intención de valorar su dominio conceptual y posibles concepciones erróneas.

En los capítulos 5 y 6 de este primer bloque se evalúa el nivel de conocimientos científicos de los futuros maestros y maestras de Primaria. Concretamente, el capítulo 5 aborda el objetivo 2 planteado anteriormente e indaga la relación entre los principales periódicos digitales españoles y la alfabetización científica de los futuros maestros y maestras de Educación Primaria. Para ello, se emplea un instrumento que incluye los términos científicos y tecnológicos más citados en los periódicos internacionales y compara el nivel de conocimiento que presentan los estudiantes acerca de estos términos con la frecuencia en que aparecen en dichos medios de comunicación españoles. A continuación, el capítulo 6 se centra en el objetivo 3 y estudia, con suficiente validez, el conocimiento científico básico de los estudiantes de magisterio de las universidades públicas de la Comunidad Valenciana antes y después de recibir la formación en ciencias prevista en el Grado. Se emplean dos instrumentos distintos, un cuestionario para evaluar el conocimiento sobre conceptos básicos, que es el desarrollado en el primer bloque de la parte empírica de esta tesis doctoral, y otro para evaluar destrezas propias de la actividad científica. Se incluyen variables como la titulación de acceso al Grado, la especialidad de los estudios pregrado y la universidad de origen, lo que permite estudiar el posible efecto de estas diferencias entre estudiantes.

El capítulo número 7, último de este bloque, se centra en el objetivo 4 y trata de explicar si el conocimiento sobre Naturaleza de la Ciencia puede ser explicado partiendo del conocimiento del contenido, el conocimiento sobre habilidades científicas y las actitudes hacia la ciencia. Se emplean cuatro instrumentos diferentes para la recogida de datos y estos son analizados cuantitativa y cualitativamente, facilitando la comparación entre los cuatro tipos de conocimientos y establecer posibles correlaciones significativas.

El segundo bloque que forma parte de los estudios empíricos está formado por los capítulos 8 y 9 de esta Memoria. En ellos se acometen los objetivos 5, 6 y 7. En el capítulo 8 se selecciona y adapta un instrumento, ya validado en otros estudios, y se definen indicadores que permitan evaluar de un modo preciso el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) de ciencias en los docentes en formación. A continuación, se valora el impacto de la formación específica en didáctica de las

ciencias sobre temas específicos. Empleando el mismo instrumento de medida, en el capítulo 9, último capítulo de los estudios empíricos, se analiza la estructura del CDC de ciencias que muestran los estudiantes tras la formación recibida durante el Grado en Magisterio en Educación Primaria. Los resultados permiten establecer relaciones entre los componentes que componen este tipo conocimiento.

Para finalizar, el capítulo 10 expone las conclusiones generales alcanzadas tras los estudios experimentales y su relación con los objetivos establecidos inicialmente, así como los problemas pendientes y las futuras líneas de investigación.

Referencias

- Appleton, K. (2003). How Do Beginning Primary School Teachers Cope with Science? Toward an Understanding of Science Teaching Practice. *Research in Science Education*, 33(1), 1-25. doi: 10.1023/A:1023666618800
- Aydin, S. y Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 615-624.
- Barnett, J. y Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Towards a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.
- Bybee, R. (2015). Scientific literacy. *Encyclopedia of Science Education*, 944-947.
- Campanario, J. M. (1998) ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias?: Una revisión de estudios recientes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 121-140.
- Carey, S. y Smith, C. (1993). On understanding the nature of science of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251. doi: 10.1207/s15326985ep2803_4
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en primaria. *Alambique*, 24, 46-56.
- Cross, D. y Lepareur, C. (2015). *PCK at stake in teacher-student interaction in relation to students' difficulties*. En: GRANGEAT, M. (Ed.). *Understanding science teachers' professional knowledge growth*. (pp. 47-61). Rotterdam: Sense Publishers.
- Dogan, N. y Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112. doi: 10.1002/tea.20243
- European Commission. (2004). *Europe needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology*. Brussels. European Commission. Recuperado en marzo de 2014 de: https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf
- Fleer, M. (2009). Supporting scientific conceptual consciousness or learning in 'a roundabout way' in play-based contexts. *International Journal of Science Education*, 31(8), 1069-1089. doi: 10.1080/09500690801953161

- Friedrichsen P. M., Van Driel J. H. y Abell S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358–376.
- Gil, D. y Vilches, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.
- 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. Recuperado en abril de 2014 de http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART2_Vol6_N2.pdf
- Hackling, M., Peers, S. y Prain, V. (2007). Primary Connections: Reforming science teaching in Australian primary schools. *Teaching Science*, 53(3), 12-16. Recuperado en febrero de 2016 de: <http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2445&context=ecuworks>
- Henze, I., Van Driel, J. H. y Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa - INE - (2013). *PIRLS-TIMSS 2011. Estudio Internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. IEA. Volumen I: Informe español*. Madrid. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pirlstimss2011vol1-1.pdf?documentId=0901e72b81825be4>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa – INE - (2014). *Informe PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe Español*. Madrid. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pisa2012/pisa2012.pdf?documentId=0901e72b8195d643>
- Irez, S. (2006). Are we prepared?: An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Teacher Education*, 90(6), 1113-1143. doi 10.1002/sce.20156
- Kaptan, F. & Korkmaz, H. (2001). Primary school preservice teachers' misconceptions about heat and temperature in science teaching. *Hacettepe University Journal of Education*, 21, 59-65. Recuperado en febrero de 2016 de: <http://www.efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/1030-published.pdf>

- Kaya, O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of pre-service science teachers: ‘Ozone layer depletion’ as an exemple. *International Journal of Science Education*, 31 (7), 961–988.
- Krauss, S.; Baumert, J.; Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers’ pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *ZDM Mathematics Education*, 40(5), 873-892.
- Lange, K., Kleickmann, T., & Möller, K. (2011). Elementary Teachers’ pedagogical Content Knowledge And Student Achievement In Science Education. En *ESERA-Conference, Lyon, France*. Recuperado en septiembre de 2015 de: <http://www.esera.org/publications/eseraconference-proceedings/science-learning-and-citizenship/>
- Lederman, N. G. (1992). Students’ and teachers’ conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. doi: 10.1002/tea.3660290404
- Macdonald, D. y Hoban, G. (2009) Developing science content knowledge through the creation of slowmations. *The International Journal of Learning*, 16(6), 319-330. Recuperado en enero de 2016 de: <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1108&context=edupapers>
- Magnusson, S., Krajcik, L. y Borko, H. (1999). *Nature, sources and development of pedagogical content knowledge*. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (95–132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Mellado, V. (1997). Preservice teacher's classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6(4), 331-354. doi: 10.1023/A:1008674102380
- Mellado, V. (1998). *La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales*. En E. Banet y A. de Pro (eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Vol. I. Ed. DM. Murcia, 272-283.
- Miller, J. D. (1989). Scientific literacy. Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, San Francisco.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” should be taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. doi: 10.1002/tea.10105

- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation. Recuperado en marzo de 2014 de: http://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
- Park, S. y Chen Y-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941.
- Özden, M. (2008). The Effect of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The Case of Teaching Phases of Matters. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 8(2), 633-645.
- Roberts D (2007). *Scientific literacy/science literacy*. En: Abell S, Lederman N (eds) *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 729–780.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walwerg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European commission. Community Research. Recuperado en marzo de 2014 de: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N. y Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Sarieddine, D. y Boujaoude, S. (2014). Influence of teachers' conceptions of the nature of science on classroom practice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(2), 135-151. doi: 10.12973/eurasia.2014.1024a
- Shallcross, T., Spink, E., Stephenson, P. y Warwick, P. (2002). How primary trainee teachers perceive the development of their own scientific knowledge: Links between confidence, content and competence? *International Journal of Science Education*, 24(12), 1293-1312. doi: 10.1080/09500690110110106
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.

- UNESCO (1999a). *Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Budapest (Hungría), 26 junio – 1 julio de 1999. Recuperado en octubre de 2016 de:
http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm
- UNESCO (1999b). *Programa en Pro de la Ciencia: Marco general de actuación*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Budapest (Hungría), 26 junio – 1 julio de 1999. Recuperado en octubre de 2016 de
http://www.unesco.org/science/wcs/esp/marco_accion_s.htm
- Van Driel, J. H. y Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Vázquez-Alonso, A., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (2013). Spanish secondary-school science teachers' beliefs about Science-Technology-Society (STS) Issues. *Science & Education*, 22(5), 1191–1218. doi: 10.1007/s11191-012-9440-1
- Vilches, A., y Gil-Pérez, D. (2007). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85.

Capítulo 2:

Una Revisión de la Formación del Profesorado de Primaria en Ciencias Experimentales

Una Revisión de la Formación del Profesorado de Primaria en Ciencias Experimentales

2.1.-Introducción

En este capítulo pretendemos repasar el conocimiento actual sobre la formación inicial de maestros en el área de ciencias experimentales con el fin de extraer qué aspectos están resultando positivos y en qué lugares, y cuáles son todavía aspectos mejorables y merece la pena poner esfuerzo en ellos. Una de las primeras preguntas que surgen es: ¿Cuál es el referente o ideal de esa formación, con el que comparar la realidad observada? Es decir, ¿cómo debería ser dicha formación, más allá de las leyes vigentes en cada momento, muchas veces consecuencia de ideologías poco informadas?

Naturalmente, resulta difícil encontrar dicho patrón, puesto que la educación de un país siempre contiene un componente sociológico e ideológico, y demasiadas incertidumbres todavía en su componente científico. Una alternativa a la falta de un patrón universal lo constituye la opinión de los expertos sobre qué debería ser la formación científica de los ciudadanos actuales y, por ende, qué deberían saber los profesores que deben darles esa educación. Son los acuerdos entre los expertos aquellos referentes que queremos atender.

Parece claro que los maestros y maestras deberían estar alfabetizados en ciencias, puesto que ellos/as han de alfabetizar al resto de la población. La alfabetización científica es uno de los conceptos que ha sido ampliamente acordado y aceptado entre los expertos a nivel internacional, aunque su contenido concreto presenta todavía una cierta variabilidad.

También la formación inicial de maestros/as muestra variabilidad en el mundo. Parece interesante analizar estudios empíricos sobre formación científica de maestros de primaria en el mundo, y determinar qué aspectos se atienden y con qué éxito. Una

vez tomados en cuenta los rasgos propios de cada cultura o tradición, los resultados positivos y concordantes, podrían ser sumamente ilustrativas y aprovechables para el caso español.

2.2.-La alfabetización científica de los ciudadanos y de los profesores

Según Hurd, (1998) las raíces de la alfabetización científica podrían llevarnos hasta el s. XVI cuando nació la ciencia moderna, llegando a España ese interés por introducir la cultura científica en la educación algo más tarde, a finales del siglo XVII (Barberá, 2006). Sin embargo, su comienzo como objeto de estudio se podría situar en la década de 1930 (Miller, 1983) y no fue hasta 1950, en la llamada “era espacial”, cuando comienza a extenderse la idea actual de que la ciencia no puede ser un lujo intelectual para una minoría selecta y ha de tener un lugar significativo en el *curriculum* (Hurd, 1958).

Los propósitos de la alfabetización científica están sujetos a distintas interpretaciones y han ido evolucionando a lo largo del tiempo, lo que provoca que sea un término difuso y no exista un acuerdo en su definición (Laugksch, 2000; DeBoer, 2000). Citando a Miller (1983, p. 29) podríamos decir que “*la alfabetización científica es uno de esos términos que es usado a menudo pero que rara vez ha sido definido*”.

En general, parece haber consenso en que la alfabetización científica, en lugar de tener un enfoque propedéutico, debe proporcionar a toda la ciudadanía una actitud crítica y unos conocimientos y habilidades básicas que les permita participar en la toma de decisiones sobre temas científicos y desenvolverse en un mundo donde la ciencia y la tecnología están cada vez más presentes (NSF, 1996; Kolstø, 2001; Acevedo, 2004; Gil y Vilches, 2004, 2006). Hodson (2008, p.3), opina que, para ser considerados alfabetizados científicamente, los estudiantes deben ser capaces de distinguir entre buena ciencia, mala ciencia y no-ciencia, hacer juicios críticos sobre qué creer, y usar la información y el conocimiento científico para fundamentar la toma de decisiones a nivel comunitario, de empleo y personal. Sin embargo, no todos están de acuerdo con que esto sea realizable y existen opiniones críticas al respecto (Shamos, 1995).

Se han dado numerosas definiciones de alfabetización científica (Hurd, 1958; AAAS,

1989; NSF, 1996; OECD, 1999; Laugksch, 2000) pero una que puede resumir el consenso es la de (Hurd, 1998, p. 410) para quien la alfabetización científica (...) *es vista como una competencia cívica requerida para el pensamiento racional sobre la ciencia en relación a problemas personales, sociales, políticos, económicos y temas con los que uno puede encontrarse a lo largo de su vida.*

Una vez definido el concepto, falta precisar qué conocimientos y habilidades debe adquirir una persona para ser considerada alfabetizada científicamente. Miller (1983, 1989) propone un enfoque multidimensional formado por

- (1) La comprensión de los procesos de la ciencia.
- (2) Un vocabulario básico de conceptos y términos científicos y técnicos.
- (3) La comprensión del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

Las dos primeras dimensiones hacen referencia al conocimiento sobre ciencia (comprensión y aplicación), mientras la tercera implica su aplicación responsable en escenarios sociales de la vida diaria.

Parece haber acuerdo en que la medida de las dos primeras dimensiones nos da una idea fiable del nivel de alfabetización científica cívica y así lo emplean algunos estudios internacionales (Miller, 1998).

Mucho trabajo se ha destinado en los últimos 30 años en Occidente para tratar de determinar qué contenidos conceptuales y procedimentales sería apropiado aprender en los niveles básicos y medios de la educación.

En 1985, la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) fundó el Proyecto 2061, destinado a reformar la educación y promover una sólida formación en ciencias, matemáticas y tecnología de todos los americanos adultos. En su primera publicación *Science for All Americans* (Ciencia: conocimiento para todos) (AAAS, 1989) se establecieron recomendaciones, seleccionadas en función de su importancia científica y humana, sobre lo que todos los alumnos deben saber y saber hacer al acabar la educación secundaria (K-12) y se otorgó a los maestros un papel clave en la reforma. Con las bases de la reforma ya asentadas, se publicó *Benchmarks for Science Literacy* (Avances en el Conocimiento Científico) (AAAS, 1993), una herramienta para la reforma curricular en la que se establecen los contenidos que los alumnos deben saber desde preescolar hasta el tercer grado de enseñanza superior.

También en el Reino Unido, los expertos de la Royal Society conscientes de la importancia de la ciencia y la tecnología en la vida diaria de los ciudadanos, así

como en la mejora de la industria y la prosperidad nacional, publicaron el informe *The public understanding of science* (1985). En él se refleja la inadecuada comprensión pública de las ciencias del momento y se hace hincapié en la necesidad de que todo el mundo tenga una comprensión mínima de la ciencia, así como de sus logros y limitaciones, para hacer del Reino Unido un país competitivo y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. Aunque con un nombre diferente, los objetivos expresados parecen similares a los de la alfabetización científica. Para lograr esta mejora, involucra medios de comunicación, la comunidad científica, conferencias, actividades para niños, museos y librerías y la industria. En todo caso, el papel principal de la formación científica se lo otorga a la educación formal. Es en primaria y secundaria donde, según este informe, se han de proporcionar las bases del conocimiento y las habilidades propias de la ciencia, en las que se incluyen las matemáticas, además de la relación entre la ciencia y la sociedad.

Algo más tarde, el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (NRC) publicó *National Science Education Standards* (Normas Nacionales para la Enseñanza de las Ciencias) (NRC, 1996). En este informe también se definen los conocimientos y habilidades que todos los alumnos deben poseer, y se recomienda que los niños y niñas se involucren en procesos de aprendizaje activo. Promueve los programas basados en la indagación y establece que los profesores de ciencias efectivos combinan su comprensión de las ciencias con su conocimiento acerca de la enseñanza, el aprendizaje, el *curriculum* y los estudiantes.

En la cumbre realizada en Lisboa en el año 2000, el Consejo Europeo acordó la necesidad de desarrollar una economía basada en el conocimiento y estableció la necesidad de desarrollar, entre otras estrategias, programas que modernicen los sistemas educativos. Tras adoptar un programa de trabajo y establecer los objetivos específicos en cumbres posteriores, se creó una comisión para identificar las acciones específicas o las medidas políticas que debían iniciarse. Como resultado de todo esto surgió el documento *Europe needs more Scientist* (Europa necesita más científicos) (*European Commission*, 2004), destinado a aumentar el número de personal investigador y profesionales de la ciencia y la tecnología en Europa. Este informe destaca la falta de estudiantes especializados en ciencias, ingeniería, tecnología o matemáticas que se dedican a la labor docente, especialmente en la educación primaria, y resalta que los profesores bien formados en CTS y la educación en ciencias en el *curriculum* de primaria son la clave para estimular el interés en las carreras de ciencia y la tecnología de las generaciones futuras. Además, reconoce que a estas edades los estudiantes aceptan más fácilmente la educación en ciencias basada en actividades prácticas.

Unos cuantos años más tarde, en el 2006, Nuffield, una fundación benéfica que persigue la mejora del bienestar social a través de la educación, la investigación y la innovación, convocó dos seminarios acerca de las similitudes y diferencias más comunes en la Educación en Ciencias en Europa. Como resultado de estos seminarios se publicó el informe *Science Education in Europe: Critical Reflections* (La Educación en Ciencias en Europa: Reflexiones críticas) (Orsbone y Dillon, 2008) en el que se critica el informe de la Comisión Europea por su percepción de la Educación en Ciencias como preparación básica de futuros científicos (algo de lo que ya alertaban en otro informe sobre la Educación en Ciencias en Inglaterra y Gales, - Millar y Osborne, 1998). En él se justifica la necesidad de una educación en ciencias para todos, no sólo para la minoría de futuros científicos, basada, además de en el conocimiento del contenido, también en el conocimiento sobre cómo funciona la ciencia y usando la indagación como enfoque de enseñanza. Todo esto, afirman en el documento, requiere cambios en el *curriculum*, en la preparación de profesores de ciencias bien cualificados (con conocimientos sobre ciencia y su naturaleza, con conocimientos pedagógicos y de estrategias de enseñanza y excelentes habilidades de comunicación).

Más recientemente, Harlen (2010) estableció, en un trabajo conjunto con otros nueve expertos en educación en ciencias, diez principios fundamentales sobre los que se sostiene la educación en ciencias y catorce “grandes ideas” que todos los estudiantes deberían atesorar al finalizar su educación obligatoria. Diez de estas grandes ideas son “de” ciencia y cuatro “sobre” ciencia. Las ideas que aquí se presentan son complejas e implican conceptos abstractos difíciles de comprender para los estudiantes más jóvenes, por lo que hay que desarrollarlas de una manera progresiva. Así pues, también identifica pequeñas ideas o ideas iniciales a partir de las cuales se pueden ir enlazando con otras más grandes y complejas hasta alcanzar las ideas más amplias y abstractas que les permitan conocer los objetos, fenómenos y relaciones que se dan en el mundo natural. A diferencia de informes anteriores, en este caso no se marcan límites definidos para la adquisición de esos conocimientos. Se tiene en cuenta las diferencias en los desarrollos cognitivos de los alumnos y se le da mayor importancia a que el progreso vaya dirigido hacia un marco de referencia útil. El objetivo final es que la formación recibida les capacite para comprender los aspectos científicos el mundo que les rodea y puedan tomar decisiones sobre las aplicaciones de la ciencia. Los estudiantes han de estar motivados y mostrar interés por los contenidos en ciencias, sobre todo en los niveles de primaria, y deben ver la aplicación de estas ideas en la vida diaria, y no solo como una preparación para estudios posteriores. Para ello, pone especial atención en el aprendizaje basado en la indagación, el cual lleva a una comprensión más profunda, pero requiere más tiempo

y la amplitud de los contenidos ha de ser reducida. De ahí la importancia de identificar estas grandes ideas en ciencias. En cuanto a los métodos pedagógicos, además de apoyar el desarrollo de las grandes ideas, estos han de promover el desarrollo de habilidades relacionadas con la investigación. Por último, Harlen (*opus cit*) identifica dos posibles inconvenientes en relación con la aplicación de estas grandes ideas en Educación Primaria. Por un lado, la baja formación en ciencias de los maestros/as dificulta que puedan estructurar y jerarquizar el contenido científico a enseñar. Esto hace que no puedan ayudar eficientemente a los estudiantes a progresar en estas ideas. Por otro, está la falta de confianza en la enseñanza de las ciencias como resultado de su poca experiencia y escasa comprensión de la actividad científica.

Investigaciones realizadas a nivel internacional parecen mostrar la necesidad de una renovación en la formación del profesorado para alcanzar una educación científica de calidad. Según Vilches y Gil, (2007) esta renovación, que debería afectar tanto a profesores de primaria como de secundaria y universidad, y viene condicionada por la necesidad de atraer el interés por la ciencia y promover la alfabetización científica de toda la ciudadanía, mostrándoles la relación ciencia-sociedad y favoreciendo su participación en la toma de decisiones. Para tal fin, se propone una metodología de aprendizaje y de enseñanza basada en la investigación, que permita al alumnado participar en la construcción del conocimiento, más allá de la simple transmisión de conocimientos elaborados. El empleo de estas metodologías supone una reorganización de la enseñanza que afecta a las estrategias empleadas para la formación del profesorado. La estrategia propuesta consiste en favorecer el aprendizaje de los contenidos a través de la investigación simplificada y guiada, y proporcionar la formación didáctica a partir de la búsqueda de soluciones a problemas de enseñanza /aprendizaje que se plantean durante la labor docente.

En el año 2007, ante el alarmante descenso del interés de la gente joven por la ciencia y los escasos resultados que han dado los numerosos proyectos y acciones que se han llevado a cabo, la Comisión Europea responsable de la *Investigación para la Educación y la Cultura* solicitó a un grupo de expertos el estudio de iniciativas de innovación en curso para identificar una serie de buenas prácticas que pudieran cambiar el interés de los jóvenes por la ciencia e identificar las condiciones previas necesarias. Este informe, se hace eco de los hallazgos del informe sobre la evolución del interés de los estudiantes en los estudios de ciencia y tecnología (OCDE, 2006) y propone que la situación actual puede ser debida, entre otras causas, al modo en el que se enseñan las ciencias.

2.3.-Estudios internacionales sobre formación científica de los profesores

2.3.1.-Alfabetización de profesores

Pocos estudios se han ocupado de evaluar el nivel de alfabetización científica como tal en maestros en formación, con resultados divergentes según países. En España, hace ya tiempo Campanario (1998) realizó una revisión de varios estudios e investigaciones aparecidas en publicaciones especializadas, que analizaban las actitudes, la formación y los conocimientos científicos que presentan los futuros maestros de Primaria y los futuros profesores de enseñanza secundaria.

El principal problema en los futuros maestros de primaria en el área de ciencias radica en su deficitaria formación científica, presentando concepciones ingenuas e inadecuadas en muchos temas. Por su parte, los futuros profesores de Secundaria carecían de la adecuada formación psicopedagógica. Se detectó también en ambos colectivos un cierto desencanto profesional que les había llevado a elegir esta profesión ante la falta de otras alternativas.

Resultados distintos se obtuvieron en estudios más recientes en Turquía y Taiwán. Cavas, Ozdem, Cavas, Cakiroglu y Ertepinar, (2013) desarrollaron en Turquía un estudio empírico sobre el nivel de alfabetización científica de los maestros de ciencias de primaria en formación. Usando instrumentos estandarizados para las evaluaciones, obtuvieron niveles adecuados de alfabetización científica para estos sujetos. Aunque los alumnos de 4º superaron a los de 1º curso, los niveles para los estudiantes de primer curso no fueron bajos. En naturaleza de la tecnología ambos grupos presentan cierto nivel de conocimientos muy similar.

Chin (2005) pretendió determinar el nivel de alfabetización científica de maestros en su primer año de estudio en Taiwán. Usando también instrumentos de amplia validación internacional, evaluó su conocimiento en varios temas científicos para poder establecer estrategias de formación adecuadas que mejoren su alfabetización científica. Los resultados globales mostraron un nivel más que satisfactorio de alfabetización científica básica de los maestros en formación.

Estudios como el de Harlen (2010) muestran que la carencia de conocimientos científicos y la falta de autoconfianza de los profesores de educación primaria tiene dos consecuencias: (a) evitan metodologías basadas en la indagación (*Inquiry*

learning), pues requieren una comprensión profunda de la ciencia, y (b) se centran en la mera memorización de contenidos y atienden poco a la experimentación. Sin embargo, los métodos basados en la indagación son eficaces en el aprendizaje de la ciencia en primaria, aumentado el interés de los niños y la voluntad de los profesores por enseñar ciencias. En efecto, en un estudio en el contexto español, Cortés, de la Gándara, Calvo, Martínez, Ibarra, Arlegui, y Gil (2012) realizaron un estudio diagnóstico acerca de las expectativas de formación en diferentes asignaturas de Didácticas de las Ciencias Experimentales de los maestros en formación inicial, como paso previo a profundizar en su visión sobre la metodología de Indagación en el aula de primaria. El objetivo era ver qué esperaban de su formación, cómo variaban sus puntos de vista tras la formación y cómo percibía la realidad en las aulas de primaria tras el *Practicum*. Entre otros resultados se obtuvo que los maestros/as en formación perciben una necesidad de mayor formación en contenidos disciplinares, aunque al mismo tiempo, se demanda una enseñanza basada en aspectos metodológicos. Tras la formación proporcionada en didáctica de las ciencias, se produjo un cambio de opinión de los estudiantes y reconocieron la utilidad de la mayor parte de contenidos y herramientas metodológicas trabajados en la asignatura, dirigidas hacia la Indagación como estrategia básica de enseñanza. Por último, tras el *practicum*, que implica un encuentro con la realidad de las aulas, la mayor parte de estudiantes no encontró relación entre lo que se les ha enseñado en la universidad y lo observado en las aulas escolares. Es decir, se evidenció una gran distancia entre la formación científica y didáctica suministrada (basada en *Inquiry learning*) y la práctica docente real de los/las maestros/as veteranos/as.

2.3.2.-Dominio conceptual

Desde hace décadas, numerosos estudios han alertado una falta de conocimientos de contenidos científicos de los futuros maestros. Kind (2014) realizó una compilación de estudios sobre el conocimiento del contenido de los profesores de ciencias llevados a cabo en diferentes países. Los hallazgos mostraron que los profesores mantienen similitudes en cuanto a concepciones erróneas y la comprensión de determinados conceptos y, aunque se reducen con la madurez y la formación adicional, algunas de estas concepciones erróneas son similares a las que presentan los estudiantes. Citando a numerosas fuentes especializadas, Kind muestra que estas concepciones erróneas se dan en conceptos pertenecientes a las cuatro disciplinas típicas de las ciencias experimentales. En los contenidos de Física (luz y sombras; electricidad, sonido, fuerza y movimiento, energía, calor y temperatura, propiedades térmicas de los materiales, presión atmosférica, gravedad) las concepciones erróneas de profesores y estudiantes son similares o idénticas. En cuanto a las Ciencias de la

Tierra y el Espacio, los maestros de primaria muestran errores con la percepción del tiempo geológico, por ejemplo, al situar la formación del Sol y el Big Bang, al explicar los cambios de estaciones y las fases de la Luna. Por otro lado, los maestros de primaria también muestran concepciones erróneas sobre contenidos de Química como la disposición de las partículas en las estructuras atómicas o moleculares y la conservación de masa y la pérdida o ganancia de energía en los cambios de estado de la materia. Por último, en los contenidos de Biología los profesores presentan errores en contenidos como desarrollo sostenible, respiración, fotosíntesis y digestión en las plantas y selección natural.

2.3.3.-Dominio procesual

Como ya se ha comentado anteriormente, la enseñanza de las ciencias basada en la indagación se propone como la mejor forma de acercar a los estudiantes al trabajo científico y mantener su interés y motivación. En las clases de ciencias, los estudiantes no sólo deben desarrollar ciertos conocimientos claves de las ciencias (grandes ideas) (...) *también deben lograr comprensión sobre cómo se obtienen las ideas y el conocimiento científico y las habilidades y actitudes involucradas en la búsqueda y la utilización de la evidencia* (Harlen, 2013). Como es de suponer, para la aplicación de metodologías basadas en la indagación, los maestros han de poseer los conocimientos y la confianza necesaria para ayudar a sus alumnos a desarrollar las habilidades propias de ciencia.

Radford, Deture y Doran (1992) estudiaron las competencias de los maestros/as de Educación Primaria en formación en el uso de las habilidades procedimentales científicas. Un total de 50 estudiantes de dos universidades diferentes se enfrentaron a dos test diseñados para alumnos de 5º y 9º grado, con seis tareas cada uno (p.ej. describir similitudes y diferencias entre dos dinosaurios de plástico, montar un circuito eléctrico y comprobar los conductores eléctricos y determinar la densidad de una plomada usando una balanza de muelle y una probeta). Los resultados de ambos test mostraron que los estudiantes de las dos universidades demuestran poseer unas adecuadas habilidades procedimentales (83%-77% en el test para 5º grado y 65%-67% en el test para 9º grado). Sin embargo, estas habilidades son claramente mejorables, sobre todo en aquellas que se requiere cierto nivel de razonamiento.

Miles (2010), como parte de su Tesis del Máster en Educación en Ciencias, también estudió el uso de las habilidades procesuales de la ciencia de maestros de educación primaria. Para este propósito empleó un test de opción múltiple formado por 48 ítems compilados de 4 instrumentos diferentes, ya publicados y validados, 19 de los cuales

se centran en seis habilidades procedimentales básicas (Clasificar, predecir, inferir, medir, comunicar y observar) y 29 en siete habilidades procedimentales integradas (Interpretar datos, experimentar, realizar hipótesis, formular modelos, identificar variables, controlar variables e interpretar gráficas). La muestra empleada estuvo formada por 24 participantes en un programa de formación para maestros y maestras de ciencias y matemáticas del sur de Illinois (E.E.U.U.). En general, los maestros/as alcanzaron buenos resultados en todas las habilidades procedimentales, con puntuaciones que varían desde 81,25% (interpretar gráficas) hasta 98,7% (clasificar e interpretar datos), demostrando cierta competencia en el uso de habilidades procedimentales científicas. Chabalengula, Mumba y Mbewe (2012) utilizaron el mismo cuestionario con una muestra de 91 maestros/as de educación primaria en formación, 60 de los cuales estaban matriculados en un curso introductorio sobre enseñanza de las ciencias, enfocado en desarrollar habilidades procedimentales, y 31 en otro curso avanzado, centrado en conceptos científicos y cómo enseñarlos. En general, aquellos que cursaban el curso introductorio obtuvieron mejores resultados que los del curso avanzado. Shahali, Halim Treagust, Won y Chandrasegaran (2015) estudiaron la comprensión conceptual y operacional de las habilidades procedimentales científicas de maestros y maestras de educación primaria en Kuala Lumpur (Malasia). Utilizaron un cuestionario con tres secciones, una para recoger datos demográficos, otra para la comprensión conceptual de las habilidades procedimentales y una tercera sección, formada por 25 ítems de opción múltiple, que incluía 5 componentes (realizar hipótesis, controlar variables, definir operacionalmente, interpretar datos y experimentar). Un total de 329 maestros/as de educación primaria de 52 escuelas de primaria realizó el cuestionario. Los resultados mostraron que los maestros/as saben cómo utilizar las habilidades procedimentales para la enseñanza de las ciencias, pero carecen del conocimiento conceptual de las definiciones de sus componentes y por qué son importantes.

2.3.4.-Dominio epistemológico: la naturaleza de la ciencia

La importancia de formar a la ciudadanía científica y tecnológicamente radica principalmente en su contribución al cambio de actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje y en la capacitación que les otorga para participar en los asuntos sociales (Solbes, Vilches y Gil, 2002). En este sentido, algunos autores (McComas, Clough y Almazroa, 1998) señalan la necesidad de incluir la Naturaleza de la Ciencia (NdC en adelante) en la educación para evitar que se tomen decisiones ilógicas e irracionales, aunque también hay quienes consideran que otros factores influyen tanto o más que la NdC, lo que aumentaría la complejidad de la formación para la participación ciudadana (Acevedo et al., 2005). La relación entre ciencia, tecnología y sociedad (y

ambiente) puede considerarse la tercera dimensión que Miller (1983) propone como constituyentes de la alfabetización científica.

Sobre el conocimiento que tienen los profesores sobre cuál es la naturaleza de la ciencia, se ha realizado (y se siguen realizando) muchos estudios. Incluso se han realizado revisiones de conjuntos de estudios anteriores. Revisiones detalladas llevadas a cabo recientemente acerca las investigaciones que se han realizado sobre conocimiento de NdC en profesores de ciencias evidencian que muchas de sus concepciones no se corresponden con lo que se considera actualmente como “visión adecuada”. Los profesores no mantienen una posición filosófica particular consistente, sino que presentan visiones mezcladas o eclécticas y pueden presentar ideas diferentes en contextos diferentes, en lugar de mantener una visión estable y articulada (inductivista, hipotético-inductivista, relativista-contextualista, etc..) que se aplica a todas las situaciones (Guerra-Ramos, 2012). Sin embargo, en demasiadas ocasiones los profesores y profesoras españoles/as manifiestan rasgos positivistas e idealistas en sus visiones del conocimiento científico, concibiéndolo definitivo, estático, verdadero y absoluto, al que se llega aplicando un método universal (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Vázquez, García-Carmona, Manassero y Bennassar, 2013) y que avanza de forma monótona (sin retrocesos ni dudas), de modo que el conocimiento pasado es siempre “de menor calidad” que el actual (García-Carmona y Acevedo, 2016). El conocimiento científico disponible se concibe principalmente como verdadero, probado e indiscutible que se alcanza mediante observaciones neutrales y objetivas de los fenómenos naturales y siguiendo un método científico universal que tiene en la comprobación empírica, la certeza de su veracidad (García-Carmona y Acevedo, 2016; Guerra-Ramos, 2012; Guerra-Ramos, 2012). En la misma línea de pensamiento, los/as profesores/as en formación no suelen mencionar el carácter tentativo del conocimiento científico (García-Carmona y Acevedo, 2016) y creen que en el trabajo científico no hay lugar para la creatividad o la imaginación (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011).

En algunos trabajos se analiza la visión que tienen los profesores sobre la ciencia en contextos de enseñanza y aprendizaje de la misma. Los profesores tienden a reconocer mejor las carencias de sus alumnos en los diseños experimentales y en la recogida de datos que sus propias carencias en estas mismas actividades (Guerra-Ramos, 2012), y presentan dificultades para diferenciar entre hipótesis, leyes y teorías (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011). A la hora de planificar y realizar una investigación (algo deseable) la suelen presentar como un procedimiento lineal y de etapas universales (Guerra-Ramos, 2012).

La falta de conocimiento epistémico podría crear problemas didácticos. En ciertas revisiones, por el contrario, no pareció evidenciarse una relación significativa entre la comprensión de NdC de los profesores y su práctica docente o las creencias de sus alumnos sobre qué es y cómo se elabora la ciencia (Lederman, 2007; Acevedo, 2008).

En el lado positivo, Vázquez, García-Carmona, Manassero y Bennàsar (2013), en su estudio con profesores/as españoles/as en servicio y en formación, encontraron concepciones coherentes y acertadas acerca de las interacciones Ciencia-Tecnología y Sociedad, la interdependencia de ciencia y tecnología, la baja representación de las mujeres en la ciencia y la tecnología, la responsabilidad social de los científicos en la información, la influencia de la ciencia y la tecnología en las decisiones morales, su influencia en la calidad de vida, entre otras. Las diferencias entre los profesores en formación y en servicio fueron insignificantes. En los maestros de primaria en formación inicial, García-Carmona y Acevedo (2016) también encontraron conocimiento adecuado. Por ejemplo, los futuros educadores creen adecuadamente que las discrepancias entre científicos en la interpretación de resultados producen división en la comunidad científica, y que reconocen motivos que las originan como, entre otros, la insuficiencia de hechos, diferentes teorías para interpretarlos, presiones económicas/políticas, etc. Consideran mayoritariamente que estas disputas entre científicos son positivas, aunque algunos piensen que pueden llegar a ser un obstáculo.

2.3.5.-Dominio actitudinal

En el enfoque multidimensional de la alfabetización científica, además del conocimiento sobre contenidos científicos y habilidades propias de la ciencia, es necesario también el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia. Como ya apuntaron Solaz-Portolés, Sanjosé y Caurín (2011, p. 25) *“la influencia de las actitudes hacia la ciencia sobre su aprendizaje y, en el caso de los maestros sobre su enseñanza, es de tal magnitud que generalmente se estima que uno de los objetivos explícitos de la enseñanza debería ser el fomentar actitudes positivas hacia la ciencia y hacia el trabajo científico”*. En este sentido, el profesorado ha de atender la dimensión actitudinal en los temas de estudio que presenta al alumnado, dada la necesidad de que estos adquieran competencias que les sean útiles en la resolución de problemas con los que puedan encontrarse en la vida diaria (Gavidia, 2008).

El descenso del interés por los estudios de ciencias ha sido motivo de preocupación de las últimas décadas. Osborne, Simon y Collins (2003) hicieron una revisión de las

investigaciones más relevantes realizadas a lo largo de 20 años que abordan las actitudes hacia las ciencias de los estudiantes. Entre los factores que influyen en las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia (p.e. género, curriculum, dificultad percibida, etc.), destaca el modo de enseñanza de las ciencias como la variable más importante. Aquellos profesores que carecen de confianza ante una materia utilizan metodologías didácticas inadecuadas (reproductivas, verbales, expositivas), de ahí que la figura del profesor y la calidad de la enseñanza jueguen un papel fundamental en las actitudes de los alumnos/as. Teniendo en cuenta la importancia de la influencia de la formación de los profesores sobre las actitudes en ciencias de los estudiantes proponen que el cambio más importante que se puede hacer para mejorar la calidad de la educación en ciencias está en el profesorado. Sin embargo, de la investigación llevada a cabo más recientemente por Bonil y Márquez (2011) se desprende que la tendencia decreciente de motivación no ha cambiado, y los estudiantes, en este caso futuros maestros, abandonan su formación científica a medida que avanzan en su itinerario académico. Aquellos que presentan actitudes positivas hacia la ciencia destacan la funcionalidad y significatividad del aprendizaje, mientras que los que presentan actitudes negativas hacen referencia a actividades de carácter reproductivo. Por otro lado, García-Ruíz y Sánchez (2006) observaron que la mayoría de los docentes de educación primaria en su muestra presentan actitudes poco favorables hacia las ciencias naturales y que éstas repercuten en su práctica docente. En España, Borrachero y Mellado (2010) también estudiaron las emociones académicas hacia el estudio de la ciencia de estudiantes de magisterio. Llegaron a la conclusión de que estas dependen del contenido científico, siendo mayoritariamente negativas en contenidos de física y química y positivas en los contenidos relacionados con las ciencias naturales.

2.4.-Resumen de ideas principales del capítulo

Hay un consenso sobre los fines alfabetizadores de la educación científica en niveles elementales, pero no lo hay a la hora de determinar los contenidos específicos que deben componer dicha alfabetización. En todo caso, la educación científica debe estar constituida por un conocimiento suficiente de los conceptos y procesos de la ciencia, de los modos en que el conocimiento científico se crea y se valida, y por un conocimiento práctico y crítico sobre el uso de la ciencia en aspectos, principalmente, socio-ambientales que afecta a todos los ciudadanos.

Los maestros/as deben estar alfabetizados científicamente para poder cumplir su misión educadora, pero la mayoría de estudios realizados con muestras de profesores revelan que su formación científica presenta lagunas importantes y que estas lagunas pueden afectar seriamente los modos instruccionales que propongan a sus alumnos, haciéndoles proclives a una enseñanza transmisiva de conocimientos elaborados.

Parece, por tanto, de interés evaluar periódicamente la formación científica básica de los profesores en nuestro contexto, en especial durante su formación inicial en la universidad, con el fin de procurar una competencia didáctica suficiente y de incorporar el conocimiento que se produce continuamente.

Referencias

- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.
- Acevedo, J. A., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, F., y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140.
- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1, 3-16.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1989). Project 2061: Science for all Americans. Recuperado en octubre de 2015 de: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science. AAAS (1993). Benchmarks for science literacy. Recuperado en octubre de 2015 de: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Barberá, O. (2006). Aproximación histórica a los currículos de ciencias en la educación secundaria española: un análisis. Documento de trabajo para el informe “Ciencias y educación (2006), encargado por la Fundación española para la Ciencia y la Tecnología (FECyT).
- Bonil, J. y Márquez, C. (2011). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias?: implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, (354), 307-309.
- Brígido, M., Bermejo, M. L., Conde, C., Borrachero, A. B. y Mellado, V. (2010). Estudio longitudinal de las emociones en Ciencias de estudiantes de Maestro. *Revista galego-portuguesa de psicoloxía e educación*, 188 (2), 161-179.
- Campanario, J. M. (1998) ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias?: Una revisión de estudios recientes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 121-140.
- Cavas, P. H., Ozdem, Y., Cavas, B., Cakiroglu, J., y Ertepinar, H. (2013). Turkish pre-service elementary science teachers' scientific literacy level and attitudes toward science. *Science Education International*, 24(4), 383-401. Recuperado en febrero de 2016 de: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1022326.pdf>

- Chabalengula, V. M., Mumba, F. y Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(3), 167-176.
<http://dx.doi.org/10.12973/eurasia.2012.832a>
- Chin, C. C. (2005). First-year Pre-service Teachers in Taiwan—Do they enter the teacher program with satisfactory scientific literacy and attitudes toward science? *International Journal of Science Education*, 27(13), 1549-1570.
- Cortés, A.L., Gándara, M., Calvo, J.M., Martínez, M.B., Ibarra J., 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.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching*, 37(6), 582-601.
- European Commission (2004). Europe needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology. Brussels. Recuperado en Mayo de 2016 de:
https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf
- García-Carmona, A. y Acevedo, J. A. (2016). Concepciones de estudiantes de profesorado de educación primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Una evaluación diagnóstica a partir de reflexiones en equipo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21 (69), 583.
- García-Carmona, A., Vázquez Alonso, Á. y Manassero Mas, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29 (3), 403-412.
- García-Ruiz, M. y Sánchez Hernández, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles educativos*, 28 (114), 61-89.
- Gavidia Catalán, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 22, 53-66.
- Gil, D., y Vilches, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.

- Gil, D., y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Guerra-Ramos, M. T. (2012). Teachers' ideas about the nature of science: A critical analysis of research approaches and their contribution to pedagogical practice. *Science & Education*, 21 (5), 631-655.
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y educación en ciencias basada en la indagación: aspectos de la política y la práctica*. Trieste. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Harlen, W. (Ed.). (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Sense Publishers.
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational leadership*, 16 (1), 13-16.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199806)82:3<407::AID-SCE6>3.0.CO;2-G
- Kind, V. (2014). *Science teachers' content knowledge*. In Hamsa Venkat, Marissa Rollnick, John Loughran and Mike Askew (Eds), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge. Windows into teacher thinking* (pp. 1528). New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science education*, 85 (3), 291-310.
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of research on science education*, 2, 831-879.
- McComas, W., Almazroa, H., y Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008642510402>
- Miles, E. (2010). *In-service elementary teachers' familiarity, interest, conceptual knowledge, and performance on science process skills*. (Unpublished master's

- thesis). A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science in Education, Southern Illinois University, Department of Curriculum and Instruction in the Graduate School, Carbondale.
- Millar, R. y Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future: A report with ten recommendations*. London, UK: King's College London, School of Education.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112, 29-48.
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7 (3), 203-223.
- National Research Council (Ed.). (1996). *National science education standards*. National Academy Press.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation. Recuperado en mayo de 2016 de: http://efepereth.wdfiles.com/local-files/scienceeducation/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
- Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literatura and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1049-1079. DOI: 10.1080/0950069032000032199
- Radford, D, Deture, L. y Doran, R. (1992). *A preliminary assessment of science process skills achievement of preservice elementary teachers*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (Boston, MA, March 1992)
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European commission. Community Research. Recuperado en marzo de 2014 de: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf..
- Schleicher, A. (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*. Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, France
- Shahali, E. H., Halim, L., Treagust, D. F., Won, M. y Chandrasegaran, A. L. (2015). Primary school teachers' understanding of science process skills in relation to their teaching qualifications and teaching experience. *Research in Science*

Education, 1-25. DOI: [10.1007/s11165-015-9500-z](https://doi.org/10.1007/s11165-015-9500-z) . Consultado el 21/12/ 2016 en: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11165-015-9500-z>

- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.
- Solaz- Portolés, J.J., Sanjosé, V. y Caurín, C. (2011). Cambio en las actitudes hacia el estudio de las ciencias en alumnos universitarios: efectos de usar una metodología instruccional transmisiva o una constructivista. *Omnia*, 17(3).
- Solbes, J., Vilches, A. y Gil, D. (2002). Formación del profesorado desde el enfoque CTS. En *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía* (pp. 163-175). Narcea.
- The Royal Society (1985). *The public understanding of science*. The Royal Society. London. Recuperado en noviembre 2015 de: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/1985/10700.pdf
- Vázquez-Alonso, Á., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (2013). Science teachers' thinking about the nature of science: A new methodological approach to its assessment. *Research in Science Education*, 43(2), 781-808.
- Vilches, A., y Gil-Pérez, D. (2007). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85.

Capítulo 3:

El Conocimiento Didáctico del Contenido en ciencias: Estado de la cuestión

El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión

3.1.-Introducción

Es bien conocido que tener un título o grado académico en el área de las ciencias no es por sí mismo ninguna garantía de poder enseñar ciencias de manera efectiva (Kind, 2009). Se trata de averiguar qué conocimientos son necesarios para la enseñanza, y parece ser necesario abordar esta cuestión desde una doble perspectiva. Por una parte, se han de considerar los estudios que ponen el acento en las características que debería tener un profesor para poder enseñar eficientemente (Gipps, 1999; Porter; Brophy 1988; Wragg, 1998). Por otra parte, se tiene que incidir en el conocimiento profesional del profesor, esto es, qué deben conocer y hacer los profesores, y qué categorías de conocimiento se requieren para ser competente (Bolívar, 2005).

En línea con las propuestas de cómo mejorar la competencia profesional del profesorado, Shulman (1986) introdujo el concepto de Conocimiento Didáctico del Contenido (en adelante CDC), que es la traducción más utilizada en la literatura en castellano de *Pedagogical Content Knowledge*. Para este autor, el CDC recoge lo que los profesores piensan acerca de cómo el contenido se debe enseñar, e incluye las formas de representación y la formulación de la materia que la hacen comprensible a los estudiantes. Shulman (1987, p. 8) describe el CDC como “*la especial amalgama de contenidos de la disciplina y didáctica que es exclusiva de los profesores, su propia y particular forma de conocimiento profesional*”. Como puede inferirse, el CDC es el tipo de conocimiento que distingue a un profesor de un científico y en su núcleo está la manera en que transforma los contenidos científicos (CC en adelante) para enseñarlos.

Desde su introducción, el CDC se ha convertido en una herramienta conceptual muy útil y utilizada en la enseñanza de las ciencias. Así, la organización más importante del mundo dedicada a promover la excelencia y la innovación en la enseñanza de las ciencias, la NAST o *National Science Teachers Association* (2012), y la NCATE o *National Council for Accreditation of Teacher Education* (2008), han subrayado el valor del CDC para la formación docente y desarrollo profesional docente. Es plausible imaginarse que el CDC constituye un constructo vital para la investigación del conocimiento del profesorado. Como veremos posteriormente, dicho constructo ha sido utilizado por multitud de investigadores con diferentes tipos de profesores (en ejercicio o en formación, de primaria, de secundaria, de universidad -formadores o no formadores del profesorado-) y se ha empleado para su captación entrevistas, cuestionarios, observación y registro de la práctica del profesor en el aula, listas de control, etc. Un buen ejemplo de investigación sobre el CDC nos lo ofrece el estudio de Hagevik, Veal, Brownstein, Allan, Ezrailson y Shane (2010). En dicho trabajo, se utiliza el CDC en programas de preparación de profesores de ciencias que siguen los estándares marcados por la NAST.

De la importancia del CDC da idea el abundante número de artículos publicados sobre dicho constructo desde la década de los 90, que pueden leerse en muchas de las revistas de alto índice de impacto de didáctica de las ciencias. En particular, son destacables los artículos de revisión publicados cuyo tema central o colateral es el CDC. De especial relevancia, por su profundidad, actualidad e interés son los de Hashweh (2005), Abell (2008), Park y Oliver (2008) y Kind (2009). También puede representar un índice de la trascendencia de esta cuestión el número de libros publicados sobre el CDC, que, hasta la fecha, y en las lenguas inglesa, castellana y portuguesa, son siete. Los editores y/o autores de estos libros son: Gess-Newsome y Lederman (1999); *American Association of Colleges for Teacher Education -ACCTE* (2008), Loughran, Berry y Mulhall (2012); Marcon (2013); Garritz, Lorenzo y Daza-Rosales (2014); Berry, Friedrichsen y Loughran (2015); y Grangeat (2015).

Los investigadores han utilizado el CDC como un objeto conceptual útil tanto para mejorar al profesorado en activo, como para formar a los futuros profesores. También lo han empleado para comprobar su influencia sobre el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que el CDC es un conocimiento tácito (Kind, 2009) y, consecuentemente, difícil de determinar. Pero resulta innegable que si se quiere mejorar la enseñanza de las ciencias tendríamos que ser capaces de determinar los elementos o la conjunción de elementos del CDC que hacen que un profesor sea más eficiente que otros para poder utilizarlos en la formación del profesorado.

3.2.-Propósito del estudio

Teniendo presente todo lo que se ha dicho anteriormente, que pone en evidencia la oportunidad de integrar toda la información acumulada en la literatura sobre el CDC para ponerla al alcance de los investigadores, y de mostrar las virtualidades de dicha construcción teórica, los objetivos de nuestro trabajo se centran en:

- (a) Definir el CDC, caracterizarlo, conocer sus componentes y cómo interactúan
- (b) Conocer qué papel desempeña el conocimiento de la materia de la disciplina (CC) en el CDC
- (c) Determinar las relaciones entre CDC y el aprendizaje de los estudiantes
- (d) Saber con qué instrumentos contamos para captar el CDC
- (e) Averiguar cómo se ha utilizado el CDC en la formación del profesorado
- (d) Examinar los temas científicos específicos en donde se ha intentado aprehender el CDC de profesores en formación y/o en ejercicio

3.3.-Naturaleza del CDC

3.3.1.-Definición del CDC

Pensamos que puede ser útil para captar la idea global de qué es el CDC empezar por ofrecer algunas de las definiciones -las más significativas- que se han dado para este constructo. No obstante, se ha de asumir que definir el CDC como conocimiento distinto de otras formas de conocimiento del profesor es difícil, por lo que algunas de las definiciones pueden resultar superficiales (Ball, Thames y Phelps, 2008). Comencemos por una de las definiciones que ofreció Shulman (1987, p. 8): “*El CDC representa la mezcla de contenido y pedagogía para entender cómo conceptos, temas o problemas se organizan, representan y adaptan para enseñar a estudiantes con diversos intereses y habilidades*”. Tras esta definición, hubo bastantes autores que intentaron abreviarla con especial incidencia en el concepto de transformación. En concreto, todos estos autores describieron el CDC como el conocimiento necesario para transformar el contenido (la materia a enseñar) en formas más comprensibles

para los aprendices (Carter, 1999; de Berg; Greive, 1999; Geddis, Onslow, Beynon, y Oesch, 1993; Grossman, 1990; Magnusson; Krajcik, y Borko, 1999; Marks, 1990)

A partir de aquí, se hizo más incidencia en la conceptualización del CDC en su carácter idiosincrático (Loughran, Milroy, Berry, Gunstone, y Mulhall, 2001). Un ejemplo de ello lo encontramos en la definición proporcionada por Hashweh (2005, p. 277): *“El CDC es el repertorio de contenidos personales y privados, así como de construcciones pedagógicas, que el profesor ha desarrollado como resultado de la repetida planificación y reflexión sobre la enseñanza de determinados temas”*

La última definición que damos es la de Park y Oliver (2008,), que puede resultar de mucho interés para comprender el concepto de CDC y, además, pensamos que junto a la anterior dejan entrever a qué nos estamos refiriendo cuando hablamos de CDC: *“El CDC es la comprensión y representación de cómo ayudar a los estudiantes a entender cuestiones específicas de la materia usando múltiples estrategias instruccionales, representaciones y evaluaciones, mientras se trabaja en un entorno de aprendizaje caracterizado por un determinado contexto social y cultural”* (p. 264)

3.3.2.-Componentes del CDC

Otra forma de conceptualizar el CDC, que los investigadores han utilizado muy frecuentemente, es considerarlo como un conjunto de componentes que interactúan entre sí. En los trabajos de Van Driel, Verloop y De Vos (1998) y Park y Oliver (2008) se recogen en tablas todas las propuestas de componentes integrantes del CDC formuladas por distintos investigadores desde que lo hiciera por primera vez Shulman (1986). Enumeraremos a continuación todos los componentes del CDC, que sugirieron los autores posteriores a Shulman, reunidos por Van Driel, Verloop y De Vos (1998) y Park y Oliver (2008), sin distinguir a qué autores corresponde (en los trabajos citados puede encontrarse esta información). El conjunto de componentes del CDC lo constituyen los conocimientos sobre:

- a) El propósito de enseñar un determinado tema o cuestión
- b) Dificultades que tendrán los estudiantes
- c) Currículum
- d) Estrategias instruccionales y representaciones de los contenidos
- e) Recursos instruccionales
- f) Evaluación

- g) La materia a enseñar (contenidos)
- h) El contexto de enseñanza
- i) Didáctica de la disciplina

Se ha de señalar que no para todos los autores dichos componentes están integrados en el CDC, sino que alguno de ellos lo consideran como una subcategoría aparte, aunque piensan que forman parte de la base de conocimientos del profesor. Así, por ejemplo, para Grossman (1990) el conocimiento de la materia a enseñar tendría esta consideración.

Según Fernandez-Balboa y Stieh (1995), el CDC resulta de la integración de sus diferentes conocimientos (componentes) y tiene una naturaleza genérica, en cambio la posición defendida por otros autores como Cochran, DeRuiter y King (1993), Hashweh (2005), Loughran, Berry y Mulhall (2012) y Van Driel, Verloop y De Vos (1998), pone énfasis en su alto nivel de especificidad con respecto a variables instruccionales tales como: características de los estudiantes, tema, contexto educativo y didáctica empleada.

Se han propuesto algunos modelos de componentes del CDC (Grossman, 1990; Marks, 1990), pero el modelo propuesto por Magnusson, Krajcik y Borko (1999) es, con mucho, el más utilizado en la investigación en didáctica de las ciencias (podremos comprobarlo posteriormente en los siguientes apartados). Para estos autores el CDC es un conocimiento integrado de los siguientes componentes:

- a) Orientaciones para la enseñanza de las ciencias
- b) Conocimiento del currículum
- c) Conocimiento de los estudiantes
- d) Conocimiento sobre evaluación
- e) Conocimiento sobre estrategias instruccionales

En la Figura 3.1 se recogen, tal y como lo presentaron estos autores, los componentes que integran el CDC.

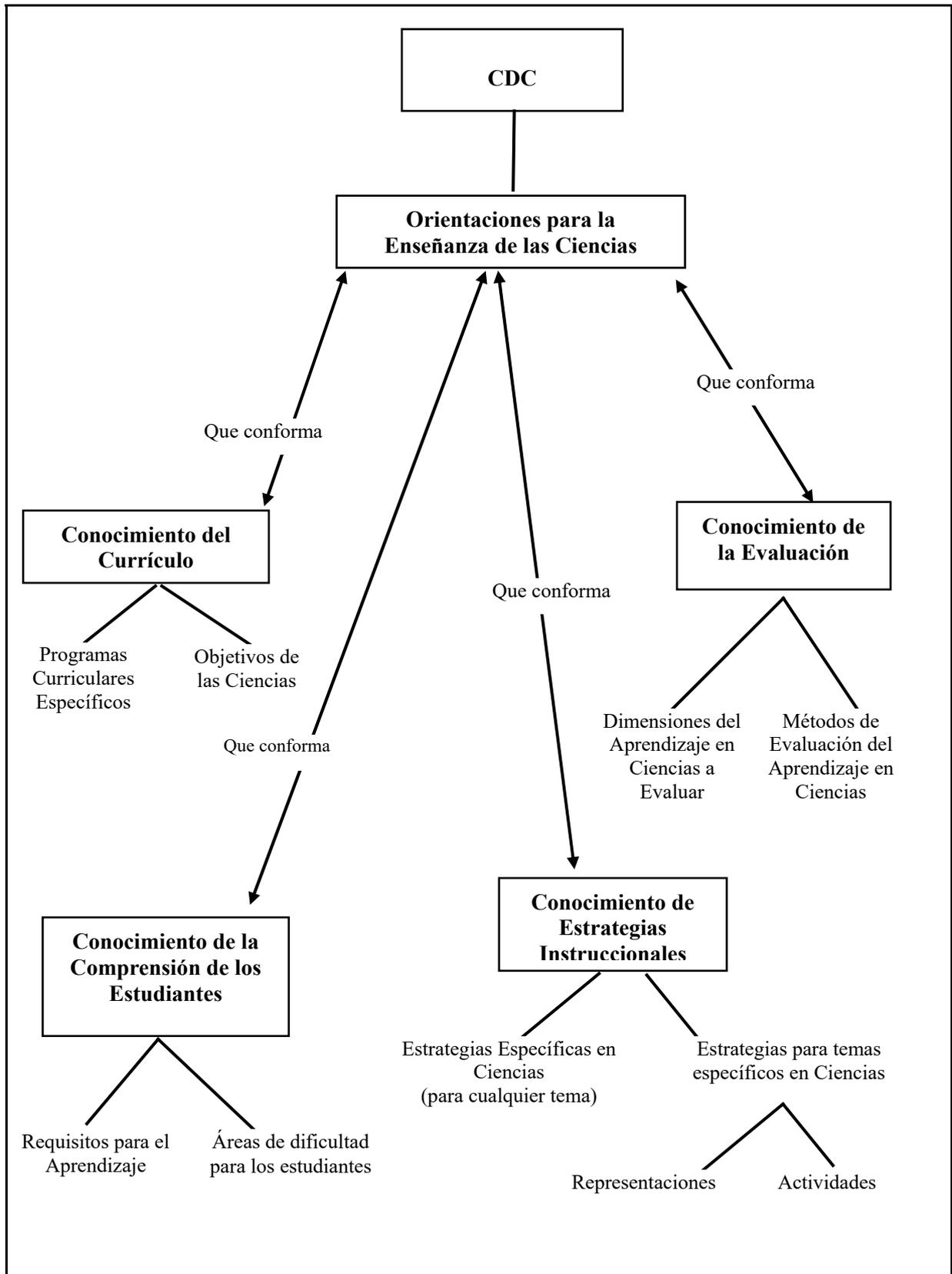


Figura 3.1. Componentes del Conocimiento Didáctico del Contenido para la enseñanza de las ciencias (Magnusson, Krajcik, y Borko, 1999).

Demos unas pinceladas para explicar, de acuerdo con las directrices de los autores, cada uno de los componentes. Orientaciones para la enseñanza de las ciencias alude al conocimiento y creencias del profesorado sobre los objetivos a alcanzar en un determinado nivel académico. Conocimiento del currículum comprende conocimientos sobre los objetivos que, de acuerdo con la normativa aplicable, se deben alcanzar, así como de los programas curriculares específicos. Conocimiento de los estudiantes incluye conocimientos sobre sus concepciones sobre temas o conceptos científicos, sus dificultades de aprendizaje, su motivación, sus estilos de aprendizaje, sus niveles de desarrollo o sus necesidades. Conocimiento sobre evaluación abarca tanto los conocimientos sobre elementos del currículum que se tienen que evaluar, como los métodos que pueden emplearse (instrumentos específicos, actividades, trabajos,...). Conocimiento sobre estrategias instruccionales engloba dos subcategorías: conocimientos sobre estrategias propias de la disciplina y conocimientos sobre estrategias específicas de un tema concreto. A su vez, los conocimientos sobre estrategias específicas de un tema concreto constan de conocimientos sobre representaciones (cómo crearlas y/o usarlas para ayudar a los estudiantes, y pueden ser analogías, modelos, ilustraciones o ejemplos) y sobre las actividades de aprendizaje más adecuadas.

En el modelo de Magnusson, Krajcik y Borko (1999) la integración de todos los componentes del CDC es muy importante para ser un profesor exitoso en la enseñanza. Sin embargo, tanto este modelo como otros anteriores tienen un gran defecto: no indican cómo interactúan los componentes unos con otros (Friedrichsen, van Driel, y Abell, 2011). Varios estudios empíricos se han centrado en encontrar las relaciones entre componentes del CDC y los analizaremos a continuación.

En el estudio de Padilla, Ponce-de-León, Rembado, y Garritz (2008) se observó que cuanto mejores son las estrategias de instrucción y más se conoce a los estudiantes, mejor se les evalúa. También se hallaron concomitancias entre el conocimiento de los objetivos (currículum) y las estrategias instruccionales. Kaya (2009) encontró correlaciones moderadas y significativas entre todos los componentes del CDC, a excepción del conocimiento sobre evaluación que no fue significativa. Padilla y Van Driel (2011) concluyeron que: a) orientaciones hacia la enseñanza está fuertemente ligada al conocimiento de estrategias instruccionales y al conocimiento de los estudiantes (particularmente sus dificultades), y también está ligado al conocimiento del currículum; y b) el conocimiento sobre evaluación está débilmente asociado con el resto de componentes. Los resultados de Park y Chen (2012) mostraron una fuerte conexión entre conocimiento del estudiante y conocimiento sobre estrategias instruccionales, en cambio, el conocimiento del currículum es el que presenta menor conexión con el resto. Concluyeron, como Henze, Van Driel y Verloop (2008), que la integración entre componentes depende del tema de que se trate. Finalmente, en el trabajo de Aydin y Boz (2013) nuevamente se pone de manifiesto que la integración de componentes es

específica para cada tema. Además, constatan que el conocimiento de los estudiantes y de estrategias instruccionales son los principales ejes de las relaciones entre componentes, y que el conocimiento sobre evaluación y currículum son los que menos influencia tienen en la conformación del CDC.

3.4.-Relación entre el CC y el CDC

Varios de los modelos formulados para el CDC engloban, como un componente integrante del mismo, al conocimiento de los contenidos o materia de la disciplina (Borko, Eisenhart, Brown, Underhill, Jones y Agard, 1992; Eraut, 1994; Grossman, 1990). En el modelo de Magnusson, Krajcik y Borko (1999, p.96 y p.108) no se menciona explícitamente el conocimiento de los contenidos disciplinarios, pero tanto cuando los autores se aproximan a la conceptualización del CDC, como cuando hablan del componente del CDC conocimientos sobre evaluación, aparece el conocimiento de los contenidos de la disciplina de forma implícita.

Algunos autores, no obstante, indican que no siempre es posible distinguir uno del otro claramente (Marks, 1990; Tobin; Tippins; Gallard, 1994). Otros estudios nos advierten que CC y CDC representan dos dimensiones singulares correlacionadas pero independientes (Kleickmann *et al.*, 2015; Krauss; Baumert; Blum, 2008; Phelps; Schilling, 2004). Diversos trabajos han analizado las relaciones entre el CC y el CDC en los profesores, veamos qué se concluye en cada uno de ellos.

Sanders, Borko y Lockard (1993) encontraron que aquellos profesores que tenían un CC elevado también tenían un mayor conocimiento de los estudiantes. Además, observaron que las limitaciones en el CC generaban problemas para determinar los objetivos del aprendizaje, los conceptos-clave, las actividades de aprendizaje más idóneas o cómo utilizar las estrategias de enseñanza más pertinentes. Carlsen (1993), por su parte, observó que los profesores con menor CC tendían a llevar a cabo actividades de menor exigencia cognitiva.

Los resultados de Özden (2008) ponen en evidencia que el CC tiene una influencia positiva sobre el CDC del profesor. El estudio de casos llevado a cabo por Rollnick (2008) le permitió comprobar la influencia decisiva del CC sobre el CDC. En coherencia con estos resultados, en la investigación de Krauss, Baumert y Boolm (2008) se concluye que los profesores con mayor CC tienen un CDC mejor y más

integrado. En el estudio cuantitativo realizado por Kaya (2009) se obtuvo una elevada, positiva y significativa correlación ($r = 0.77$, $p < 0.001$) entre el CC y el CDC.

Ingber (2009) halló que el profesorado con un CC más alto era capaz de relacionar más los conceptos de distintos temas y tenía un repertorio más amplio de recursos instruccionales. Por el contrario, el uso de una determinada metodología de enseñanza no estaba condicionado por el CC del profesor. Newton y Newton (2010) confirmaron que tener un potente CC no comporta que el profesor en el aula proponga actividades de alta exigencia cognitiva.

Finalmente, mencionar el trabajo de Rozenszajn y Yarden (2014a) con profesores de biología y matemáticas. El profesorado de ambas disciplinas consideró el CC como un componente vital en su docencia. La diferencia entre ambos grupos de profesores apareció en la interpretación de la relación entre CC y CDC. Los profesores de matemáticas se decantan hacia un modelo en que ambos están relacionados, mientras que el modelo preferido por los de biología los sitúa separados.

3.5.-CDC y aprendizaje de los estudiantes

En la investigación de Berg y Brouwer (1991) se vio que en los profesores de física de secundaria canadienses estudiados había un gran desconocimiento de las concepciones alternativas de sus estudiantes, es más, un tercio de ellos sostenían las mismas concepciones que sus estudiantes. Idénticos resultados obtuvieron Smith y Neale (1991) con profesores de la escuela primaria. Caillods, Gottelmann-Duret y Lewin (1997) revelaron en su trabajo el absoluto desconocimiento por parte de profesores con bastantes años de ejercicio profesional de las dificultades de comprensión de sus estudiantes. De hecho, estos profesores creían que las dificultades de sus estudiantes en el proceso de aprendizaje de las ciencias estaban generadas bien por su escaso interés, bien por sus escasos conocimientos matemáticos. Tobin, Tippins y Gallard (1994), en la misma línea que un trabajo anterior de Hashweh (1987), observaron que algunos profesores ofrecían explicaciones, ejemplos y analogías que reforzaban las concepciones erróneas de los estudiantes. Por todo ello, y de acuerdo con Halim y Meerah (2002), no podemos esperar que el profesorado con experiencia en la enseñanza sea capaz, por sí mismo, de mejorar sus conocimientos sobre las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes

y/o las representaciones de los contenidos que permiten facilitar la comprensión de sus estudiantes (analogías, ejemplos, etc.).

No se necesita ser muy perspicaz para intuir una clara ligazón entre CDC y aprendizaje de los estudiantes. Así, Lange, Kleickmann y Möller (2012), en un estudio de carácter cuantitativo llevado a cabo con profesores de ciencias de primaria, constataron que el CDC de los profesores estaba significativamente relacionado con el rendimiento que los estudiantes alcanzaban en la asignatura de ciencias. Gess-Newsome, Carlson, Gardner, y Taylor (2010) concluyeron que el conocimiento académico de los profesores explicaba una parte sustancial del logro de los estudiantes. Por su parte, Cross y Lepareur (2015) ofrecieron evidencias empíricas de la clara relación entre el CDC del profesor y su influencia en el aprendizaje de los estudiantes y en su motivación.

Investigaciones en el ámbito de las matemáticas revelan que diferentes componentes del CDC (orientaciones hacia la enseñanza, conocimiento de la comprensión de los estudiantes y de estrategias instruccionales) de los profesores presentan una asociación positiva con el éxito de los estudiantes (Staub; Stern, 2002; Hill; Rowan; Ball, 2005, Baumert et al., 2010). En dos tesis doctorales, la de Lenhart (2010) y la de Waller (2012), se analizó la relación entre el CDC del profesorado de primaria de matemáticas y los resultados académicos de los niños. En ambos casos apareció una correlación significativa y positiva entre ambos.

En una investigación muy rigurosa y amplia llevada a cabo en Alemania por Kunter, Klusmann, Baumert, Richter, Voss y Hachfeld (2013) se realizaron múltiples medidas relacionadas con el CDC y los resultados conseguidos por los estudiantes y su motivación. Todo esto repetido varias veces a lo largo de un año. Los modelos de ecuaciones estructurales de dos niveles revelaron los efectos positivos del CDC del profesor, entusiasmo por la enseñanza y estrategias de autorregulación, sobre la calidad instruccional del profesor, que a su vez afectó al logro de los estudiantes. Olfos, Goldrine y Estrella (2014) estudiaron cuantitativamente el efecto del CC y del CDC, así como de la experiencia profesional del profesor, sobre el aumento del rendimiento de los estudiantes. Obtuvieron que un componente del CDC (en concreto conocimiento de estrategias instruccionales, en este caso las de orientación constructivista) y la experiencia profesional estaban significativamente asociados a la mejora del rendimiento.

3.6.-Instrumentos para capturar el CDC

La complejidad del constructo que hemos denominado CDC ha comportado que los investigadores hayan utilizado metodologías diversas con el objetivo de aproximarse a un esquema estructurado del CDC. No es tarea fácil intentar una clasificación de los mismos, Kind (2009, p. 193) lo intentó con los trabajos publicados hasta la fecha en que su artículo vio la luz. Propuso dos grupos que llamó “estudios que exploran el CDC *in situ*” y “estudios que utilizan *prompts* estandarizados” para acceder al CDC. En el primer grupo se investigan cómo los profesores enseñan en el aula o en el laboratorio y se analizan, bien mediante las metodologías propias de la investigación social, bien mediante rúbricas diseñadas al efecto. En el segundo se examinan, tanto grabaciones de vídeo o transcripciones de una lección, como los cambios que se producen como resultado de alguna intervención (asistencia a un curso de formación, taller o seminario).

A tenor de los trabajos que han ido apareciendo desde entonces, nos parece más conveniente proponer una nueva clasificación de las investigaciones que han intentado acceder al CDC del profesorado según estén basadas en:

- a) Cuestionarios de lápiz y papel (con preguntas abiertas, cerradas o de ambas), como es el caso de los trabajos de: Krauss, Baumert y Blum (2008); Mavhunga y Rollnick (2012); Manizade y Mason (2011); Jüttner y Neuhaus (2013); Jüttner, Boone, Park, y Neuhaus (2013); Malcolm y Mavhunga (2015); y Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé (2016).
- b) Entrevistas y/o técnicas de observación, como pueden verse en: Park, Chen y Jang (2008); Henze, Van Driel y Verloop (2008); Gardner y Gess-Newsome (2011); Alonzo, Kobarg y Seidel (2012); Park y Chen (2012); Faikhamta y Clarke (2013); Hanuscin (2013); y Aydin y Bozb (2013).
- c) La conjunción de los dos anteriores, que puede encontrarse en: Abd-El-Khalick (2006); Käpylä, Heikkinen y Asunta (2009); y Morrison y Luttenegger (2015).

3.6.1.-CoRe, Content Representation

Dedicaremos un apartado a una herramienta para captar el CDC que ha adquirido una significación destacada en la investigación en la didáctica de las ciencias, la CoRe (*Content Representation*). Con el objetivo de representar el CDC de los profesores de ciencias sobre un determinado tema o cuestión Loughran, Mulhall y Berry (2004 y 2008) propusieron dos elementos diferentes, aunque complementarios. Estos elementos son la representación del contenido o CoRe (*Content Representation*) y el repertorio de experiencias profesionales y pedagógicas o PaP-eRs (*Pedagogical and Professional-experience Repertoires*). La CoRe representa una visión de conjunto sobre la enseñanza de un tema o aspecto específico, y recoge distintas dimensiones (y sus relaciones) de los conocimientos sobre el contenido, la enseñanza y el aprendizaje sobre dicho aspecto específico. Esto se hace a partir de un conjunto de ocho preguntas sobre la idea, cuestión o tema concreto. El PaP-ers es un informe de las prácticas instruccionales y con él se pretende clarificar aspectos del CoRe en el contexto de un aula particular. En la Figura 3.2 se ofrecen las ocho preguntas de la CoRe que aplicaron Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé (2016) para acceder al CDC de profesores de física y química de secundaria sobre pilas galvánicas

1. ¿Qué intentaría que los estudiantes aprendiesen en relación con las siguientes cuestiones de las pilas galvánicas (de la pila Daniell, por ejemplo)? a) Conducción eléctrica en cada punto del circuito cerrado que constituye la pila. b) Movimiento de iones en la pila y cantidad relativa de iones positivos y negativos en cada electrodo. c) Papel del puente salino.
2. ¿Por qué cree que es importante que los estudiantes aprendan lo que ha expuesto en la pregunta anterior?
3. ¿Qué otras cuestiones sobre pilas galvánicas considera relevantes?
4. ¿Conoce las dificultades o limitaciones que pueden producirse en la enseñanza de todos los aspectos mencionados anteriormente?
5. ¿Conoce las posibles dificultades o ideas alternativas que pueden tener los estudiantes en el aprendizaje del funcionamiento de las pilas galvánicas?
6. ¿Podrían influir otros factores a lo largo de los procesos de enseñanza y aprendizaje del funcionamiento de las pilas galvánicas?
7. ¿Qué metodología de enseñanza utilizaría para obtener el mayor rendimiento de aprendizaje de sus estudiantes?
8. ¿Cómo evaluaría si los estudiantes han comprendido realmente todos los conceptos implicados en el funcionamiento de las pilas galvánicas (en particular los implicados en las tres cuestiones indicadas al principio)?

Figura 3.2. Preguntas abiertas incluidas en la CoRe para pilas galvánicas por Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé (2016).

En los trabajos posteriores parece que dos de los autores que propusieron ambos instrumentos hacen más incidencia explícita sobre la CoRe que sobre el PaP-eRs. Esto puede verse en los trabajos de Hume (2010), Hume y Berry (2011 y 2013) y Eames, Williams, Hume, y Lockley (2011), donde el PaP-eRs queda en un segundo plano. Sin embargo, el tercer autor, Loughran, continúa dando la misma importancia a ambos (Bertram y Loughran, 2012). La relevancia de la CoRe en la investigación queda reflejada en el gran número de trabajos que la han empleado. Entre ellos podemos citar los de Espinosa-Bueno, Labastida-Pina, Padilla-Martínez y Garritz (2011), Bertram (2012), Aydin y Boz (2013), Chapoo, Thathong y Halim (2014), Aydin, Friedrichsen, Boz y Hanuscin (2014), Alvarado, Garritz y Mellado (2015) y Rollnick y Mavhunga (2016).

3.7.-El CDC en la formación del profesorado

Comenzaremos por indicar que donde más se ha investigado el CDC en la formación del profesorado es en profesores de secundaria, mucho menos se ha hecho en profesores de primaria y de universidad. Enumeraremos seguidamente las investigaciones más relevantes sobre CDC y formación del profesorado, ordenadas cronológicamente.

Talanquer (2005) describió en su estudio con profesores de secundaria en formación una actividad de carácter indagativo, relacionada con la tabla periódica de los elementos, cuyo objetivo principal era desarrollar el CDC de esos futuros profesores. En concreto observó que esta actividad permitía a estos profesores: a) integrar sus conocimientos sobre las propiedades de los elementos químicos y su periodicidad, b) identificar los puntos que los estudiantes necesitan entender para desarrollar una completa comprensión de la tabla periódica, y c) reconocer las dificultades con que las que se encontraran dichos estudiantes para interpretar la información química contenida en la tabla periódica.

Bond-Robinson (2005) expuso una experiencia de formación donde se quiso desarrollar el CDC en cuestiones relacionadas con el laboratorio de química en tres niveles, desde un nivel puramente de contenidos procedimentales (macroscópico), hasta un nivel donde se recogen razonamientos y explicaciones formales a nivel microscópico.

Abd-El-Khalick (2006) analizó las diferencias entre profesores de biología en ejercicio y en formación en un aspecto concreto del CDC: cómo abordan y estructuran los contenidos conceptuales en un determinado tema. La conclusión más destacada es que, en un tema concreto como la fotosíntesis, los profesores con experiencia ponen más énfasis en la fotosíntesis como una parte de procesos biológicos de orden superior que en los detalles más concretos.

Appleton (2008) estudió dos casos de profesores de primaria en formación inscritos en un programa de formación con la *mentorización* de un profesor universitario. El autor examina cómo se va construyendo el CDC a partir de las interacciones entre mentor y futuro profesor.

Henze, van Driel y Verloop (2008) describieron el CDC de profesores de secundaria en ejercicio en un tema (Modelos del Sistema Solar y del Universo) acabado de introducir en el currículum de su país. Los aspectos del CDC estudiados fueron: conocimientos sobre estrategias instruccionales, conocimientos sobre las dificultades de los estudiantes, conocimientos sobre evaluación y conocimientos de los objetivos a alcanzar en este tema. Sus resultados constatan que se formaron dos CDC distintos entre el profesorado participante, uno más orientado a la descripción de los modelos y el otro más orientado en la reflexión sobre la formulación de modelos en ciencias.

Lee y Luft (2008) escrutaron el CDC de profesores de secundaria expertos que actuaban como mentores de profesores de ciencias en formación. Los elementos del CDC que se tuvieron en cuenta fueron: contenidos científicos, objetivos, estudiantes, organización curricular, evaluación, enseñanza y recursos didácticos. Con la información obtenida se pretendía articular programas de desarrollo profesional de profesores de ciencias.

Etkina (2009) describe las prácticas pedagógicas de un programa de preparación de profesores de física. Dicho programa se focaliza en el crecimiento y medición del CDC, específicamente en aumentar los conocimientos sobre los cinco componentes del modelo de CDC de Magnusson, Krajcik y Borko (1999).

Abell, Rogers, Hanuscin, Lee y Gagnon (2009) usaron el constructo CDC como herramienta fundamental para proponer un modelo de desarrollo de los contenidos para la formación de profesores de ciencias. Partieron de sus experiencias como estudiantes del doctorado de didáctica de las ciencias y como mentores universitarios de profesores en formación. Acaban recomendando un estándar para la formación de educadores (profesores universitarios) de profesores de ciencias.

Friedrichsen, Abell, Pareja, Brown, Lankford y Volkmann (2009) comprobaron la integración de los cinco componentes del CDC del modelo de Magnusson, Krajcik y Borko (1999) en profesores en formación con experiencia docente y sin ella. Constataron una gran diferencia entre los que tenían experiencia docente (mayor integración) y los que no la tenían.

Park, Jang, Chen y Jung (2011) contrastaron la hipótesis de que la medida del CDC del profesorado ponía en evidencia si se estaban aplicando las reformas previstas en las enseñanzas de las ciencias. Mediante una rúbrica se evaluaron 33 sesiones instruccionales registradas en vídeo. Los resultados dieron correlaciones significativas entre las puntuaciones de CDC y las medidas de aplicación de las reformas, con lo que se confirmó la hipótesis.

Hume y Berry (2011) utilizaron la CoRe como instrumento para que los profesores en formación puedan ir (auto)-evaluando su CDC en distintos temas a medida que se están formando. Esto es, se trataría de que la elaboración de CoRes entrara a formar parte de su propia autoevaluación y, por ende, de su autoformación. Parece ser que aquí la CoRe cumple una función metacognitiva.

Mdachi (2012) destacó la importancia de poner en el centro de la evolución y mejora del CDC del profesorado de ciencias las concepciones alternativas que los estudiantes sostienen en muchos temas y cuestiones de ciencias.

Mavhunga y Rollnick (2013) dieron a conocer un intento de mejorar el CDC de profesores de química en formación en el tema de equilibrio químico. Una medida previa del CDC antes de la intervención efectuada mediante un programa de formación, y otra medida posterior del CDC, pusieron de manifiesto la mejora significativa del CDC.

Hume y Berry (2013) exploraron cómo la CoRe puede convertirse en una herramienta que ayude a mejorar los conocimientos necesarios en los profesores en su fase de formación. Esta herramienta junto con la colaboración de profesores mentores que analizan su práctica instruccional en el aula posibilita la construcción de un CDC apto para la docencia.

Faikhamta y Clarke (2013) se plantearon determinar el CDC de un profesor de futuros de profesores (profesores en formación). Para ello hicieron uso de: su programa de actuación, materiales impresos, trabajo entregado por los futuros profesores, anotaciones en el diario de registro de dichos profesores y registro en vídeo de las clases del profesor.

Rozenszajn y Yarden (2014) investigaron cómo se expandían dos dominios, los relacionados con el aprendizaje y la enseñanza, del CDC de tres profesores en ejercicio durante su asistencia a un programa de desarrollo profesional.

Barnett y Friedrichsen (2015) llevaron a cabo una completa descripción de las estrategias utilizadas por un mentor de profesores de ciencias en formación para conseguir acrecentar el CDC de dichos profesores. Se estudia cómo los mentores influyen de manera significativa en desarrollo del CDC.

3.8.-Temas donde se ha estudiado el CDC del profesorado de ciencias

Hasta donde hemos podido recabar información y, a sabiendas que seguramente no habremos sido capaces de localizar todos los temas o cuestiones científicas sobre los que se ha analizado el CDC del profesorado, ofrecemos a continuación los temas o cuestiones de ciencias que ya han sido abordados por los investigadores.

3.8.1.-De ciencias físicas (física y química)

- Halim y Merah (2002): absorción y reflexión de la luz, cambio de fase líquido-gas, disolución de un sólido en agua, y transferencia y conducción de la energía en forma de calor.
- De Jong, van Driel y Verloop (2005): modelos de partículas que ayudan a la comprensión de los estudiantes de las relaciones entre fenómenos macroscópicos y las partículas constituyentes de la materia (átomos, moléculas o iones).
- Johnston y Ahtee (2006): peso del aire
- Özden (2008): las fases de la materia.
- Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey y Ndlovu (2008): cantidad de sustancia y equilibrio químico.
- Padilla, Ponce-de-León, Rembado, y Garritz (2008): cantidad de sustancia.

- Lee y Luft (2008): movimiento parabólico, Leyes de Newton, electromagnetismo
- Henze, Van Driel y Verloop (2008): modelización en los procesos de construcción científica y modelo de Universo y Sistema Solar
- Bindernagel y Eilks (2009): modelos sub-microscópicos de la materia (modelos a partir de entidades como átomos, iones, moléculas y radicales libres).
- Jang (2010): termodinámica
- Nivalainen, Asikainen, Sormunen y Hirvonen (2010): prácticas de laboratorio de física.
- Orleans (2010): radioactividad y energía nuclear
- Nilsson y Loughran (2011): flotación y sonido
- Padilla y van Driel (2011): química cuántica.
- Alonzo, Kobarg y Seidel (2012): óptica geométrica.
- Seug, Bryan y Haugan (2012): materia e interacciones
- Loughran, Berry y Mulhall (2012): teoría de partículas, reacciones químicas, fuerzas y circuitos eléctricos.
- Aydin y Boz (2013): reacciones químicas de oxidación-reducción y pilas electroquímicas.
- Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin y Uzuntiryaki-Kondakci (2013): la naturaleza de ciencia aplicada en el caso concreto del carácter corpuscular de la materia.
- Maries y Sing (2013): cinemática
- Aydin, Friedrichsen, Boz y Hanuscin (2014): pilas electroquímicas y reacciones nucleares.
- Melo-Niño, Cañada y Mellado (2014): campo eléctrico.
- Alvarado, Garritz y Mellado (2015): ácidos y bases.

- Marshman (2015): mecánica cuántica.
- Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé (2016): pilas galvánicas.

3.8.2.-De ciencias biológicas

- Kämpylä, Heikkinen y Asunta (2009): fotosíntesis y crecimiento de las plantas
- Uşak (2009): la célula.
- Park y Chen (2012): fotosíntesis y herencia.
- Loughran, Berry y Mulhall (2012): sistema circulatorio humano y genética.
- Schmelzing, van Driel, Jüttner, Brandenbusch, Sandmann y Neuhaus, (2013): la sangre y el sistema circulatorio humano.
- Mthethwa-Kunene, Onwu y de Villiers (2015): genética.

3.9.-Conclusión

En este trabajo se han ofrecido distintas definiciones del CDC que nos permiten caracterizarlo como un constructo teórico propio del profesorado que abarca todos los conocimientos del profesor relacionados con el acto de enseñar unos contenidos particulares, a unos estudiantes específicos, y en un determinado contexto.

Por otra parte, con la finalidad de interpretar este constructo teórico, el CDC, se han planteado diferentes intentos de modelizarlo. En todos los modelos se proponen una serie de componentes del CDC. No obstante, en ninguno de los modelos de CDC propuestos sus autores se han aventurado a establecer las posibles interacciones entre sus componentes. El modelo de CDC más citado y utilizado en las investigaciones es el de Magnusson, Krajcik y Borko (1999), que consta de cinco componentes. Parece ser que son mayoritarios los estudios que ponen de manifiesto la integración de todos los componentes del CDC, además de su alto nivel de especificidad con respecto a variables instruccionales tales como características de los estudiantes, tema, contexto educativo y didáctica empleada. Las investigaciones realizadas sobre las interacciones de los distintos componentes del CDC revelan que los componentes

sobre los que pivotan todas las interconexiones entre ellos son el conocimiento sobre estrategias instruccionales y el conocimiento del estudiante.

En varios de los modelos formulados para el CDC aparecen los conocimientos de la materia a enseñar (o conocimiento de los contenidos, CC) como un componente explícito del modelo. En otros, como el de Magnusson, Krajcik y Borko (1999) aparece de una manera implícita y transversal entre los componentes del modelo. Sin embargo, en algunos estudios consideran que CDC y CC son independientes, aunque están correlacionados. Por otro lado, hay evidencias acumuladas de que el CC es un sólido pilar sobre el que se construye un adecuado CDC con una óptima integración de sus componentes.

Todas las investigaciones que han analizado los efectos del CDC sobre los resultados académicos de los estudiantes inciden en que existe una asociación significativa entre ambas variables. Los profesores con mejor CDC conducen a sus estudiantes hacia mejores calificaciones. Se destacan en esta asociación algunos componentes del CDC, en particular el conocimiento estrategias instruccionales. Además, hay efectos colaterales como el incremento de la motivación en los aprendices.

Se ha visto que son diversos los instrumentos utilizados por los investigadores para conseguir evaluar el CDC del profesorado. Nosotros hemos clasificado los trabajos en función de si los instrumentos utilizados son cuestionarios de lápiz y papel, entrevistas y/o técnicas de observación, o la conjunción de los dos grupos anteriores. Destaca, con mucho, el instrumento denominado CoRe (*Content Representation*, Representación del contenido), que ha sido utilizado por gran número de investigadores.

El CDC se perfila como una herramienta fundamental en la formación del profesorado, de acuerdo con los numerosos estudios que han utilizado instrumentos de acceso al CDC con diversas finalidades en dicha formación: evaluar al profesorado tras un periodo de formación, analizar el papel del mentor de profesores en formación, utilizarlo como elemento de autoevaluación del profesor en formación, etc.

Finalmente, hemos constatado que existe una amplia profusión de temas científicos donde se ha estudiado el CDC del profesorado (sea en ejercicio, sea en formación, o bien en los dos casos). Se ha reseñar que son bastante más abundantes los dedicados a ciencias físicas que a otras ciencias naturales.

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. (2006) Preservice and experienced biology teachers' global and specific subject matter structures: Implications for conceptions of pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 1-29.
- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Abell, S. K., Rogers, M. A. P., Hanuscin, D. L., Lee, M. H. y Gagnon, M. J. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: A model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77-93
- Alonzo, A. C., Kobarg, M., y Seidel, T. (2012). Pedagogical content knowledge as reflected in teacher–student interactions: Analysis of two video cases. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(10), 1211–1239.
- Alvarado, C., Garritz, A., y Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 603-618.
- American Association of Colleges for Teacher Education-ACCTE (2008). *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. New York: Routledge.
- Appleton, K. (2008). Developing Science Pedagogical Content Knowledge Through Mentoring Elementary Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523-545.
- Aydin, S. y Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 615-624.
- Aydin, S., Friedrichsen, P. M., Boz, Y. y Hanuscin, D. L. (2014). Examination of the topic-specific nature of pedagogical content knowledge in teaching electrochemical cells and nuclear reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 658-674.
- Ball, D. L., Thames, M. H. y Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching. What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.

- Barnett, E. y Friedrichsen, P. J. (2015). Educative Mentoring: How a Mentor Supported a Preservice Biology Teacher's Pedagogical Content Knowledge Development. *Journal of Science Teacher Education*, 26(7), 647-668.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Bektas, O., Ekiz, B., Tuysuz, M., Kutucu, E. S., Tarkin, A., y Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2013). Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge of the nature of science in the particle nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 201-213.
- Bertram, A. (2012). Getting in touch with your PCK: A look into discovering and revealing science teachers' hidden expert knowledge. *Teaching Science*, 58(2), 18-23.
- Bertram, A. y Loughran, J. (2012). Science Teachers' views on CoRes and PaP-eRs as a framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. *Research in Science Education*, 42(6), 1027-1047.
- Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. London: Routledge Press.
- Bindernagel, J. A. y Eilks, I. (2009). Evaluating roadmaps to portray and develop chemistry teachers' PCK about curricular structures concerning sub-microscopic models. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 77-85.
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(1), artículo 7. Recuperado en marzo de 2015 de: <<http://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/issue/view/2366>>.
- Bond-Robinson, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 83-103.
- Borko, H., Eisenhart, M., Brown, C. A., Underhill, R. G., Jones, D. y Agard, P. C. (1992). Learning to teach hard mathematics: Do novice teachers and their instructors give up too easily? *Journal for research in mathematics education*, 23(3), 194-222.
- Brines, A., Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Aceptado para publicación en Enseñanza de las Ciencias*.

- Caillods F., Gottelmann-Duret, G. y Lewin K. M. (1997). *Science Education and Development; Planning and Policy Issues at Secondary Level*. Paris: Pergamon/International Institute of Educational Planning.
- Carlsen, W. S. (1993). Teacher knowledge and discourse control: quantitative evidence from novice biology teachers' classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 471–481.
- Carter, K. (1990). *Teachers' knowledge and learning to teach*. En: Houston, W. R. y Sikula, M. H. J. (Eds.). *Handbook of research on teacher education*. New York: Macmillan, 291-310.
- Chapoo, S., Thathong, K. y Halim, L. (2014). Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Thailand: Understanding & Practice. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 116, 442 – 447. Recuperado en junio de 2015 de: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428/116>>.
- Cochran, K. F., Deruiter, J. A. y King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263–272.
- Cross, D. y Lepareur, C. (2015). *PCK at stake in teacher-student interaction in relation to students' difficulties*. En: GRANGEAT, M. (Ed.). *Understanding science teachers' professional knowledge growth*. Rotterdam: Sense Publishers, 47-61.
- De Berg, K. C. y Greive, C. (1999). Understanding the siphon: An example of the development of pedagogical content knowledge using textbooks and the writings of early scientists. *Australian Science Teachers' Journal*, 45(4), 19-26.
- De Jong., O., Van Driel, J. y Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.
- Eames, C., Williams, J., Hume, A. y Lockley, J. (2011) *Core: a way to build pedagogical content knowledge for beginning teachers*. Wellington: *Teaching Learning Research Initiative*. Recuperado en Septiembre de 2015 de: http://www.tlri.org.nz/sites/default/files/projects/9289_summaryreport.pdf
- Eraut, M. (1994). *Developing Professional Knowledge and Competence*. London: Falmer Press.
- Espinosa-Bueno, J. S., Labastida-Pina, D. V., Padilla-Martínez, K. y Garritz, A. (2011). Pedagogical Content Knowledge of Inquiry: An Instrument to Assess It and Its Application to High School In-Service Science Teachers. *US-China*

- Education Review*, 8(5), 599-614.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6, artículo 020110. Recuperado en marzo de 2015 de: <<http://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>>.
- Faikhanta, C. y Clarke, A. (2013). A Self-Study of a Thai Teacher Educator Developing a Better Understanding of PCK for Teaching about Teaching Science. *Research in Science Education*, 43(3), 955-979.
- Fernandez-Balboa, J. M. y Stieh, J. (1995) The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. *Teaching and Teacher Education*, 11(3), 293-306.
- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M. y Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 357-383.
- Friedrichsen P. M., Van Driel J. H. y Abell S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358–376.
- Gardner, A. L. y Gess-Newsome, J. A (2011). PCK rubric to measure teachers' knowledge of inquiry based instruction using three data sources. En: Annual Meeting of The National Association for Research in Science Teaching, Orlando, FL, Orlando: NARST. Recuperado en Agosto de 2015 de: <http://www.bsos.org/sites/default/files/_legacy/pdf/Community_Sessions_NARST2011_PCK%20Rubric%20Paper.pdf>.
- Garritz, A., Lorenzo, M. G. y Daza-Rosales S. F. (2014). *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Germany: Editorial Académica Española.
- Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C. y Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N. G. (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Boston: Kluwer.
- Gess-Newsome, J., Carlson, J., Gardner, A. y Taylor, J. (2010). Impact of Educative Materials and Professional Development in Teachers' Professional Knowledge, Practice, and Student Achievement. Recuperado en octubre de 2016 de: <https://bsos.org/primepapers>

- Gipps, C. (1999). Sociocultural Aspects to Assessment. *Review of Research in Education*, 24(1), 353–392.
- Grangeat, M. (2015). *Understanding science teachers' professional knowledge growth*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Hagevik, R., Veal, W., Brownstein, E. M., Allan, E., Ezrailson, C. y Shane, J. (2010). Pedagogical content knowledge and the 2003 science teacher preparation standards for NCATE accreditation or state approval. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 7-12.
- Halim, L. y Meerah, S. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Hanuscin, D. L. (2013). Critical Incidents in the Development of Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science: A Prospective Elementary Teacher's Journey. *Journal of Science Teacher Education*, 24(6), 933-956.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273–292.
- Henze, I., Van Driel, J. H. y Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Hill, H. C., Rowan, B. y Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371–406.
- Hume, A. C. (2010). CoRes as Tools for Promoting Pedagogical Content Knowledge of Novice Science Teachers. *Chemistry Education in New Zealand*, 121, 13-19. Recuperado en septiembre de 2015 de: <http://nzic.org.nz/chemed-nz/issue-archive/ChemEdNZ_Apr10_Hume.pdf>.
- Hume, A. C. y Berry, A. (2011). Constructing CoRes—a Strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355.

- Hume, A. C. y Berry, A. (2013). Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers Through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers. *Research in Science Education*, 43(5), 2107-2136.
- Ingber J. (2009). *A comparison of teachers' pedagogical content knowledge while planning in and out of their science expertise*. Tesis (Doctorado) - Columbia University, NY, USA. Recuperado en septiembre de 2015 de: <<http://gradworks.umi.com/33/73/3373761.html>>
- Jang, S. J. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, 61(6), 663-678.
- Johnston, J. y Ahtee, M. (2006). Comparing primary student teachers' attitudes, subject knowledge and pedagogical content knowledge needs in a physics activity. *Teaching and Teacher Education*, 22(4), 503-512.
- Jüttner, M. y Neuhaus, B. J. (2013). Validation of a Paper-and-Pencil Test Instrument Measuring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge by Using Think-Aloud Interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2), 113-125. Recuperado en Agosto de 2015 de: <<http://jets.redfame.com>>.
- Jüttner, M., Boone, W., Park, S. y Neuhaus, B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 25(1), 45-67.
- Käpylä, M., Heikkinen, J. P. y Asunta, T. (2009). Influence of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395-1415.
- Kaya O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of pre-service science teachers: 'Ozone layer depletion' as an example, *International Journal of Science Education*, 31(7), 961-988.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S., Cheo, M. y Baumert, J. (2015). Content knowledge and pedagogical content knowledge in Taiwanese and German mathematics teachers. *Teaching and Teacher Education*, 46, 115-126.

- Krauss, S., Baumert, J. y Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *ZDM Mathematics Education*, 40(5), 873-892.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J. Blum, W., Neubrand, M. y Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. y Hachfeld, A. (2013). Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805– 820.
- Lange, K., Kleickmann, T. y Möller, K. (2012). *Elementary teachers' pedagogical content knowledge and student achievement in science education*. En: Bruguiere, C.; Tiberghien, A.; Clément, P. (Eds.). E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Lyon, France: European Science Education Research Association. Recuperado en septiembre de 2015 de: <<http://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/science-learning-and-citizenship/>>.
- Lee, E. y Luft, J. A. (2008). Experienced Secondary Science Teachers' Representation of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343–1363.
- Lenhart, S. T. (2010) *The Effect of Teacher Pedagogical Content Knowledge and the Instruction of Middle School Geometry*. Tesis (Doctorado) - Liberty University, Lynchburg, Va, USA. Recuperado en junio de 2015 de: <<http://digitalcommons.liberty.edu/doctoral/363/>>.
- Loughran, J., Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2nd Edition. Rotterdam: Sense Publishers.
- Loughran J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R. y Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289–307.
- Loughran, J., Mullhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370–391.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science*

Education, 30(10), 1301–1320.

- Magnusson, S., Krajcik, L. y Borko, H. (1999). *Nature, sources and development of pedagogical content knowledge*. En: J. Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 95-132.
- Malcolm, S. A. y Mavhunga, E. (2015). *The Development and Validation of an Instrument Measuring Topic Specific PCK in Stoichiometry: Preliminary Findings*. En: 23RD Annual Conference of The Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education, Maputo, Mozambique. Maputo: SAARMSTE. Recuperado en noviembre de 2015 de: <https://www.academia.edu/10099974/The_Development_and_Validation_of_an_Instrument_Measuring_Topic_Specific_PCK_in_Stoichiometry_Preliminary_Findings>.
- Manizade, A. G. y Mason, M. M. (2011). Using Delphi methodology to design assessments of teachers' pedagogical content knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 76(2), 183-207.
- Marcon, D. (2013). *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. A Integração dos Conhecimentos do Professor para Viabilizar a Aprendizagem dos Alunos*. Caxias do Sul, RS: Educus.
- Maries, A. y Singh, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), artículo 020120. Recuperado en marzo 2015 de: <<http://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.9.020120>> .
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3–11.
- Marshman, E. (2015). *Improving the Quantum Mechanics Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge of Physics Graduate Students*. Tesis (Doctorado) - University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA. Recuperado en noviembre de 2015 de: <http://d-scholarship.pitt.edu/25547/1/emarshman_etd3.pdf>.

- Mavhunga, M. E. y Rollnick, M. (2012). *The development and validation of a tool for measuring topic specific pck in chemical equilibrium*. En: Bruguiere, C.; Tiberguien, A.; Clément, P. (Eds.). E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Lyon, France: European Science Education Research Association. Recuperado en septiembre de 2015 de: <<http://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/science-learning-and-citizenship/>>.
- Mdachi, S. J. M. (2012). Giving Thought to Students' Alternative Conceptions in Stereochemistry: One Teacher's Basis for Pedagogical Content Knowledge Improvement. *Journal of Turkish Science Education*, 9(4), 22-34.
- Morrison, A. D. y Luttenegger, K. C. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge Using Multiple Points of Data. *The Qualitative Report*, 20(6), 804-816. Recuperado en noviembre de 2015 de: <<http://www.nova.edu/ssss/QR/QR20/6/morrison1.pdf>>.
- Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O. y De Villiers, R. (2015). Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in the Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1140-1165.
- National Council for Accreditation of Teacher Education-NCATE. (2008). Professional Standards for the Accreditation of Teacher Preparation Institutions. Recuperado en marzo de 2015 de: <<http://www.ncate.org/LinkClick.aspx?fileticket=nX43fwKc4Ak%3dytabid=474>>.
- National Science Teachers Association- NAST (2012). Knowledge Base Supporting the Standards for Science Teacher Preparation. Recuperado en marzo de 2015 de: <<http://www.nsta.org/preservice/docs/KnowledgeBaseSupporting2012Standards.pdf>>.
- Newton, L. D. y Newton, D. P. (2010). What teachers see as creative incidents in elementary science lessons. *International Journal of Science Education*, 32(15), 1989–2005.
- Nilsson, P. y Loughran, J. (2011). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699–721.
- Nivalainen, V., Asikainen, M. A., Sormunen, K., y Hirvonen, P. E. (2010). Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393–409.

- Olfos, R., Goldrine, T. y Estrella, S. (2014). How Much Is Teachers' Pedagogical Content Knowledge Related to Students' Understanding of Fractions? *Revista Brasileira de Educação*, 9(59), 913-944.
- Orleans, A. V. (2010). Enhancing Teacher Competence through Online Training. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(3), 371–386.
- Özden, M. (2008). The Effect of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The Case of Teaching Phases of Matters. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 8(2), 633-645.
- Padilla, K., Ponce-de-León, A. M., Rembado, F. M., y Garritz, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- Padilla, K. y Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367–378.
- Park, S. y Chen, Y-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941.
- Park, S., Chen, Y-C. y Jang, J. (2008). *Developing measures of teachers' pedagogical content knowledge for teaching high school biology*. En: International Conference of The Association for Science Teacher Education, St. Louis, MI, USA, St. Louis: ASTE.
- Park, S., Jang, J. Y., Chen, Y. C., y Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching?: Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*, 41(2), 245-260.
- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Penso, S. (2002). Pedagogical Content Knowledge: how do student teachers identify and describe the causes of their pupils' learning difficulties? *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 30(1), 25-372.
- Phelps, G. y Schilling, S. (2004). Developing measures of content knowledge for teaching reading. *Elementary School Journal*, 105(1), 31-48.
- Porter, A. y Brophy, J. (1988). Synthesis in Research on Good Teaching: Insights from the Work of the Institute of Research on Teaching. *Education Leadership*, 48(8), 74–85.

- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N. y Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Rollnick, M. y Mavhunga; E. (2016). *Can the Principles of Topic-Specific PCK Be Applied Across Science Topics? Teaching PCK in a Pre-Service Programme*. En: Papadouris, N.; Hadjigeorgiou, A.; Constantinou, C. P. (Eds.). *Insights from Research in Science Teaching and Learning*, 2. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 59-72.
- Rozenszajn, R. y Yarden, A. (2014a). Mathematics and biology teachers' tacit views of the knowledge required for teaching: varying relationships between CK and PCK. *International Journal of STEM Education*, 1, artículo 11. Recuperado en noviembre de 2015 de: <<http://www.stemeducationjournal.com/content/1/1/11>>.
- Rozenszajn, R.; Yarden, A. (2014b). Expansion of Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) During a Long-Term Professional Development Program. *Research in Science Education*, 44(1), 189-213.
- Sanders, L. R.; Borko, H. y Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 723-736.
- Schmelzing, S., van Driel, J. H., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A., y Neuhaus, B. J. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers' pedagogical content knowledge concerning the "cardiovascular system". *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1369-1390.
- Seung, E.; Bryan, L. A. y Haugan, M. P. (2012). Examining Physics Graduate Teaching Assistants' Pedagogical Content Knowledge for Teaching a New Physics Curriculum. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 451-479.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Smith, D. C. y Neale, D. C. (1991). *The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching*. En: Brophy, J. (Ed.). *Advances in research on teaching*, Vol. 2. Greenwich, CT, USA: JAI Press, 187-243.

- Staub, F. y Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344–355.
- Talanquer, V. (2005). Recreating a Periodic Table: A Tool for Developing Pedagogical Content Knowledge. *The Chemical Educator*, 10(2), 95–99.
- Tobin, K.; Tippins, D. J. y Gallard, A. J. (1994). *Research on instructional strategies for teaching science*. En: Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan, 45-93.
- Uşak, M. (2009). Preservice Science and Technology Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Cell Topics. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 9(4), 2033-2046, 2009.
- Van Driel, J. H.; Verloop, N. y De Vos, W. (1998), Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695.
- Waller, L.I. (2012). Math Intervention Teachers' Pedagogical Content Knowledge And Student Achievement. Tesis (Doctorado) - Eastern Kentucky University, Richmond, KY, USA. Recuperado en junio 2015 de: <<http://encompass.eku.edu/etd/57>>. Recuperado en: 3 jun. 2015.
- Wragg, E. C. (1998). *Improving literacy in the primary school*. Psychology Press.

ESTUDIOS EMPÍRICOS

BLOQUE I

Evaluación del Conocimiento Disciplinar en Ciencias del Futuro Profesorado de Educación Primaria

Capítulo 4:

Pre-service Primary School Teachers' Science Content

Knowledge:

Design, Elaboration and Validation of an Instrument for its Assessment

Resumen

Se elaboró y validó un instrumento específico para evaluar el conocimiento del contenido científico de maestros de primaria en formación inicial. Una primera versión de 50 ítems de opción múltiple se elaboró a partir del análisis del contenido del currículo de Educación Primaria y de libros de texto de gran difusión. Se consideraron las 4 áreas: entorno natural y su conservación, diversidad biológica, salud y cuerpo humano, materia y energía. En su validación estadística participaron 83 maestros en formación inicial en una universidad española. Se determinó la consistencia interna (correlación test-retest), e interna (fórmula n 20 de Kurder-Richardson), la dificultad e índice de discriminación de los ítems, junto con la elección de distractores. Se realizaron algunos ajustes para sustituir algunos distractores poco funcionales y para reducir la longitud del instrumento cuyo tiempo de cumplimentación se consideró excesivo. El resultado fue una segunda versión acortada del instrumento, con sólo 30 ítems, que fue sometida de nuevo a validación. Participaron 4 muestras con un total de 756 estudiantes universitarios, futuros maestros de primaria. Los índices de dificultad y de discriminación fueron de nuevo analizados. La consistencia entre muestras fue muy buena. Finalmente, el instrumento mostró un dominio del contenido científico conceptual mejorable en estos participantes, y también la presencia en las muestras de algunos errores conceptuales o, al menos, aprendizajes incorrectos que persisten a largo plazo.

Pre-service Primary School Teachers' Science Content Knowledge: Design, elaboration and validation of an instrument for its assessment

4.1.-Introduction

Developed countries consider citizens' scientific education as essential for their development. However, it is not easy to determine what science education is, and what topics it should include. The science education benchmarks for the US (AAAS, 1993) introduced the general scientific topics considered as useful for all citizens in this country. Years later, in Lisbon 2000 the European Council agreed on the necessity of developing a knowledge-based economy. Renewing educational systems was carefully recommended in order to increase the amount of researchers in science, technology and mathematics (European Commission, 2004). In 2006, the Nuffield foundation promoted seminars on Science education in Europe. As a result, the *Science Education in Europe; Critical Reflections* report (Osborne & Dillon, 2008) argued against the 'Science for future Scientifics' goal and promoted the 'Science for all citizens' idea, in convergence with a previous Millar and Osborn's report (1998).

As a result of the debates generated, 'scientific literacy' has become one of the keywords in science education although its meaning is rather ambiguous. In this paper, we considered the one provided by Hurd (1998): Scientific literacy "(...) is seen as a civic competency required for rational thinking about science in relation to personal, social, political, economic problems, and issues that one is likely to meet throughout life." (p. 410). In this vein, Gil and Vilches (2006) claimed that the purpose of science education should be to make citizens become scientific literate people, and to enable them to actively participate in decision making. For instance, in those socio-scientific issues on which there is not a clear experts' agreement but can

seriously affect society.

Nowadays, scientific literacy seems to be far from success in many countries, as revealed by different studies. In 2007, the European Commission report highlighted that traditional formal science education had a negative impact on children's attitudes towards science (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, & Hemmo, 2007). International standardised studies, such as the Eurobarometer (Commission of the European Communities, 2005) and PISA (OECD, 2012), have also shown a comparative poor development of basic scientific competences in Secondary school students of some western countries, like Spain, despite the increasing budgets in Education.

Of course, there are many causal factors to explain these results. Improving teachers' education is probably an effective way to improve citizens' scientific literacy. Many teachers feel that they are not competent enough to be science literate and good science teachers (Morgan, 2012) although teachers' competence seems to vary across countries (see, for instance, studies done by Altun-Yalçın, Açışlı & Turgut, 2011, or Cavas, Ozdem, Cavas, Cakiroglu, & Ertepinar, 2013).

The concept of scientific literacy (Laugksch, 2000) can be arranged in assessable components. Miller (1983) established three dimensions for scientific literacy and provided the concept with a rational structure: (a) an understanding of the rules and methods of science (i.e., the nature of science); (b) an understanding of key scientific terms and concepts (i.e., science content knowledge); and (c) an awareness and understanding of the impact of science and technology on society.

In this paper, we focus on Miller's second dimension because it seems to be essential for the other two dimensions: nobody can teach what he/she does not properly know. Epistemic knowledge, involving the comprehension of the methods and rules of Science as a global enterprise, can hardly be elaborated if people have a lack of knowledge about what scientists are dealing with or what procedures they follow. Comprehending the real impact of science and technology on society seems very difficult if science content is not understood.

Teacher's content knowledge is a critical component in teaching as it affects what teachers teach and how they teach (Lewthwaite & MacIntyre, 2003). According to Kaya's (2009) study, without strong content knowledge, strong pedagogical content knowledge is impossible to achieve. Teachers need to develop knowledge, skills, and attitudes in many domains, such as subject matter knowledge, general pedagogical knowledge, knowledge of the context of learning, and pedagogical content

knowledge or knowledge that is specific to teaching a particular subject area (Goodnough & Hung, 2009). It should be noted that,

Therefore, in particular teachers, especially Primary school teachers, need to have some specific scientific skills and basic science content knowledge (Baker, 1994) to promote children's curiosity and encourage them to explore their surrounding world and develop a useful knowledge for their daily lives (Smith & Neale, 1989). They need sufficient conceptual and procedural knowledge to develop suitable attitudes towards science teaching and learning, and to elaborate certain epistemological knowledge about the nature of science (Mellado, Blanco & Ruiz, 1998). In fact, literature has shown a strong relationship between science teachers' competence and their content knowledge (Alexander, 2000).

However, some studies on primary teachers renewed the concern about their poor science background knowledge (Appleton, 2003) In particular, in countries such as Australia or Spain, it has been reported that many elementary schoolteachers do not have an adequate competence for teaching science (Campanario, 1998; Cañal, 2000; Hackling, Peers, & Prain, 2007; MacDonald & Hoban, 2009). Lack of science content knowledge is often cited as the cause of teachers' inability to teach science effectively (Fleer, 2009) and it can lead their students to misconceptions (Kaptan & Korkmaz, 2001). In the Harlen's (1997) study primary teachers expressed low confidence in teaching science, which was linked to a lack of understanding of scientific ideas. Variations in teachers' science understanding have been identified as the main factor responsible for the differences in the quality of elementary science teaching (Shallcross, Spink, Stephenson, & Warwick, 2002).

4.1.1.-Purpose of the Study

In spite of the relevance of elementary teachers' science content knowledge, there is very little research available on this issue (Diamond, Maerten-Rivera, & Rohrer, 2013). There is a dearth of research addressed to study how to improve teacher's knowledge of science content (Fleer, 2009; Macdonald & Hoban, 2009). Reform actions addressed to improve teachers' science content knowledge should start with a reliable assessment to determine their conceptual obstacles, misconceptions and difficulties, as well as their correct knowledge. At the same time, reliable assessment requires appropriate and valid instruments.

Some instruments have been proposed and used with this purpose. The National Science Foundation validated a 9-item questionnaire to assess science factual

knowledge in the US adult population (National Science Board, 2014). In Europe, similar studies have been reported (Commission of the European Communities, 2005; FECYT, 2015). Brossard and Shanahan (2006) elaborated a 31-item fill-in-the-blanks questionnaire based on scientific information frequent in mass-media. Rundgren, Rundgren, Tseng, Lin, and Chang (2010) designed the SLiM, a 50-item multiple choice instrument to assess scientific literacy in Secondary students. Science concepts were taken from textbooks and newspapers in Taiwan.

Up to our knowledge, there are not validated instruments to assess pre-service Primary School teachers' science content knowledge in Spain. Therefore, the main goal of this study is to design and to validate a tool for assessing Spanish primary school teachers' science content knowledge. The instrument should help identify pre-service Primary School teachers' misconceptions, as well as weaknesses and strengths in different science content knowledge areas. Such information could be used to develop better teacher training programmes.

4.2.-Instrument design and development

According to Jarrett et al. (2012), multiple-choice instruments are suitable for data collection in educational surveys. In order to design a multiple-choice instrument for assessing Spanish primary teachers' science conceptual knowledge, several steps were taken. First, a full revision of national curriculum documents was made to determine the main subject areas involved in Primary Science in Spain. Four areas of curricular content (or "blocks") are distinguished in national curriculum documents: natural environment and its conservation ("Environment" onwards), biological diversity ("Life" onwards), health education and the human body ("Health"), and matter and energy ("Energy"). The content in these blocks is similar to the science content recommended by the AAAS' report (1989) and it has been taken into account in other instruments, such as in Laugksch and Spargo's (1996) one.

National curriculum documents for Spanish elementary science mentioned a long list of scientific concepts. In order to keep the minimum set of concepts covering the maximum knowledge, a set of well-known and widely used textbooks in Spain were analysed. Page by page, the textbooks were carefully examined, paying attention to the expositive content as well as to the application tasks. We took into account the concept frequency and the relationship among the concepts in the main ideas of the

lessons to determine the most outstanding concepts. A set of 50 scientific concepts resulted from that analysis. Each main concept was associated to specific basic science knowledge. These concepts were considered as “core” concepts in primary school, and important for further scientific learning (propaedeutic role). Of course, these concepts should also be considered very important in the training science curriculum of pre-service primary school teachers as they will have to instruct their students in these concepts.

This set of main concepts was considered to elaborate a Primary Science Concepts Questionnaire (PSCQ-1 onwards). We covered the aforementioned four curricular blocks. The researchers elaborated the items trying to maintain the independence of the 50 concepts. In that way, answering a particular item correctly did not require knowledge of other main concepts. In order to keep conceptual knowledge independent from other types of knowledge, each item had a purely conceptual nature. Thus, giving the right answer to the items did not involve procedural skills but only definitions, knowing taxonomic or partonomic relations, application contexts, or specific functions for body organs.

Five options were provided for each item: a correct one, three distractors and an open one to be written by the participant. Instructions to fill in the instrument informed that there was only a correct option in each item. Instructions also asked students to use the open option just and only if they considered erroneous the four options provided. In that way, we could obtain feedback about possible errors in the item design, reading obstacles or if the options provided were inadequate.

The Appendix shows the resulting questionnaire PSCQ-1 (the open option in each item has been excluded for space reasons).

4.3.-Analysis of PSCQ-1

4.3.1.-Statistical calculations

The validation procedure followed two main steps. In the first step a group of three professors of various ranks, experts in science education, analysed the 50 items proposed. They should judge whether they were suitable for Primary School or not. They suggested a few changes and adjustments. According to their suggestions, some replacements and re-writing were made. In addition, two experts considered that

certain items (for instance, #8 and #21) involved geography concepts and not geology concepts, and suggested the possibility of remove them from the questionnaire. This recommendation was taken into account to improve the instrument at the end of the validation phase.

In the second step five intact groups (classroom groups formed by the university authorities) of pre-service primary school teachers from a Spanish university participated in the study. Participants were enrolled in “Science for Primary School-Teachers”, a compulsory subject. In order to assess the consistency and reliability of the questionnaire, a Test-Retest procedure was followed, with a two week delay between the first and the second administration. The Test and the Retest took place in the final quarter of the course. Participants spent around 45 minutes to fill in the questionnaire in each administration. Each item was evaluated as correct (1 point) or incorrect (0 points).

We obtained valid data from 83 male and female students, aged 19-51, with an average of 22 years old. These subjects made up our sample.

A global mean score was obtained from the 50 items taken together. In the first administration of the questionnaire, the average percentage of correct answers reached 61% corresponding to a mean score of 30.5 over 50, with a standard deviation, SD, of 6.5. The quartiles were defined by the scores 26.0; 31.0; 35.0. In the Retest, the average of correct answers was 66 percent, corresponding to a mean score of 33.0 over 50 (SD = 6.0). The quartiles were defined by the scores 28.5; 33.0; 37.0. The Kolmogorov-Smirnov test showed that both the Test and the Retest distributions were not significantly different from Gaussian distributions (Test and Retest: $p > 0.20$).

The content blocks obtained similar (normalized) mean percentages of correct answers in the first administration (from 60% in “Life”, to 65% in “Environment”), and in the Retest (from 61% in “Health”, to 68% in “Environment”).

A 2x4 Administration (Test/Retest) x Block (Environment/Life/Health/Energy) repeated measures ANOVA, was conducted. Significant differences, with a moderate to high effect size and good statistical power were obtained for the main effect of the Administration factor, i.e., the Test-Retest comparison ($F = 9.764$; $p = 0.003$; $\eta^2 = 0.14$; $P = 0.89$). Thus, Retest (second administration of the questionnaire) obtained better global score than the Test (first administration). This was probably due to the well-known “learning effect” when the same test is administered twice to the same subjects.

Significance was also obtained for the main effect of the Block factor, with a moderate effect size but with an insufficient statistical power ($F = 2.941$; $p = 0.040$; $\eta^2 = 0.13$; $P = 0.67$). Thus, once the Test and Retest scores were collapsed, there were intra-block differences. Post-hoc analysis showed the significant differences in the “Environment/ Life” ($t = 2.316$; $p = 0.024$) and “Environment/ Health” ($t = 2.477$; $p = 0.016$) comparisons.

Finally, there was not significant “Administration x Block” interaction ($p = 0.252$), so Test-Retest differences were statistically similar in the four blocks.

4.3.2.-Item difficulty indices

We also explored the difficulty index (the proportion of correct answers) of each of the 50 items in the Test and in the Retest. In the first administration (the “Test”), these indices had values between 0.12 (the most difficult one) and 0.93 (the easiest one). A 25 per cent of the items had a difficulty index lower than 0.46, and the other quarter of the items had a difficulty index higher than 0.75. In the Retest, the difficulty indices ranged from 0.09 to 0.96. A quarter of the items had a difficulty index below 0.54 and another quarter had a difficulty index over 0.82.

We can define as “normal” those items with difficulty indices within 0.65 and 0.84 (Aiken, 2003). Thus, 54 per cent were “normal items” in PSCQ-1 when Test and Retest were considered together. However, the distribution was not symmetric: only 10% were “difficult” items (i.e. difficulty index over 0.85) and 36% were easy items (i.e. difficulty index 0.65 or below). Among the “easy” items, only 10% were very easy items (difficulty index less than 0.30).

4.3.3.-Item discrimination indices

In addition, we calculated the discrimination indices, D , in a classical way. Thus, we considered the upper 27% subgroup (the subjects with the 27 per cent highest global scores) and the lower 27% subgroup in the sample. Then, for each item, we computed the difference $D_k = U_k - L_k$, where k is the particular item, U_k , is the proportion of correct answers to item k in the upper group, and L_k is the proportion of correct answers to item k in the lower group (Kelly, 1939). Answer options with positive D -values are those selected by the high-score group of students more frequently than by low-score group. Items with D -values over 0.30 are usually considered good discriminants. On the other side, D -values near to 0 indicate low o

not discrimination between high and low skilled students according to that instrument. In the first administration of the PSCQ-1, 16% of the items (#1, #9, #11, #12, #31, #43, #44 and #49) obtained low discrimination values ($D < 0.10$). The remaining items obtained good discrimination values. In the second administration (Retest) only 8% of the items (#16, #20, #24 and #31) obtained low D-values. In both administrations, none of the low discrimination items resulted of special difficulty for the subjects. These items had non-significant item-total (point-biserial) correlation values ($p > 0.10$), in coherence with their low discrimination values. Thus, in order to improve the questionnaire these items should be revised.

4.3.4.-Non-functional distractors

Non-functional distractors (NFD) have been defined by DiBattista and Kurzawa (2011) as answer wrong options in multiple-choice items obtaining very low election proportion, or a very low discrimination index. The first criterion (low election proportion) let us identify a first group of NFD: those selected by less than 5 per cent of the participants. Considering the Test and Retest together, 30 per cent of the items had two NFD, whereas 68 per cent had none or only one NFD in PSCQ-1. Detailed inspection let us split the items having more than one NFD in two different subgroups: very easy items and items pointing out some conceptual error or wrong learning. Some items were so easy (high proportion of correct answers) that the wrong options could not reach 5% in two or three distractors at the same time. The only item having three NFD (item #12) fits this case. In the other subgroup, we found items with a wrong option selected with high frequency, and then, with the other two wrong options having less than 5 per cent of selection.

The second DiBattista and Kurzawa criterion for NFD (positive discrimination) determines those distractors selected by the upper-score group of students more frequently than by the lower-score group. We detected one of this type of NFD in item #2 and another one in item #31. These wrong options selected by competent students should be reviewed. Appendix 1 shows the percentages of distractor election in every item of PSCQ-1.

4.3.5.-Internal consistency (reliability)

The PSCQ-1 is far from a “single construct” measuring instrument. Each of the 50 items involved just one concept, and these concepts were selected to be independent so that the maximum knowledge could be covered. Concepts involved can or cannot

be related in subjects' memory. Thus, item-item correlations do not necessarily have to be high or significant. Although concepts involved in the items can be considered nearly independent, reliability was measured by the Kurder-Richardson's 20th formula ("KR-20 value"). It seemed reasonable to find some significant correlations between certain items, as university students with a high level of science knowledge have usually studied various scientific subjects and, conversely, university students with a low level of science knowledge have chosen other academic options and do not probably remember much of their past knowledge, whatever the scientific conceptual block or scientific topic may be.

Reliability values were high enough in the first administration (Test: KR-20 = 0.78) as well as in the second administration (Retest: KR-20 = 0.79). Therefore, the PSCQ-1 reliability was considered enough (George & Mallery, 2003). We computed the KR-20 values when one item is removed. The KR-20 values did not change significantly and kept in the range [0.75 - 0.78] in the Test, and in the range [0.76 - 0.80] in the Retest. Hence, these results did not suggest that any item should be removed, although eliminating a couple of items would increase the KR-20 values a little bit. These results suggest that, globally, the PSCQ-1 can be used for a reliable assessment of elementary science concept knowledge of Spanish pre-service teachers.

4.3.6.-External consistency (consistency over time)

The Test-Retest correlation was used to calculate external consistency. The Pearson's correlation was high and significant for the global scores ($r = 0.89$; $p < 0.001$) so consistency was considered good enough. Regarding blocks, the Test-Retest correlations were also significant ($p < 0.001$) and high enough (from $r = 0.66$ for "Life" to $r = 0.77$ for "Energy").

Regarding between-block correlations (Tables 4.1A and 4.1B), all the Pearson's coefficients reached significance (Test: $p < 0.005$; Retest: $p < 0.001$), although the values were not very high. If we keep in mind that differences in the conceptual content of the blocks were maximised in the instrument, the values can be considered good enough.

Table 4.1A. Test: between-blocks correlation values

Pearson's coefficient	Energy	Health	Life
Health	0.49		
Life	0.38	0.35	
Environment	0.45	0.39	0.40

Table 4.1B. Retest: between-blocks correlation values

Pearson's coefficient	Energy	Health	Life
Health	0.57		
Life	0.46	0.49	
Environment	0.59	0.60	0.41

4.3.7.-Improvements made to PSCQ-1 questionnaire

In summary, the PSCQ-1 showed good consistency and suitable reliability, although some items need reconsideration. However, participants spent around 45 min to fill in the questionnaire. After completion, ten participants were selected at random and interviewed to know their opinion on the easiness, or difficulty or suitability of the questionnaire, PSCQ-1. These students agreed on the benefit of reducing the fatigue with a shorter instrument, especially if the instrument was administered with other instruments (for instance, in concomitant assessment or in correlation studies).

Second, a group of 3 university teachers, experts in science education, analysed the 50 items proposed. They should judge whether they fit the Primary school curriculum or not. They suggested that some items should be re-written to facilitate comprehension. Two experts considered that 6 items from the “Environment” block included geography concepts instead of geology or environmental concepts. So, they suggested removing them from the questionnaire.

This recommendation, together with the students’ opinion, was taken into account at the end of the validation phase in order to propose a new shorter questionnaire (PSCQ-2). Several actions were performed:

- a) Removing the “geography” items, according to the experts’ suggestion.
- b) Revising those items resulting too easy (percentage of correct answers over 0.85) or too difficult (percentage of correct answers less than 0.25) for participants.
- c) Keeping the distribution of content blocks as near as possible to the distribution of these subjects in the Spanish national curriculum documents. This implied being

aware of the relative percentage of items belonging to each content block: Environment: 22%, Life: 27%; Health: 31; Energy: 20%.

d) Revising (replacing or re-writing) the non-functional distractors.

From action (a), 6 items were removed and only 7 remained in the “Environment” content block. Therefore, and according to action (c), “Life” had to contain 8 items, “Health” 9 items and “Energy” only 6 items. Therefore, fifteen items of physics or chemistry content were removed from the “Energy” block, and one item was added to the “Health” block.

According to action (b), items having too high or too low percentage of correct answers were removed first. Finally, non-functional distractors in the remaining items were revised and some were replaced.

The resulting new version of the questionnaire, PSCQ-2, made up of 30 items, has been also included in the Appendix. A new validation process for this shorten version was initiated.

4.4.-Analysis of PSCQ-2

Throughout two different years, one by one four samples (N1= 189; N2= 185; N3= 185; N4= 197; Ntot= 756) of pre-service teachers in three public Spanish universities participated in this new validation study. Participants were all enrolled in the same university Degree with a very similar curriculum in Science (and in Science Education) subjects. Each sample was made up of intact groups, randomly chosen from at least two different universities.

The three samples were considered together in some analyses or independently in other statistical analyses (using SPSS 22.0). Results are shown and discussed below.

4.4.1.-Statistical calculations

Considering the four samples collapsed, the averaged percentage of correct answers reached 54.9% corresponding to a mean score of 16.5 out of 30, with a standard deviation (SD) of 4.2. Quartiles were defined by the scores 13.0; 16.5; 20.0. The content blocks obtained similar mean percentages of correct answers (from 49.4% in “Health”, to 57.9% in “Life”). Table 4.2 shows the mean scores and standard deviations.

Table 4.2. Mean scores (and SD) obtained in PSCQ-2 by participants in the four samples.

	“Environment” (max=7)	“Life” (max=8)	“Health” (max=9)	Energy” (max=6)	Global (max=30)
Sample1	3.9 (1.6)	4.6 (1.5)	4.5 (1.8)	3.3 (1.3)	16.3 (4.4)
Sample2	4.0 (1.6)	4.6 (1.4)	4.4 (1.8)	3.4 (1.3)	16.3 (4.2)
Sample3	4.0 (1.5)	4.7 (1.5)	4.5 (1.7)	3.4 (1.4)	16.6 (4.3)
Sample4	4,0 (1.5)	4.6 (1.5)	4.4 (1.6)	3.6 (1.3)	16.6 (4.1)
Total	4.0 (1.6)	4.6 (1.5)	4.4 (1.7)	3.4 (1.3)	16,5 (4.2)

A 3x4 Administration (sample1/sample2/sample3/sample4) X Block (Environment/ Life/ Health/ Energy) mixed ANOVA was conducted using normalized values (0-1) for block scores. The main effect of the ‘Sample’ factor was not significant ($F < 1$). Significance was obtained for the main effect of the Block factor, with a large effect size and high statistical power ($F(3,750) = 46,788$; $p < .001$; $\eta^2 = 0.16$; $P = 1.0$). Thus, once the four samples were collapsed, there were intra-block differences. Post-hoc analysis showed significant differences in the “Health/ Environment” ($t(755) = -7,785$; $p < .001$), “Health/ Life” ($t(755) = -10.774$; $p < 0.001$), and “Health/Energy” ($t(755) = -8.601$; $p < 0.001$) comparisons.

Finally, and more interesting, there was not significant “Sample x Block” interaction ($F < 1$). Therefore, inter-block differences were statistically similar in the four samples.

Regarding between-block correlations (Table 4.3), all the Pearson’s coefficients reached significance ($p < 0.01$), although the values were not high. It should be kept in mind that differences in the science content among blocks were maximised in the shorten version, PSQC-2.

Table 4.3. Between-blocks correlation values ($p < 0.01$ in all cases)

Pearson’s coefficient	Energy	Health	Life
Health	0.27		
Life	0.28	0.36	
Environment	0.28	0.29	0.24

4.4.2.-External consistency

The four different samples obtained very similar results in PSQC-2, in coherence with the ANOVA conducted before. Averages and standard deviations were very close, as shown in Table 4.2.

There were not significant differences between any couple of samples, according to the t-tests conducted ($p > 0.32$ in any case)

4.4.3.-Internal consistency

The global consistency of PSCQ-2 was $KR-20 = 0.65$, meaning a ‘questionable consistency’ according to the George and Mallery (2003; p. 231) ‘thumb’ criterion. Additional analyses showed that the KR-20 value decreased when any single item was removed. Compared to the first and longer version PSQC-1, internal consistency diminished in this second version probably due to the well-known effect of the number of items on this indicator (especially when non-discriminating items were removed, as in this case).

Therefore, PSCQ-2 is far from a “single construct” instrument. Each of the 30 items was elaborated to be independent in order to cover as much diverse science topics as possible. The diverse knowledge implied in different items seems to be weakly related in subjects’ memory, and then item-to-item correlations were not strong.

Of course, none of the content blocks considered individually obtained acceptable consistency, probably due to the low quantity of items involved ($KR-20 < 0.50$ in all cases). Therefore, the PSCQ-2 cannot provide a reliable assessment for each of the single elementary science areas considered.

4.4.4.-Item difficulty indices

After the revision made to the first version of the questionnaire PSCQ-1, we explored the difficulty of the 30-items included in the shorter version PSCQ-2. We expected that most items would have a “normal” (intermediate) difficulty. Table 4.4 shows the distribution of the item difficulty index (or percentage of success) in PSCQ-2.

Table 4.4. Distribution of the item difficulty index in PSCQ-2.

Interval	Amount of items
0-0.25 (very difficult)	2
0.26-0.45 (difficult)	5
0.46-0.65 (intermediate)	14
0.66-0.85 (easy)	7
0.86-1 (very easy)	2

Thus, 47 percent of items reached an intermediate level of success, in agreement to Garret’s (1958) and Summer’s (1959)’ thumb’ criteria (both cited in Rudramamba, 2004). The Appendix shows the percentage of global success in each of the items in PSCQ-2. (See also Table 4.5 below).

In comparison to the first version, PSCQ-1, the mean success decreased a little bit. Changes made produced a kind of “transfer” from “easy” items to “normal” items, so 50% of the items in PSCQ-1 had percentages of success in the 0.66-0.85 interval, but in the second version, PSCQ-2, near 50% of the items have percentages of success in the 0.46-0.65 interval.

4.4.5.-Item discrimination indices

We calculated again the discrimination indices, D in the same way as we did with PSCQ-1. In PSCQ-2, there was not an item with low discrimination value ($D < 0.10$) whereas 20 out of 30 appeared to be good discriminants ($D > 0.30$). The remaining items had discrimination indexes between 0.10 and 0.30. All the item-total (biserial-point) correlations reached significance ($p < 0.01$).

Discrimination indexes are related to difficulty indexes as very low or very high percentages of success are not compatible with high discrimination indexes. Table 4.5 shows the distribution of items in PSCQ-2 according to their discrimination power and difficulty indexes (see Table 4.4).

Table 4.5. Classification of items in PSCQ-2 according to the difficulty and the discrimination indexes.

Difficulty Discrimination	Very easy	Easy	Intermediate	Difficult	Very difficult
High ($D > 0.30$)	---	1, 2, 7, 10, 16, 28	3, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 26, 27	5, 24, 30	---
Fair ($0.10 < D < 0.30$)	8, 19	25	4, 14, 29	6, 12,	21, 23
Low ($D < 0.10$)	---	---	---	---	---

Most of the items considered easy or difficult had intermediate discrimination indexes showing that they were easy or difficult for most students, no matter their global performance. Some “normal” items (i.e. items with an intermediate level of difficulty) were good discriminants. That means that they did not seem “normal” to all students, but easy for the high performance sub-group, and difficult for the low performance sub-group.

4.4.6.-Pre-service Primary teachers' content knowledge

The analysis of distractors may be of great educational interest. Some items obtained low levels of success (less than 50%) so revealing a poor mastery, but not a clear conceptual error. In these items, at least two distractors obtained a high frequency compared to the one in the correct option. Items # 5 and #14 defined this group. However, in item #5 two distractors reached similar success to the correct option, while in item #14 the correct option was nearly of 50% of success and the other three distractors reached similar percentages.

Other items suggested troubling misconceptions in future teachers or, at least wrong learning. This was found because in these items typical and well-known conceptual errors were associated to distractors specifically designed to this purpose (and also included in the first version, PSCQ-1). Obviously, we expected such misconceptions would be present in a small percentage of future primary school teachers, but this was not the case in some topics. In these items, only one distractor obtained a high frequency, compared to the one in the correct option. This was the case of items #4 #6, #12, #13, #21, #23, #24, #27 and #30, for which the wrong answers concentrated on a single distractor which reached a relative high frequency. In items #6, #12, #21, #23, #24 and #30 the most chosen distractor overpassed the percentage of correct answers (see Table 4.6) thus suggesting several learning problems.

Table 4.6. Participants' most frequent errors. Percentages of election are given in brackets.

Item	Question	Frequent Error(s)	Correct Answer
#4	Which of the following statements is correct?	Minerals, like marble and granite, are very useful for construction (32%)	Rocks are made of minerals (49%)
#6	What is the name given to the groups formed by gas, interstellar dust and thousands or millions of stars?	Nebulas (50%)	Galaxies (34%)
#12	What is the name given to the leaves that form the calyx of a flower?	Petals (48%)	Sepals (29%)

#13	What is the function of the phloem in a plant	Carrying raw sap from the roots to the rest of the plant (31%)	Carrying elaborated sap from the leaves to the rest of the plant (46%)
#21	In the excretory system, what duct connects to the outside of the body?	Anus (68%)	Urethra (18%)
#23	Which organ produces bile?	Pancreas (57%)	Liver (23%)
#24	What nutritional substances, present in cereals and legumes, provide us with energy?	Proteins (52%)	Carbohydrates (30%)
#27	Which of the following statements about renewable energy sources is correct?	Thermal solar energy (...) generates electricity by means of photovoltaic solar panels (37%)	They are considered inexhaustible energy sources (48%)
#30	What colour would be obtained if all the colours of the rainbow were mixed?	Black (58%)	White (36%)

4.5.-Conclusions and implications

The main objective of this work was designing and validating an instrument to assess elementary science content knowledge in pre-service Primary School teachers. The instrument was elaborated after analysing some national curriculum documents and bestselling textbooks. This analysis resulted first in a set of 50 most-relevant selected concepts in elementary science. Each single item was elaborated using just one different concept.

At the end of the validation study we obtained suitable Test-Retest consistency and enough reliability for the PSCQ-1. However, long completion times and some other indicators provided evidence of the need to shorten the questionnaire. Some changes and adjustments were made so that it fit primary teachers' population better. Changes introduced resulted in a second, shorter version, PSCQ-2, made up of 30 multiple-choice items.

Four different samples participated in a validation study of this second version of the questionnaire. Results were very stable and suggest that PSCQ-2 would be a useful instrument to assess Spanish pre-service teachers' elementary science content knowledge. Of course, minor additional adjustments could be performed so that it fits this population better.

We expected primary school teachers would have better science content knowledge, especially when only primary concepts involved in the Spanish national curriculum

were considered in the instrument.

However, we should take into account that the present instrument has been adapted to the Spanish pre-service teacher population in some way, thus creating an “average shift” to central scores (about 55% of average success). This poor result is in line with past similar studies on teachers’ science knowledge developed in Spain (Campanario, 1998). Moreover, the lack of basic scientific knowledge is one the (self-)perceived obstacles by Spanish pre-service primary teachers (Cortés, Gándara, Calvo, Martínez, Ibarra, Arlegui, & Gil, 2012). However, Spanish results differ from the ones obtained in other countries such as Turkey (Cavas, Ozdem, Cavas, Cakiroglu & Ertepinar, 2013) or Taiwan (Chin, 2005). These authors obtained satisfactory results (M= 64% in Turkey, and M= 75% in Taiwan) in similar studies about teachers’ scientific literacy including science content knowledge.

Some items have highlighted possible pre-service teachers' misconceptions in elementary science content. For instance, as shown in Table 4.5, almost 50 percent of the subjects considered “petals” as the name of the leaves forming the calyx in a flower (the correct option, “sepals” obtained 29 percent of choice) or they said that blending the rainbow colours together results in colour “black” (58%) instead of “white” (36 percent chose the correct option). Near 68 percent wrongly chose the “anus” as a part of the excretory system connecting to the outside of the body (only 18 percent of the answers were correct: “urethra”).

Science misconceptions (and wrong learning) in teachers have been revealed in many studies conducted in different countries. Our results are consistent with previous evidence of pre-service teachers’ misconceptions and conceptual errors in different science subjects obtained in previous studies (Bisard, Aron, Francek, & Nelson, 1994; Keles, Ertas, Uzun, & Cansiz, 2010; Kikas, 2004; Schoon & Boone, 1998; Trundle, Atwood, & Christopher, 2002). In a recent review, Kind (2014) analysed studies about teacher’s subject-based misconceptions in physics, chemistry, space and Earth sciences and biology. She concluded that teachers show the same misconceptions than their students. However, she also obtained evidence of improvement of teachers’ science content knowledge as they mature and receive further in-service education. What is the reason why? Probably, most pre-service teachers enrol in the university degree with the same misconceptions as the rest of the population. At university, science subjects do not help them revisit their school science knowledge. Instead, it develops further science subjects. Therefore, poor or wrong prior learning is not re-examined and it remains for a long time.

It is always difficult to determine how to overcome such misconceptions but probably active learning methods (Michael, 2006) such as giving the students more opportunities to deal with experimental work, and engaging in inquiry learning could solve part of the problems. Of course, contrasting these conjectures requires procedural and pedagogical content knowledge in science to be assessed as well in pre-service teachers.

These facts should warn us of the way Primary School-teachers are being trained in elementary science at Spanish universities.

References

- Aiken, L. R. (2003). *Psychological testing and assessment (11th ed.)*. Boston: Allyn and Bacon.
- Alexander, P. (2000). *An investigation into teacher and student teacher confidence in their own understanding and abilities to teach science and technology in primary schools in Northern Ireland* (Doctoral dissertation). Queen's University of Belfast, Belfast, Northern Ireland.
- Altun-Yalçın, S., Açışlı, S., & Turgut, Ü. (2011). Determining the levels of pre-service science teachers' scientific literacy and investigating effectuality of the education faculties about developing scientific literacy. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 783–787. doi:10.1016/j.sbspro.2011.03.185. Retrieved October, 7, 2015 from: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428>
- American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1989). *Science for all Americans*. Retrieved October, 7, 2015 from: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1993). *Benchmarks for science literacy*. Retrieved October, 7, 2015 from: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Appleton, K. (2003). How do beginning Primary School teachers cope with Science? Toward an understanding of Science teaching practice. *Research in Science Education*, 33(1), 1-25. doi: 10.1023/A:1023666618800
- Baker, R. (1994). Teaching science in primary schools: What knowledge do teachers need? *Research in Science Education*, 24(1), 31-40. doi: 10.1007/BF02356326
- Bisard, W. J., Aron, R. H., Francek, M. A., & Nelson, B. D. (1994). Assessing selected physical science and earth science misconceptions of middle school through university preservice teachers. *Journal of College Science Teaching*, 24(1), 38–42.
- Brossard, D. & Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? Building a scientific literacy measurement instrument based on Science media coverage. *Science Communication*, 28, 47-63.
- Campanario, J. M. (1998) ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias?: Una revisión de estudios recientes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 121-140.
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización

científica en primaria. *Alambique*, 24, 46-56.

- Cavas, P. H., Ozdem, Y., Cavas, B., Cakiroglu, J., & Ertepinar, H. (2013). Turkish pre-service elementary science teachers' scientific literacy level and attitudes toward science. *Science Education International*, 24(4), 383-401. Retrieved February, 17, 2016 from: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1022326.pdf>
- Chin, C. C. (2005). First-year Pre-service Teachers in Taiwan—Do they enter the teacher program with satisfactory scientific literacy and attitudes toward science? *International Journal of Science Education*, 27 (13), 1549-1570.
- Commission of the European Communities (2005). *Europeans, Science and Technology. Special Eurobarometer 224*. Brussels. Retrieved January 9, 2016 from: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/2004/yearTo/2007/surveyKy/447/p/3>.
- Cortés, A.L., Gándara, M., Calvo, J.M., Martínez, M.B., Ibarra J., Arlegui, J. & 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.
- Croker, L. & Algina, J. (2006). *Introduction to classical and modern test theory*. Ohio: Cengage Learning.
- Diamond, B. S., Maerten-Rivera, J., Rohrer, R. & Lee, O. (2013). Elementary teachers' science content knowledge: Relationships among multiple measures. *Florida Journal of Educational Research*, 51, 1-20. Retrieved March, 14, 2016 from: <http://feraonline.org/fjer/2013/Diamond.51%281%29.pdf>
- DiBattista, D. & Kurzawa, L. (2011). Examination of the Quality of Multiple-choice Items on Classroom Tests. *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 2(2), Article 4. Retrieved October, 16, 2015 from <http://dx.doi.org/10.5206/cjsotl-rcacea.2011.2.4>.
- European Commission (2004). *Europe needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology*. Brussels. Retrieved May, 9, 2016 from: https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf
- Fleer, M. (2009). Supporting scientific conceptual consciousness or learning in 'a roundabout way' in play-based contexts. *International Journal of Science Education*, 31(8), 1069-1089. doi: 10.1080/09500690801953161

- FECYT: Fundación Española Ciencia y Tecnología 2014 (2015). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España*. Madrid. Retrieved January, 12, 2016 from: <http://www.fecyt.es/es/publicacion/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2014>.
- George, D. & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.
- Gil, D. & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53. Retrieved November, 23, 2015 from: <http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf>
- Goodnough, K. and Hung, W. (2009). Enhancing pedagogical content knowledge in elementary science. *Teaching Education*, 20(3): 229–242.
- Hackling, M., Peers, S. & Prain, V. (2007). Primary Connections: Reforming science teaching in Australian primary schools. *Teaching Science*, 53(3), 12-16. Retrieved February, 10, 2016 from: <http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2445&context=ecuworks>
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27(3), 323–337. doi:10.1007/BF02461757.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(199806)82:3<407::AID-SCE6>3.0.CO;2-G
- Jarrett, L., Ferry, B. & Takacs, G. (2012). Development and validation of a concept inventory for introductory-level climate change science. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 20(2), 25-41. Retrieved February, 14, 2016 from: <http://openjournals.library.usyd.edu.au/index.php/CAL/issue/view/490>
- Kaya, O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of preservice science teachers: ‘Ozone layer depletion’ as an example. *International Journal of Science Education*, 31, 961–988
- Keles, Ö., Ertas, H., Uzun, N. & Cansiz, M. (2010). The understanding levels of preservice teachers’ of basic science concepts’ measurement units and devices, their misconceptions and its causes. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 390-394. doi:10.1016/j.sbspro.2010.12.170. Retrieved February, 14, 2016 from: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428>

- Kind, V. (2014). Science teachers' content knowledge. In Hamsa Venkat, Marissa Rollnick, John Loughran and Mike Askew (Eds), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge. Windows into teacher thinking* (pp. 15-28). New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- Kaptan, F. & Korkmaz, H. (2001). Primary school preservice teachers' misconceptions about heat and temperature in science teaching. *Hacettepe University Journal of Education*, 21, 59-65. Retrieved February, 14, 2016 from: <http://www.efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/1030-published.pdf>
- Kelly, T. L. (1939). Selection of upper and lower groups for the validation of test items. *Journal of Educational Psychology*, 30(1), 17-24. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0057123>
- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448. doi: 10.1002/tea.20012
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C
- Laugksch, R.C. & Spargo, P. (1996). Construction of a paper-and- pencil test of basic scientific literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331–359. doi:10.1088/0963-6625/5/4/003
- Lewthwaite, B. & MacIntyre, B. (2003) Professional knowledge, interest and self-efficacy: a vignette study. *STER papers: science and technology education research papers*, 161-188. Retrieved February, 17, 2016 from: <http://researchonline.jcu.edu.au/34485/3/34485%20Lewthwaite%20and%20MacIntyre%202003%20Accepted%20version.pdf>
- Lord, F. M. (1952). The relation of the reliability of multiple-choice tests to the distribution of item difficulties. *Psychometrika*, 17(2), 181-194. doi: 10.1007/BF02288781
- Macdonald, D. & Hoban, G. (2009) Developing Science Content Knowledge Through the Creation of Slowmations. *The International Journal of Learning*, 16(6), 319-330. Retrieved January, 21, 2016 from: <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1108&context=edupapers>

- Mellado, V., Blanco, L.J., & Ruiz, C. (1998). A framework for learning to teach Science in initial primary teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9 (3), 195-219.
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, 30(4), 159-167. Retrieved November, 13, 2015 from: <http://advan.physiology.org/content/30/4/159.full-text.pdf+html>
- Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future: A report with ten recommendations*. London, UK: King's College London, School of Education.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112, 29-48.
- Morgan, A. (2012). 'Me as a Science Teacher': Responding to a Small Network Survey to Assist Teachers with Subject-Specific Literacy Demands in the Middle Years of Schooling. *Australian Journal of Teacher Education*, 37 (6). doi: <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2012v37n6.6>
- National Science Board [NSB] (2014). *Science and Technology: Public attitudes and understanding*. In *Science and Engineering Indicators 2014* (7.20-7.23). Arlington VA: National Science Foundation (NSB 14-01). Retrieved October, 15, 2015 from: <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-7/c7h.htm>
- OECD (2012). *PISA 2012 Results*. Retrieved April, 7, 2016 from: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm>
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation. Retrieved May, 5, 2016 from: http://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walweg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European commission. Community Research. Retrieved November, 15, 2015 from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Rudramamba, B. (2004). *Problems of teaching*. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation.

- Rundgren, C.J., Rundgren, S.N. C., Tseng, Y.-H., Lin, P.L. & Chang, C.Y. (2010). Are you SLiM? Developing an instrument for civic scientific literacy measurement (SLiM) based on media coverage. *Public Understanding of Science*, 20(10), 1–15. doi: 10.1177/0963662510377562. Retrieved October, 29, 2015 from:
https://www.researchgate.net/profile/Chun_Yen_Chang/publication/247156553_Are_you_SLiM_Developing_an_instrument_for_civic_scientific_literacy_measurement_%28SLiM%29_based_on_media_coverage/links/545972bd0cf2bccc4912bcee.pdf
- Schoon, K. J. & Boone, W. J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82(5), 553-568. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199809)82:5<553::AID-SCE2>3.0.CO;2-8
- Shallcross, T., Spink, E., Stephenson, P. & Warwick, P. (2002). How primary trainee teachers perceive the development of their own scientific knowledge: Links between confidence, content and competence? *International Journal of Science Education*, 24(12), 1293-1312. doi: 10.1080/09500690110110106
- Smith, D. C. & Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20. doi: 10.1016/0742-051X(89)90015-2
- Trundle, K. C., Atwood, R. K. & Christopher, J. E. (2002). Preservice teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633-658. doi: 10.1002/tea.10039

Appendix

First version PSCQ-1 questionnaire designed to assess primary teachers' science conceptual knowledge.

The correct option in each item has been highlighted (*). The percentage of subjects choosing each answer option is shown. Blank answers are not considered. (Test and Retest have been averaged).

Question	Answer options (*correct answers)	Percentage
1. Which is the characteristic of sound that tells us the difference between a high sound and a low sound?	a) Volume	1%
	b) Intensity	6%
	c) Pitch*	68%
	d) Timber	25%
2. In which medium the sound travels faster?	a) Solids*	14%
	b) Liquids	21%
	c) Gases	28%
	d) Vacuum	37%
3. What is the movement of the Earth around the Sun called?	a) Rotation	21%
	b) Precession	0%
	c) Revolution*	79%
	d) Circumference	0%
4. How long does it take the Moon to orbit the Earth?	a) 21 days	21%
	b) 28 days*	68%
	c) 365 days	6%
	d) 7 days	2%
5. Which state change of matter is produced when water vapour is cooled and become liquid water?	a) Condensation*	84%
	b) Melting	7%
	c) Solidification	9%
	d) Evaporation	0%
6. What kind of device is used for measuring wind speed?	a) Weathercock	14%
	b) Pluviometer	0%
	c) Anemometer*	49%
	d) Barometer	36%
7. Which of the following statements is correct?	a) Minerals like marble and granite are of great utility for construction	25%
	b) Rocks have low value for human beings due to their few applications	1%
	c) Rocks are made of minerals*	64%
	d) Minerals are made of rocks	8%
8. What type of relief is a gulf?	a) A steep rock face, near vertical, at the edge of the sea	4%
	b) A part of land extending into the sea	19%
	c) A portion of the ocean or sea extending into the land*	75%
	d) A piece of land nearly surrounded by water but connected to continent	2%

9. Which is the function of phloem in a plant?	a) Absorbing rays from solar light	9%
	b) Carrying elaborated sap from the leaf to the rest of the plant*	47%
	c) Carrying raw sap from the roots to the rest of the plant	30%
	d) Absorbing water and mineral salts from the soil	9%
10. Which of the next animal groups are invertebrates?	a) Birds	0%
	b) Fishes	1%
	c) Insects*	82%
	d) Amphibian	15%
11. What is the name given to the leaves that form the calyx of a flower?	a) Sepals*	31%
	b) Stamens	9%
	c) Petals	48%
	d) Corolla	11%
12. Which magnitudes or general properties does matter have?	a) Weight and area	1%
	b) Volume and mass*	94%
	c) Volume and shape	1%
	d) Mass and area	4%
13. What happens when a force is applied to an object?	a) Shape and velocity can be modified*	66%
	b) Size and shape can be modified	10%
	c) Velocity and mass can be modified	10%
	d) Mass and volume can be modified	12%
14. What kind of changes modify the composition of matter?	a) Physical changes	11%
	b) Chemical changes*	82%
	c) Biological changes	1%
	d) None. Matter does not change	6%
15. Which of the following mixtures is homogeneous?	a) Water and oil	8%
	b) Water and gas	14%
	c) Iron filing and sulphur powder	3%
	d) Water with salt dissolved*	75%
16. What is the bending of light rays when they pass from a fast medium to a slower one called?	a) Reflexion	16%
	b) Diffraction	20%
	c) Attenuation	3%
	d) Refraction*	60%
17. Which colour is obtained if all the colours of the rainbow are mixed?	a) Black	49%
	b) White*	45%
	c) Red	4%
	d) Yellow	1%
18. What is the name given to the groups formed by gas, interstellar dust and thousands or millions of stars?	a) Nebulas	50%
	b) Constellations	15%
	c) Galaxies*	34%
	d) Planetary systems	1%
19. Which planets of the Solar System are called the "rocky" planets?	a) Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune	16%
	b) Earth and Mars	19%
	c) Mercury, Venus, Earth and Mars*	55%
	d) All Solar System planets are made up by rocks	8%
20. In which region of the atmosphere is the ozone layer that protects us from harmful radiations?	a) Ionosphere	13%
	b) Troposphere	23%
	c) Mesosphere	13%
	d) Stratosphere*	49%
21. What is the name given to small natural areas where fresh water is stored?	a) Reservoirs	12%
	b) Ponds*	79%
	c) Rivers	9%
	d) Seas	0%

22. What part of a volcano is the conduit?	a) Underground pool where magma resides temporary	1%
	b) Orifice connecting volcano to the exterior	29%
	c) Pipe by which magma flows up*	70%
	d) Rocks and solid material formed when lava gets cold	0%
23. What is the earthquake's epicentre?	a) The closest point on the Earth surface to the point where the earthquake originates*	94%
	b) It is the measure of the effects produce on people, constructions and on the Earth's surface	0%
	c) It is the measure of the earthquake's size and shows the amount of energy released	0%
	d) It is the measure of the earthquake's size using the MSK scale	6%
24. What kind of rock is clay?	a) Igneous	11%
	b) Metamorphic	18%
	c) Magmatic	9%
	d) Sedimentary*	60%
25. What is climate?	a) Meteorological features occurring in a specific region over a long period of time*	72%
	b) Set of atmospheric phenomena occurring in a specific time and place	17%
	c) The estate of the atmosphere over a short period of time (e.g. from day to day or week to week)	0%
	d) The meteorological conditions produced by changes in atmospheric pressure	9%
26. Which is the vital function that flowers accomplish in plants?	a) Respiration	13%
	b) Reproduction*	79%
	c) Nutrition	3%
	d) Interaction	3%
27. In addition to water and Sun, what gas do the plants need to carry out the photosynthesis?	a) O ₂ (oxygen)	21%
	b) CO (carbon monoxide)	3%
	c) CO ₂ (carbon dioxide)*	73%
	d) N ₂ (nitrogen)	0%
28. Which of the following statements about the differences between plant cells and animal cells is correct?	a) Animal cells have mitochondria and plant cells do not	3%
	b) Plant cells contain organelles called chloroplasts that animal cells do not*	72%
	c) Plant cells do not have cellular membrane and animal cells do	23%
	d) There are no differences. All living organism are made up of the same cells	1%
29. Living things can be arranged in levels of complexity. When some tissues co-work to perform the same function, what do they form?	a) Organs*	77%
	b) Apparatus	13%
	c) Molecules	6%
	d) Interwoven systems	4%
30. Which organ is responsible for filtering the blood to remove waste substances?	a) Stomach	1%
	b) Liver	28%
	c) Kidneys*	70%
	d) Urinary bladder	1%
31. What biological kingdom do viruses belong to?	a) Fungi	7%
	b) Monera	26%
	c) Protista	38%
	d) In any kingdom*	29%

32. Where is the exchange among O ₂ and CO ₂ produced in the respiratory system?	a) Bronchi	13%
	b) Bronchioles	8%
	c) Pulmonary alveolus*	79%
	d) Trachea	0%
33. Nutrients pass into the blood in...	a) The large intestine	16%
	b) The small intestine*	56%
	c) The oesophagus	8%
	d) The stomach	20%
34. Which blood component has the function of carrying oxygen?	a) Plasma	2%
	b) Platelets	5%
	c) White cells	21%
	d) Red cells*	72%
35. What duct connects the inner body to the outside in the excretory system?	a) Ureter	11%
	b) Anus	74%
	c) Urethra*	12%
	d) Urinary bladder	2%
36. Which organs form the central nervous system?	a) The brain and the spinal cord*	60%
	b) The cerebrum and the cerebellum	9%
	c) The cerebrum, the cerebellum and the medulla oblongata	26%
	d) The sensory and motor nerves	3%
37. Which endocrine gland produces insulin?	a) Hypophysis	15%
	b) Thyroid gland	18%
	c) Pancreas*	65%
	d) Ovaries	0%
38. What is the name given to the cells resulting from the fertilization?	a) Gamete	30%
	b) Ovule	2%
	c) Spermatozoon	1%
	d) Zygote*	67%
39. Which unit can be used to measure volume instead of litres and millilitres?	a) Gram (g.)	4%
	b) Kilogram (Kg)	11%
	c) Cubic centimetre (cm ³)*	84%
	d) Metre (m)	1%
40. Which characteristic property of matter results from dividing mass by volume?	a) Hardness	1%
	b) Weight	14%
	c) Density*	84%
	d) Length	0%
41. What determines whether an element floats or sinks in a liquid?	a) Its weight compared with that of the liquid	9%
	b) Its mass compared with that of the liquid	7%
	c) Its volume compared with that of the liquid	8%
	d) Its density compared with that of the liquid*	76%
42. Which of the following statements about energy is correct?	a) It's impossible to store energy in order to use it when necessary	1%
	b) While transferring from one body to another, part of the energy is destroyed	4%
	c) Energy is created from solar rays by solar panels	20%
	d) Energy can be transferred from one body (system) to another*	73%
43. What kind of energy does a moving object have?	a) Sound energy	1%
	b) Thermal energy	5%
	c) Electromagnetic energy	4%
	d) Mechanic energy*	90%

44. Which of the following statements about renewable energy sources is correct?	a) They are considered inexhaustible energy sources*	41%
	b) They are at present time the most common energy sources	2%
	c) Thermal solar energy is an energy source that generates electricity by means of photovoltaic solar panels	50%
	d) It does not produce any kind of visual impact	7%
45. Combustion of petroleum products produces emissions of pollutant gases to the atmosphere, such as sulphur dioxide (SO ₂). What is the name of the atmospheric phenomenon resulting from the mixture of sulphur dioxide and water vapour from the atmosphere?	a) Greenhouse effect	9%
	b) Global warming	8%
	c) Acid rain*	81%
	d) Cold front	2%
46. What is the document, considered a very valuable educational instrument, where the fundamental ethical principles for Sustainable Development were established?	a) The Universal Declaration of Human Right	26%
	b) The Charter of the United Nations*	18%
	c) The Earth Charter	18%
	d) The Rio Declaration on Environment and Development	36%
47. Which movement of charged particles in a closed circuit is produced when electric current flows through it?	a) Protons flow from the positive pole to the negative pole	15%
	b) Electrons flow from the positive pole to the negative pole	34%
	c) Protons flow from the negative pole to the positive pole	8%
	d) Electrons flow from the negative pole to the positive pole*	38%
48. Which device, based on Faraday's experiments, generates electric current using a magnetic field?	a) Battery	23%
	b) Electric motor	4%
	c) Transformer	37%
	d) Dynamo*	34%
49. Which of the following methods would you use in order to separate a solid from a liquid in a hetero-geneous mixture?	a) Magnetisation	3%
	b) Distillation	11%
	c) Filtration*	78%
	d) Crystallisation	6%
50. Which of the following chemical reactions takes place without oxygen?	a) Fermentation*	61%
	b) Cellular respiration	9%
	c) Oxidation	16%
	d) Combustion	13%

Second and shorter version, PSCQ-2 questionnaire

The percentage of subjects choosing the correct option (highlighted with *) is shown. Blank answers are not considered.

Question	Answer Options (*correct answers)
1. What is the movement of the Earth around the Sun called? (70%)	a) Rotation b) Precession c) Revolution* d) Circumference
2. How long does it take the Moon to orbit the Earth? (68%)	a) 21 days b) 28 days* c) 365 days d) 7 days
3. Climate is...	(63%) a) The meteorological features occurring in a specific region over a long period of time* b) The set of atmospheric phenomena occurring in a specific time and place c) The condition of the atmosphere for a short period of time (less than 30 days) d) The meteorological conditions produced by changes in atmospheric pressure
4. Which of the following statements is correct? (49%)	a) Minerals, like marble and granite, are very useful for construction b) Rocks have a low value for human beings due to their few applications c) Minerals are made of rocks d) Rocks are made of minerals*
5. What kind of device is used for measuring wind speed? (36%)	a) Weathercock b) Pluviometer c) Anemometer* d) Barometer
6. What is the name given to the groups formed by gas, interstellar dust and thousands or millions of stars? (34%)	a) Nebulas b) Constellations c) Galaxies* d) Planetary systems
7. What part of a volcano is the conduit? (76%)	a) Underground pool where magma resides temporary b) Orifice connecting volcano to the exterior c) Pipe by which magma flows up* d) Rocks and solid material formed when lava gets cold
8. Which of the next animal groups are invertebrates? (86%)	a) Birds b) Fishes c) Insects* d) Amphibians
9. Living things can be arranged in levels of complexity. When some tissues co-work to perform the same function, what do they form? (63%)	a) Organs* b) Apparatus c) Molecules d) Interwoven systems
10. What vital function do flowers contribute to in plants? (73%)	a) Respiration b) Reproduction* c) Nutrition d) Interaction

11. In addition to water and sun, what gas do plants need to carry out the photosynthesis? (62%)	a) O ₂ (oxygen) b) CO (carbon monoxide) c) CO ₂ (carbon dioxide)* d) N ₂ (nitrogen)
12. What is the name given to the leaves that form the calyx of a flower? (29%)	a) Sepals* b) Stamens c) Petals d) Corolla
13. What is the function of phloem in a plant? (46%)	a) Absorbing rays from solar light b) Carrying elaborated sap from the leaves to the rest of the plant* c) Carrying raw sap from the roots to the rest of the plant d) Absorbing water and mineral salts from the soil
14. What biological kingdom do viruses belong to? (49%)	a) Fungi b) Monera c) Protista d) No kingdom*
15. Which of the following statements about differences between plant cells and animal cells is correct? (55%)	a) Animal cells have mitochondria and plant cells do not b) Plant cells contain organelles called chloroplasts that animal cells do not* c) Plant cells do not have cellular membrane and animal cells do d) There are no differences. All living organism are made up of the same cells
16. Where is the exchange between O ₂ and CO ₂ produced in the respiratory system? (67%)	a) Bronchi b) Bronchioles c) Pulmonary alveolus* d) Trachea
17. Which organ is responsible for filtering the blood to remove waste substances? (64%)	a) Stomach b) Liver c) Kidneys* d) Urinary bladder
18. Which blood component has the function of carrying oxygen? (56%)	a) Plasma b) Platelets c) White cells d) Red cells*
19. What is the name given to the cells resulting from fertilization? (86%)	a) Gamete b) Ovule c) Spermatozoon d) Zygote*
20. Most nutrients pass into the blood in... (51%)	a) The large intestine b) The small intestine* c) The oesophagus d) The stomach
21. In the excretory system, what duct connects to the outside of the body? (18%)	a) Ureter b) Anus c) Urethra* d) Urinary bladder
22. Which organs form the central nervous system? (50%)	a) The brain and the spinal cord* b) The cerebrum and the cerebellum c) The cerebrum, the cerebellum and the medulla oblongata d) The sensory and motor nerves
23. Which organ produces bile? (23%)	a) Pancreas b) Stomach c) Small intestine d) Liver*

24. What nutritional substances, present in cereals and legumes, provide us with energy? (30%)	a) Lipids b) Proteins c) Carbohydrates* d) Mineral salts
25. Which of the following methods would you use in order to separate a solid from a liquid in a heterogeneous mixture? (78%)	a) Magnetisation b) Distillation c) Filtration* d) Crystallisation
26. What is the bending of light rays called when they pass from a fast medium to a slower one? (63%)	a) Reflexion b) Diffraction c) Attenuation d) Refraction*
27. Which of the following statements about renewable energy sources is correct? (48%)	a) They are considered inexhaustible energy sources* b) They are at present time the most common energy sources c) Thermal solar energy is an energy source that generates electricity by means of photo-voltaic solar panels d) It does not produce any kind of visual impact
28. What kinds of changes modify the composition of matter? (66%)	a) Physical changes b) Chemical changes* c) Biological changes d) None. Matter does not change
29. What characteristic of sound tells us the difference between a high sound and a low sound? (53%)	a) Volume b) Intensity c) Pitch* d) Timber
30. What colour would be obtained if all the colours of the rainbow were mixed? (36%)	a) Black b) White* c) Red d) Yellow

Capítulo 5:

Is Digital Literacy Improving Science Education?

**An exploratory study with
pre-service Spanish primary teachers**

Resumen

En el capítulo anterior hemos evaluado el conocimiento del contenido conceptual de los estudiantes del Maestro en la universidad, en tanto que futuros maestros, atendiendo a los contenidos de ciencia elemental que se exigen en la etapa de educación primaria. En este capítulo se realiza una segunda evaluación convergente del conocimiento científico de futuros maestros en tanto que personas adultas cultas, supuestamente atentas a las noticias que aparecen en los medios de comunicación de estos tiempos, es decir, los digitales.

Los medios de comunicación, y especialmente los digitales, se han convertido en una importante herramienta de alfabetización y se ha incrementado su uso en las aulas con propósitos educacionales. Los expertos se refieren a ello como «educación a través de los medios». Esto es de gran interés en la alfabetización científica y Brossard y Shanahan (2006) desarrollaron un instrumento para evaluar una de las dimensiones de la alfabetización científica definidas por Miller: la comprensión de los términos científicos y los conceptos básicos de la ciencia. Seleccionaron una lista de términos científicos del Oxford Dictionary of Sciences (Isaacs, Daintith, & Martin, 1999). Luego, atendieron a su presencia en los periódicos internacionales más importantes. Los 31 términos más frecuentes fueron incluidos en el instrumento. En este estudio cuantitativo analizamos la relación entre los medios de comunicación digitales españoles y la alfabetización científica en profesores de educación primaria en formación (N=189). Los resultados mostraron que estos estudiantes universitarios tienen un nivel de conocimiento de los conceptos más bajo que los obtenidos por Brossard y Shanahan en EEUU. El conocimiento de conceptos no correlacionó con la frecuencia de aparición en los periódicos digitales españoles considerados. Las conclusiones sugieren que los participantes no usan los periódicos digitales para mejorar su educación científica, por lo que es necesario cambiar el uso que los estudiantes hacen de los medios digitales de un propósito lúdico a uno educativo.

Is digital literacy improving science education? An exploratory study with pre-service Spanish primary teachers

5.1.-Introduction

Mass media are frequently considered as important tools for literacy, not only in informal or non-formal contexts (Ingle, 1974; Aparici, 2005) but also in educational formal contexts as the classrooms (López, 2003; Wellington, 1991). ICT have improved the citizens' access to information and have fostered communication in such a way that experts refer to *media literacy* to account for people's ability to access, analyse, assess and produce electronic media as well as printed media (Aufderheide & Firestone, 1993; Martinsson, 2009; Wilson et al., 2011, p.16).

In the last years, traditional media have used Internet as a new channel for diffusion purposes among the younger generations. Most newspapers offer digital versions with the advantage of immediacy to their readers. Readers' preferences are changing so fast that some authors have pointed out that these digital channels will substitute the traditional ones in a short time (Casero-Ripollés, 2012).

However, accessing to information and facilitating citizens' communication does not guarantee their education. High levels of media literacy could be associated to low instructional levels and so, to limited possibilities for personal development or social participation in important decisions.

5.1.1.-Scientific literacy through mass media

Optimizing the mass media use in the classrooms for educational purposes leads to an emergent and very interesting educational field (Brown, 1998). Experts refer to as *education through mass media*. Using mass media with educational purposes let

teachers deal with daily questions in order to create reflective citizens able to face the big world-wide problems and actively engaged in decision processes.

Even though some researchers have pointed out the teachers' low use of mass media to reach their educational goals (Ronda, 2002), the new generations of teachers frequently use daily news to bring world problems into the classrooms (Hobbs & Jensen, 2009), so linking education to real life situations. An important part of citizens' education is scientific literacy, strongly associated to basic science education goals (Gil & Vilches, 2006). Scientific literacy (...) *is seen as a civic competency required for rational thinking about science in relation to personal, social, political, economic problems, and issues that one is likely to meet throughout life* (Hurd, 1998, p. 410).

More and more science teachers use mass media as an educational tool, especially those in digital format. For instance, Alvarez (2007) proved the effectiveness of using newspapers in the classroom comparing an alternative instructional methodology to another, traditional one based on expositive procedures. Environmental attitudes and concept knowledge, as well as knowledge on environmental problems were evaluated in pre-service primary teachers. Statistical tests showed that the experimental group scored significant higher than the control group in concept knowledge and environmental attitudes.

Taking into account this increasing interest of the mass media about the citizens' scientific literacy, Brossard and Shanahan (2006) developed an instrument to evaluate the level of knowledge in one of the Miller's scientific literacy dimensions: understanding of scientific terms and basic science concepts. These authors focused on scientific terms or concepts very frequent in mass media, so citizens in general should know. First, 185 terms were randomly selected from the Oxford Dictionary of Sciences (Isaacs, Daintith, & Martin, 1999). Next, each of these terms was classified according to their level of presence in the most important in the international newspapers in the world. For that purpose, they use the Lexis-Nexis database (www.lexisnexis.com). Finally, Brossard and Shanahan selected the most frequent terms in these newspapers and then built a 31-item questionnaire. Each item consists in a sentence defining one of the concept (or term) in a standard scientific way. The answer has to be provided by filling in the blank with the particular term. The questionnaire was validated in the USA using a sample of 120 university students in science and social university grades. Results were compared to other results obtained using the Science National Foundation instrument. This comparison showed a positive relationship between the scientific literacy associated to mass media terms

and the scientific literacy associated to the classroom, when controlling for age, gender and level of education in science. However, there was not a clear evidence of the relationship between the level of newspapers use or TV exposition and the level of scientific literacy.

5.1.2.-Aims and hypotheses

In this paper, we aimed at studying the relationship between Spanish digital mass media and scientific literacy in pre-service primary teachers.

In order to reach this goal, we will develop three tasks:

T1.-We will use the Brossard and Shanahan instrument (MSL; see Appendix) to obtain individual scores of knowledge on basic scientific terms present in important international newspapers. In that way, we can assess the level of scientific literacy among Spanish educated adults, non-specialists in science.

T2.-We will account for the presence of scientific terms in important Spanish digital newspapers. For that purpose, we will explore digital newspapers to obtain the scientific terms frequency by selecting those news with scientific content including each of the terms in MSL.

T3.-Finally, we have to associate the occurrence of scientific terms in digital newspapers to the level of term knowledge among the considered population. We will use statistics to assess the significance of the relationship between term frequency and term knowledge.

Our hypotheses can be formulated as follows:

H1: Pre-service primary teachers are educated people as university students should be. Therefore, if we considered only basic scientific terms (concepts) frequent in mass media, those students would show a high level of knowledge and thus, a high level of scientific literacy.

H2: If digital newspapers are taken by students as a source of science content information, then the more frequent a term or concept in those newspapers, the higher knowledge among the participants about this term.

From previous exposed ideas, we can infer that citizen's scientific literacy could be improved if primary teachers learnt how to use mass media with educational purposes. Actual pre-service primary teachers usually are young university students

having high level of mass media literacy. In addition, even though they are not specialists in science, they are supposed to be educated people with basic science knowledge as they have studied several courses on this subject. As young people in a developed western country, they are digitally literate students, and so online newspapers as well as social networks could become sources of scientific information, in addition to books and teachers in the classrooms.

5.2.-Materials and Methods

5.2.1.-Sample

A total of one hundred eighty nine, male and female undergraduate students, at the third year in the pre-service primary teacher training grade, answered the questionnaire. The University was placed in one of the main Spanish cities. The grade is based on EU guidelines for university degrees. Students' ages ranged from 19 to 52 years old but, as Figure 5.1 shows, 90% of the study population were students aging 18 to 25, and 64% were 20-22 years old.

5.2.2.-Data collection

5.2.2.1.-Procedure to obtain the MSL data

The instrument developed by Brossard and Shanahan (MSL) was translated into Spanish without any suppression or arrangement. It was administered to every intact group of participants in normal class sessions. Only 20 min were needed to the 31 items of 'filling-in the blanks' nature. Instructions were delivered in a different sheet and they were read aloud. After solving a few minor doubts, the instrument MSL was delivered to students. Every single item was scored as 0 (error or no answer) or 1 (correct answer). The possible maximum score was 31. For every participant, the MSL mean score was obtained (between 0 and 1). When it was considered appropriate, mean scores for every item in the sample were also computed.

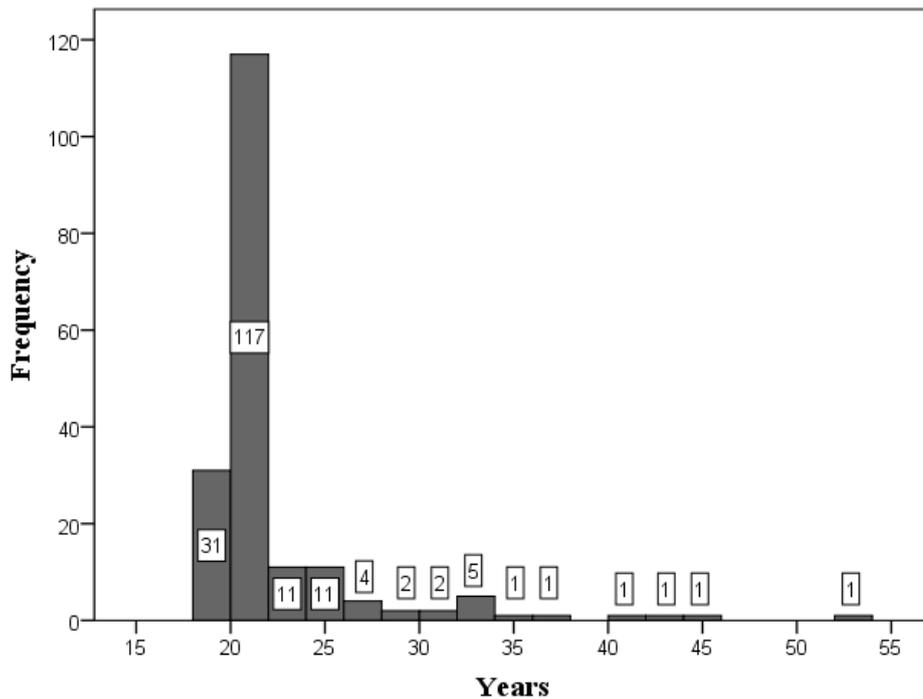


Figure 5.1: Age distribution in the sample

5.2.2.2.-Term frequency in Spanish digital newspapers

The MSL scientific literacy test uses the 5% most cited scientific and technical terms in “major newspaper” as reported by Lexis-Nexis database. However, how frequent are these terms in Spanish digital media? To answer this question, we carried out a search of every one of these terms on the three main online digital Spanish newspapers. The selection of the digital newspapers was done according to the data provided by the *ComsCore company* (<http://www.comscore.com>), which measures and analyses audience of digital media. These data were also published in several digital media ([público.es](http://publico.es) and elmundo.com). On February 2014, the digital newspapers in Spain with the highest level of readership were ElMundo.es, ElPais.com and ABC.es. Therefore, the question asked before is simplified now: How frequent are the terms in the MSL questionnaire in these three Spanish digital newspapers?

We established a time interval to keep terms searching in reasonable boundaries. Taking into account the typical age in our sample, we chose a 5 year window for this interval because five years ago, the youngest students in our sample became adults and start to gain interest for information. This period covers the last five years of news stories, from January 2009 to December 2013.

Some potential problems that might influence the results were identified. Brossard and Shanahan (2006) excluded some ambiguous terms in their study. In the same way, when we translated some terms into Spanish they became polysemic, as they could be used in other context than scientific. For instance, *Luna* (Moon) can be the Earth's satellite or a Spanish surname; «Tornado» in Spanish is also a verbal form having the meaning «(has) become», «(has been) transformed», etc. We did not exclude any term but searched carefully in the digital newspapers to identify news including the undesired meaning.

There were important differences among the searching engines provided by each digital newspaper. These differences implied different strategies and procedures to exclude inappropriate meanings from the corpus.

«ABC.com» - This search engine allowed a careful search. The search depended on whether the term had other meaning apart from the scientific one or not. If so, the term was introduced as keyword and one or two additional «neighbour» words were introduced to better delimit the context (e.g. «ray» was searched together with «storm» and «thunder»). If the term had a unique scientific meaning (e.g. «protein»), we did a simple search using the specific term as a keyword. The news were ordered by relevance, based on the position of the searched word on the text, and date. Only the national edition was considered but not the local or regional ones.

«Elmundo.es» - This newspaper has advance searching engine, but in contrast with the previous case, it is not possible to introduce any other word than the requested one to specify the context. This implied difficulties to isolate news with the desired meaning and long searching times to avoid the ones using a particular term in a non-scientific alternative meaning.

«Elpais.com» - The searching engine in this digital newspaper is quite simple so the searching process was time demanding. The list of results can be ordered by date or coincidence, first showing those news containing more times the searched word. For each term, we had to determine the threshold level of coincidence beyond which the system discriminated the news contained the concrete word from others containing words in the same lexical family (i.e. «infection», but not «infectious»). Once established this threshold value, we organized the list of news by coincidence value and counted the news above the threshold in the interval 2009 to 2013.

In some terms the percentage of coincidence was not clearly defined. In those cases, the list of out coming news was ordered by date and we checked one per one the

news searching for the term in its scientific meaning. Again, we excluded news with the particular term having a non-scientific meaning.

5.3.-Analysis and Results

5.3.1.-Pre-service primary teachers' knowledge of scientific concepts present in mass-media

The global mean score (and standard deviation) for the group of participants was $X=0,44$ ($SD=0,14$). Quartiles were placed on 0,33, 0,42 and 0,52 scores. About 95% of participants obtained an average between 0,16 and 0,71 and only 5 students scored over 0,70. These results can be compared to the results obtained in USA with a sample composed by science and social undergraduates ($X=0,54$; $SD=0,17$). Although our participants' global knowledge about the scientific terms included in MSL was unsatisfactory, according to the expected result in university students, it was not so different from the USA sample, which included science students also.

The instrument consistency was high enough as the Kuder-Richardson's 20th-formula value was 0,71. Further item analysis let us appreciate items having high averages and other with very low average. We also computed discrimination indexes, D , by means of the usual procedure: we considered the 27% upper global score (in MSL) sub-group of students, to the 27% lower global score sub-group of students. For each item, its D -value is obtained by subtracting the lower sub-group average of the upper sub-group average in this particular item. Twelve items resulted in D values under 0,30 so having low discriminating power. Six of these 12 items were "difficult" items even for the high global score sub-group (upper sub-group score less than 0,30) and 4 were "easy" items as the lower sub-group of students obtained high scores in them (lower sub-group score above 0,70). These 12 items obtained low item-total correlations and so, participants' knowledge about these terms resulted disconnected from the rest in the instrument.

Table 5.1: Data obtained for each term.

Term	Mean	SD	D-values	Term	Mean	SD	D-values
Nova	,31	,46	,55	Proteins	,22	,41	,30
Genetic engineering	,19	,39	,23	Nuclear weapons	,55	,50	,54
Microprocessor	,22	,42	,30	Tornado	,74	,44	,13
Compact disc	,59	,49	,54	Lightning	,79	,41	,15
LSD	,25	,43	,53	Sulphur	,53	,50	,48
Gill	,74	,44	,46	Watt	,36	,48	,57
Aluminium	,24	,43	,42	World Wide Web	,38	,49	,38
Fiber optic	,03	,18	,09	Electronic mail	,48	,50	,15
Bacteria	,08	,27	,20	Gram	,46	,50	,31
Infection	,18	,39	,31	Petroleum/ Oil	,42	,50	,67
Irrigation	,58	,50	,10	X-rays	,62	,49	,56
Earthquake	,98	,13	,04	Satellite	,72	,45	,42
Hurricane	,50	,50	,40	Solar energy	,26	,44	,11
Asbestos	,07	,26	,19	Temperature	,10	,30	,08
Moon	,96	,19	,11	Vaccination	,37	,48	,46
Flora	,61	,49	,44				

5.3.2.-Presence of the scientific terms in Spanish digital newspapers

Term frequency in the considered Spanish digital newspapers was not balanced in all cases: there were differences among the three newspapers in some terms, more frequent in one digital newspaper than in the others. Differences varied from just a few to several thousand and increased in those terms having more widespread use (e.g. «gram», «petroleum/oil» or «temperature»). The total item frequency was calculated by adding the frequencies in each newspaper. There were also great differences among terms, from $f = 48$ («asbestos») to $f = 20678$ («temperature») as some terms have an extensive use and they were quite common in dairy news, while others appear just in a few news stories in the last five years. Therefore, some of the scientific terms selected by Brossard and Shanahan as being very frequent in international important newspapers, resulted not so frequent in the most read Spanish digital newspapers, in the 5-year period considered.

Figure 5.2 shows the accumulated term frequency in the considered digital newspapers. We split the terms in two groups ('high level' and 'low level' frequency) according to the median total frequency ($M = 1286$). It seemed appropriate to use the median instead of the average ($X = 3234$), due to the wide

range covered by the values, as average is very sensible to extreme values. In fact, the standard deviation from frequency average was also very high (SD= 4462), greater than the mean value. This is a measure of the vast dispersion in frequency values.

Term frequency was distributed in a way that did not significantly differ from a normal distribution, according to the Kolmogorov-Smirnov test ($Z= 1,322$; $p= ,061$). However, the significance was marginal and close to the standard limit ($p= ,050$). Taking this into account, together with the huge variability in the frequency, in some analyses we considered the logarithm of the frequency values, as usual when data differences involve more than one order of magnitude. Log-frequency values distributed closer to a Gaussian curve (K-S; $Z= 0,623$; $p= ,833$) and ranked from 1,68 to 4,32 with an average (and SD) of 3,07 (0,72).

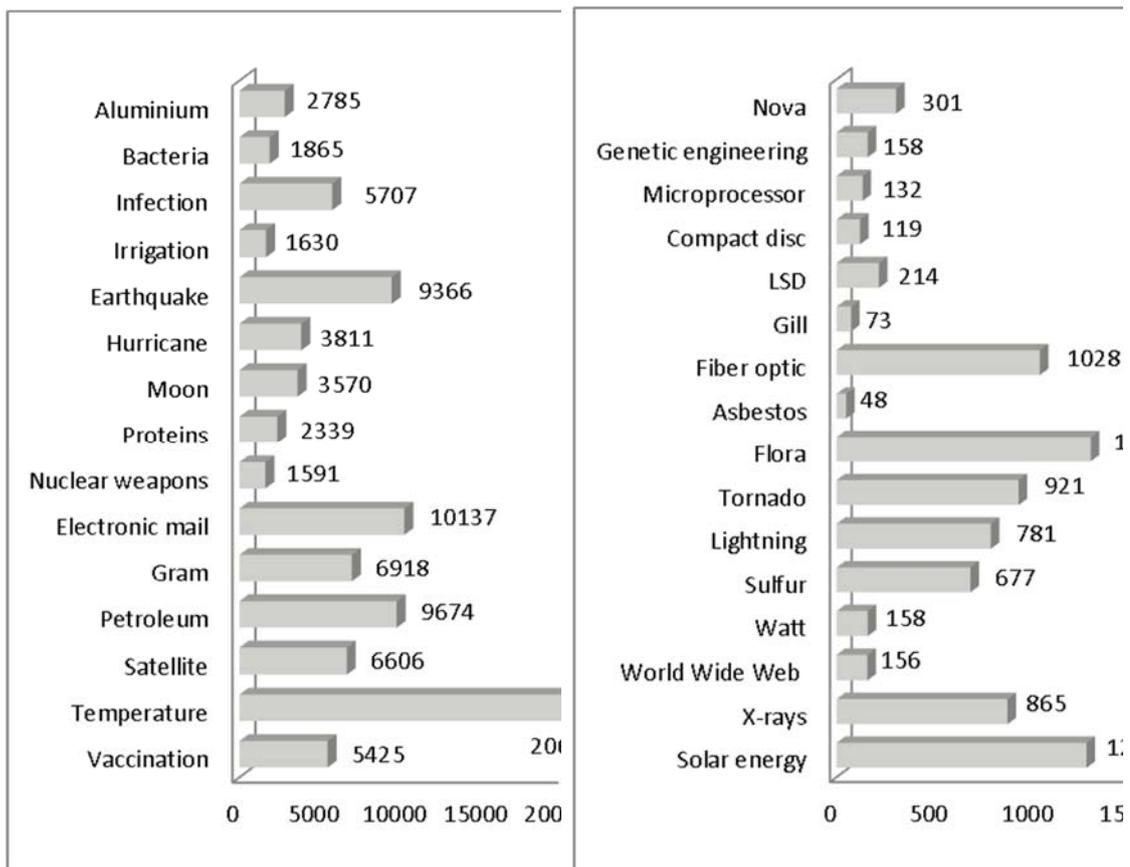


Figure 5.2: Term frequency in digital newspapers

5.3.3.-Term frequency in digital newspapers as a predictor of scientific concept knowledge

In order to contrast our second hypothesis, H2, we computed the Pearson's correlation between the frequency, the log-frequency and the mean values for items in MSL (Table 5.2).

Table 5.2: Pearson's correlation between mean values for term knowledge and term frequency in digital newspapers

	frequency	Log-freq
MSL-mean r =	-,011	,150
Sig.	,954	,421

In addition, we performed a less fine-grained analysis and classified the MSL terms in two groups, high/low frequency according to Figure 5.2. Then, we studied whether or not these two groups obtained different level of knowledge in our sample, according to the score in MSL. The level of term frequency did not have significant influence on mean scores for term knowledge ($t(29) = -,398$; $p = ,694$).

5.4.-Discussion and Conclusion

Our first hypothesis, H1, stated that pre-service primary teachers as educated people would show a high level of knowledge on basic scientific terms, especially those frequently appearing in digital mass media. Data collected using the Brossard and Shanahan's instrument (2006) did not support this hypothesis. Contrary to our expectations, the university students in the sample showed a level of knowledge (average of 44% of correct answers) lower than the one obtained by the authors in the USA from a sample including science undergraduate students (average 54%). That means that our participants recalled the basic scientific terms included in the questionnaire worse than they should do according to their educational level, but perhaps not so far from the USA non-science undergraduate university students. Our result agrees with other recent study that has found a similar low level of scientific literacy in Spanish university students (Verdugo, Solaz-Portolés & Sanjosé, 2014).

Therefore, our sample was particularly singular, or some of the terms asked were not appropriate to our sample, or the scientific literacy in young educated Spanish university students, not specialised in sciences, should be seriously reconsidered.

Looking at particular items, some terms obtained quite low average values (see Table 5.1). This is the case of «Fiber optic» ($X= 0,03$), «Asbestos» ($X= 0,07$), «Bacteria» ($X= 0,08$) and «Temperature» ($X= 0,10$). This last term is a special case. It is the most frequent term in the digital newspapers analysed (Figure 5.2), but despite of its high presence, its formal scientific definition is not widely known by pre-service primary teachers, university students. This suggests low levels of comprehension monitoring when reading or learning science: these students are probably convinced they do know what is the temperature (and other terms), without noticing that they are not able to give a correct definition.

Fortunately, scientific literacy also involves other kinds of knowledge, apart from concepts, but these results alert us about university students literacy, in particular, pre-service primary teachers.

We formulated another hypothesis, H2: If digital newspapers are taken by students as a source of science content information, then the more frequent a term or concept in those newspapers, the higher knowledge among the participants about this term. In our sample, mean values for term knowledge were not correlated at all to term frequency or to log-frequency in the Spanish digital newspapers considered.

Thus, this result suggests that probably our students do not read digital newspapers as much as we expected, or if they read them these newspapers are not taken as a source for science education.

In summary, the participants, pre-service primary teachers and so university students have a lower level of basic scientific knowledge than they should have, and it seems that they do not use digital newspapers to improve their science education.

Only few decades have pass since Tichenor, Donohue and Olien (1970) found a significant relationship between the flow of news in mass media and educated citizens' literacy. At that time, most of the newspapers readers were a minor part of the society and they were also highly educated people. Nowadays, in the digital era things seem to be different: informational sources are at hand and are very easy to access to most people. However, their educational use is not straightforward and needs particular and conscious teachers' efforts.

Even though digital mass media are frequently used by the new generations of students, and science teachers are using them as an instructional resource, especial attention in instruction is needed to change students' use of those digital media from ludic to educational purposes. This implies including mass literacy in teacher education curricula as Torres and Mercado (2006) have pointed out. Other kinds of literacy, as scientific literacy could benefit from this consideration too.

References

- Álvarez, P. (2007). La prensa como recurso en educación ambiental: análisis de una experiencia. *Comunicar*, 29, 165-172.
- Aparici, R. (2005). Medios de Comunicación y Educación. *Revista de Educación*, 338, 85-99.
- Aufderheide, P. & Firestone, C.M. (1993). *Media literacy: a report of the national leadership conference on media literacy*, Washington DC, Aspen Institute.
- Brossard, D. & Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? Building a scientific literacy measurement instrument based on Science media coverage. *Science Communication*, 28, 47-63.
- Brown, James A. (1998). Media literacy perspectives. *Journal of Communications*, 48, 1, 44-56.
- Casero, A. (2012). Más allá de los diarios: el consumo de noticias de los jóvenes en la era digital. *Comunicar*, 39, 151-158. (DOI: 10.3916/C39-2012-03-05).
- Gil, D. & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Hobbs, R. & Jensen, A. (2009). The past, present and future of media literacy education. *Journal of Media Literacy Education*, 1, 1-11.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82, 407-416.
- Ingle, H. T. (1974). *Communication Media and Technology: A Look at Their Role in Non-formal Education Programs*. Washington, D.C.: Information Center on Instructional Technology. Academy for Educational Development, Inc.
- Isaacs, A., Daintith, J. & Martin, E. (1999). *A dictionary of science*. Oxford: Oxford University Press.
- López, P. (Coord.). *La prensa escrita, recurso didáctico*. Madrid. Ministerios de Educación, Cultura y Deporte; CIDE, 2003.
- Martisson, J. (2009). *The role of media literacy in the governance reform agenda*. Washington, DC: World Bank Communication for Governance and Accountability Program.
- Ronda, J. (2002). La formación de los docentes en comunicación desde la perspectiva de los comunicadores. *Comunicar*, 18, 143-147.

- Verdugo, J.J., Solaz-Portolés, J.J. & Sanjosé, V. (2016). Pre-service primary school teachers' Science content knowledge: an instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 24 (2), 37-51.
- Wilson, C.; Grizzle, A; Tuazon, R.; Akyempong K. & Cheung, Ch. (2011) *Alfabetización Mediática e Informativa Curriculum para profesores*. París: Unesco. (<http://goo.gl/jrHps>).
- Tichenor, P.J., Donohue, G.A., & Olien, C.N. (1970). Mass Media Flow and Differential Growth in Knowledge. *The Public Opinion Quarterly*, 34, 159-170. (<http://goo.gl/floDst>).
- Torres, M. and Mercado, M. (2006). The need for critical media literacy in teacher education core curricula. *Educational Studies: A Journal of the American Educational Studies Association*, 39, 260-282.
- Wellington, J. (1991) Newspaper science, school science: friends or enemies? *International Journal of Science Education*, 13, 363-372, (DOI: 10.1080/0950069910130401). (<http://goo.gl/ds3kxl>)

Appendix

The Brossard and Shanahan's instrument (2006; pp 59-61) to assess scientific literacy based on Science media coverage. Brackets have to be fill in by the participants. (The correct answers and percentage of success have been added here).

1. A star that over a period of only a few days becomes 100 – 1000 times brighter than it once was, is called a [nova]. (31%)
2. [Genetic engineering] is the technique involved in altering the characters of an organism by inserting genes from another organism into its DNA. (19%)
3. The device that is the central processing unit of most smaller, personal computers is also called a [microprocessor]. (22%)
4. A 120 mm disk on which there is a digital recording of audio information, providing high quality recording and reproduction of music, speech, etc., is called a [compact disc]. (59%)
5. [LSD] is a chemical derivative of lysergic acid that has potent hallucinogenic properties. (25%)
6. A [gill] is the respiratory organ used by aquatic animals to obtain oxygen from the surrounding water. (74%)
7. [Aluminium] is a silvery-white lustrous metallic element which is highly reactive, lightweight, strong (when alloyed), corrosive, resistant, and electrically conductive. These features make it suitable for a variety of uses, including vehicle and aircraft construction, building and overhead power cables. (24,6%)
8. [Fiber optic] systems use threads that conduct light to transmit information in the form of coded pulses or fragmented images, from a source to a receiver. (3%)
9. The diverse group of ubiquitous microorganisms all of which consist of a single cell which lacks a distinct nuclear membrane and has a cell wall of a unique composition is referred to as [bacteria]. (8%)
10. The invasion of any living organism by disease-causing microorganisms which proceed to establish themselves, multiply and produce various symptoms in their host is called an [infection]. (18%)
11. The provision of water for crops by artificial methods; for example, by constructing pipe systems, ditches, and canals is called [irrigation]. (58%)
12. A sudden movement or fracturing within the earth's lithosphere causing a series of shocks is called a(n) [earthquake]. It can range from a mild tremor to a large scale earth movement, causing extensive damage over a wide area. (98%)
13. A tropical cyclone with surface wind speeds in excess of 64 knots that occurs in the North Atlantic Ocean, Caribbean Sea, or the Gulf of Mexico is a(n) [hurricane]. (50%)
14. This is a fibrous mineral with widespread commercial use because of its resistance to heat, chemical inertness and high electrical resistance. The fibers may be spun and woven into fireproof cloth for use in protective clothing and curtains or molded into blocks. In the 1970's it was discovered that the short fiber form of this mineral can cause serious lung disorders which has in turn limited its use. This mineral is [asbestos]. (7%)
15. The earth's only natural satellite is the [moon]. (96%)
16. All the plant life present in a given habitat at a given time constitutes the [flora] of that habitat. (61%)
17. [Proteins] are any of a large group of organic compounds found in all living organisms. They comprise carbon, hydrogen, oxygen, and nitrogen, and most also contain sulphur. Their molecules consist of one or several long chains of amino acids linked in a characteristic sequence. (22%)

18. Weapons in which an explosion is caused by nuclear fission, nuclear fusion or a combination of both are called [nuclear weapons]. (55%)
19. A violently rotating column of air, usually made visible by a funnel cloud, which may reach the ground surface, is called a [tornado]. (74%)
20. [Lightning] is a high-energy luminous electrical discharge that passes between a charged cloud and a point on the surface of the earth, between two charged clouds, or between oppositely charged layers of the same cloud. (79%)
21. The yellow non-metallic element, whose symbol on the periodic table of elements is S, is [sulfur]. (53%)
22. The "Système International" (SI) unit of power, defined as a power of one joule per second is the [watt], widely used in electrical contexts. (36%)
23. The [World Wide Web] is a computer based information service. It is a hyper- media system distributed over a large number of computer sites that allows users to view and retrieve information from documents containing links. (38%)
24. Individuals use [electronic mail] to send messages, documents, etc., between computer systems. (48%)
25. One thousandth of a kilogram is a [gram]. (46%)
26. [Petroleum] is a naturally occurring oil that consists chiefly of hydrocarbons. In its unrefined form it is known as crude oil. (42%)
27. [X-rays] are electromagnetic radiations of shorter wavelength. They are used medically and industrially to examine internal structures. (62%)
28. A relatively small natural body that orbits a planet or a man-made spacecraft that orbits the earth, sun, moon or a planet is called a(n) [satellite]. (72%)
29. The electromagnetic energy radiated from the sun is called [solar energy]. (26%)
30. The property of a body or region of space that determines whether or not there will be a net flow of heat into it or out of it from a neighbouring body or region and in which direction the heat will flow is called the [temperature]. (10%)
31. The production of immunity in an individual by artificial means is called [vaccination]. (37%)

Capítulo 6:

Evaluación del Conocimiento Científico en Maestros en formación inicial:

El caso de la Comunidad Valenciana

Resumen

Se desarrolla un estudio sobre el conocimiento sobre ciencia básica de los maestros en formación en las universidades públicas de la Comunidad Valenciana, con suficiente validez externa (error de muestreo cercano a 5%). Se evalúa independientemente el conocimiento sobre conceptos básicos y sobre procesos elementales de la actividad científica, tanto antes de recibir formación como al finalizar la formación prevista en el Grado de Maestro de Primaria. La titulación de acceso al Grado y la especialidad de los estudios pre-grado, son consideradas para describir y analizar los resultados. Complementariamente, se estudia el posible efecto de las diferencias entre universidades en las horas de ciencias ofertadas. Los hallazgos muestran mejoras significativas, pero de pequeño tamaño, en el conocimiento analizado. También evidencian necesidades formativas no suficientemente bien atendidas en el Grado universitario.

Evaluación del Conocimiento Científico en Maestros en formación inicial: el caso de la Comunidad Valenciana

6.1.-Introducción

La alfabetización científica se ha convertido en uno de los objetivos principales de la educación obligatoria, mencionándose en las últimas reformas educativas. Entre sus diferentes finalidades (Acevedo, 2004) está que los ciudadanos desarrollen un espíritu crítico y unos conocimientos científicos básicos que les permita participar en la toma de decisiones, sobre todo en aquellos asuntos socio-científicos que afectan a toda la sociedad (Gil y Vilches, 2006). El Consejo Nacional de Investigación (NRC), organismo de las academias nacionales de EEUU, define la alfabetización científica (AC en adelante) como el conocimiento y la comprensión de los conceptos y procesos científicos requeridos para la toma de decisiones personales, la participación en asuntos cívicos y culturales y la productividad económica (NRC, 1996), y establece la indagación como el mejor proceso para alcanzar esos objetivos. Ello coincide en gran medida con Hurd (1998), para quien la AC se concibe como “una competencia científica requerida para el pensamiento racional sobre la ciencia en relación a asuntos personales, sociales, políticos, problemas económicos y aquellas cuestiones con las que probablemente se encuentre a lo largo de la vida” (p. 410).

Los profesores juegan un papel fundamental para elevar el nivel educativo de la sociedad. Sin embargo, el informe de la Comisión Europea “Enseñanza de las Ciencias ahora: una nueva pedagogía para el futuro de Europa” (Rocard et al., 2007) resalta que la forma tradicional de la educación científica tiene un impacto negativo sobre las actitudes de los niños y niñas hacia las ciencias. Una educación en ciencias efectiva requiere que los maestros y maestras controlen y comprendan los contenidos curriculares, pero, como el mismo informe Rocard señala, la falta de conocimiento científico por parte de algunos de ellos en la educación primaria les hace evitar los

métodos basados en la indagación, que implica mayor comprensión integrada de las ciencias. Así pues, si se pretende mejorar la eficacia del proceso de alfabetización científica de los ciudadanos la formación de los y las maestros/as debería ser revisada. En particular, se requiere una mejora de los niveles de dominio de su conocimiento científico básico.

En la Comunidad Valenciana, las tres universidades públicas que imparten el Grado en Maestro/a de Educación Primaria son: la Universidad Jaime I (UJI de Castellón), la Universidad de Valencia (Estudios Generales) y la Universidad de Alicante. La Universidad Jaime I oferta un total de 120h presenciales en dos asignaturas obligatorias anuales: “Didáctica de la Física y la Química” (6 créditos) y “Didáctica de las Ciencias Naturales” (6 créditos), impartidas ambas en 2º curso. La misma cantidad de créditos se ofertan en la Universidad de Alicante en dos asignaturas obligatorias de 6 ECTS cada una: “Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales I”, (primer cuatrimestre de 2º curso), y “Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Experimentales II”, (segundo cuatrimestre de 3er curso). La Universidad de Valencia (Estudio General) dedica 180 horas presenciales a la formación obligatoria en Ciencias Experimentales. Los créditos se reparten en las asignaturas “Ciencias Naturales para Maestros” (anual en 2º curso, con 9 créditos), “Didáctica de las Ciencias I: materia, energía y máquinas” (cuatrimestral en 3er curso y 4,5 créditos), y “Didáctica de las Ciencias II: medioambiente, biodiversidad y salud” (cuatrimestral en 4º curso y con 4,5 ECTS). En este caso, la primera materia se dedica a la formación científica básica que necesita un maestro de primaria, y las otras dos se centran en la formación didáctica. Esta diferenciación entre formación básica en ciencias y formación didáctica, no aparece en las otras dos universidades.

6.1.1.-La Evaluación del conocimiento científico básico

En el presente trabajo se asume que el contenido de AC puede articularse en las tres dimensiones propuestas por Miller (1989): (1) comprensión de los procesos o métodos de la ciencia para probar nuestros modelos de la realidad; (2) vocabulario básico de términos y conceptos científicos y técnicos; y (3) comprensión del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Las dos primeras dimensiones hacen referencia al conocimiento sobre ciencia (comprensión y aplicación), y la tercera implica su aplicación responsable en escenarios sociales de la vida diaria.

Algunas propuestas contemplan las dimensiones anteriores en instrumentos concretos. Laugksch y Spargo (1996) desarrollaron el Test para la Alfabetización Científica Básica compuesto por 472 ítems tipo verdadero-falso que cubre 240 ideas importantes

en ciencias y de actitudes hacia la ciencia. El test se basa en las recomendaciones del informe Science for All Americans (AAAS, 1989).

Diferentes instituciones de prestigio han propuesto y llevado a cabo estudios internacionales de largo recorrido y extensión sobre cultura científica básica de los ciudadanos adultos en general. En USA, la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF) emplea un cuestionario conformado por 9 ítems para evaluar el conocimiento factual sobre ciencias (NSB 2014). La comprensión de los procesos científicos se evalúa mediante dos preguntas sobre probabilidad y una pregunta abierta acerca del significado del estudio científico o del trabajo experimental. Un cuestionario muy similar usan los Eurobarómetros (Eurobarómetro 43, 76, 224) para el conocimiento factual. La comprensión de los procesos metodológicos de la ciencia y la tecnología se evalúa mediante tres preguntas acerca del método experimental, el uso de los grupos de control y el concepto de probabilidad. En España, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) toma como referencia el modelo europeo para sus estudios. Tras diversos cambios, el informe de 2014 (FECYT, 2015), evalúa los conocimientos científicos declarativos con ítems de tipo “verdadero-falso”, y un solo ítem para el conocimiento sobre los procesos de la ciencia (importancia del grupo control en un ensayo clínico).

Por otro lado, Brossard y Shanahan (2006) se centraron en la segunda dimensión de Miller, la comprensión de los términos científicos y técnicos. Validaron 31 ítems del tipo “rellenar el hueco para completar la frase con los términos apropiados”, seleccionados entre los que aparecían usualmente en los Mass Media. Los resultados obtenidos se compararon con los obtenidos por la National Science Foundation para AC. La correlación fue aceptable cuando se controló para edad, género y nivel de educación científica previo. En la misma línea Rundgren, Rundgren, Tseng, Lin, y Chang (2010) diseñaron un instrumento (llamado SLiM) para evaluar AC, formado por 50 ítems de opción múltiple. Se incluyen los conceptos científicos que más presencia tienen en libros de texto y periódicos en Taiwán. El instrumento mostró fiabilidad en el contexto taiwanés con estudiantes desde 7º a 10º grado.

Todos estos estudios y los instrumentos usados en ellos han inspirado el presente trabajo en el contexto español pero focalizado en futuros maestros de primaria, en lugar de hacerlo sobre la población adulta en general. Hasta donde llega nuestro conocimiento esto no se había contemplado antes en un estudio de amplia validez.

6.1.2.-Objetivos y preguntas de investigación

El objetivo de este trabajo es la evaluación de los niveles de conocimiento conceptual y procesual en ciencia básica que presentan los y las estudiantes de la Comunidad Valenciana antes después de su formación en el Grado de Maestro de Primaria. La intención fue que el estudio alcanzase suficiente validez externa y permitiese una posible toma de decisiones sobre la suficiencia y adecuación de la formación ofrecida actualmente en ciencias básicas a los/las maestros/as de Primaria.

Las preguntas de investigación son:

P1: ¿Cuáles son dichos niveles? ¿Hay mejoras significativas debidas a la formación en los Grados? ¿Se observan diferencias apreciables entre distintos bloques de contenido conceptual y procesual?

P2: ¿Hay diferencias en dichos niveles derivadas de la especialidad de acceso de los estudiantes de Magisterio?

P3: ¿Hay diferencias derivadas del tipo de estudios previos al acceso al Grado?

P4: ¿Hay diferencias que puedan ser asociadas básicamente a la diferencia entre Universidades en carga lectiva asignada en los currículos?

6.2.-Metodología

6.2.1.-Diseño experimental y variables implicadas

Las variables dependientes fueron dos:

(a)Conocimiento conceptual sobre ciencias a nivel de educación primaria.

(b)Conocimiento sobre procesos científicos elementales.

Para contestar la pregunta de investigación P1, se siguió un diseño ex-post facto factorial mixto, de carácter sincrónico, con dos factores: F1) Momento o “Fase” de la formación en ciencias, con dos valores: inmediatamente antes/después de toda la formación en ciencias o didáctica de las ciencias obligatoria dentro del Grado como factor entre-sujetos; y F2) “Bloque conceptual” o “Categoría procesual” específica del

conocimiento a estudiar como factor intra-sujetos. En el conocimiento conceptual se diferenciaron 4 bloques de contenidos y en el procesual 5 tipos de procesos básicos.

Para el resto de preguntas de investigación se consideró también otros factores entre-sujetos implicados en ellas: F3) “Titulación de Acceso al Grado” (Bachillerato y Grado o Licenciatura universitaria vs. ciclo formativo Superior de Formación Profesional); F4) rama o “Especialidad de los estudios anteriores al Grado”, diferenciando únicamente Ciencias experimentales del resto; F5) “Carga lectiva” obligatoria, diferenciando Alicante & Castellón por un lado (12 ECTS) y Valencia (18 ECTS) por otro.

6.2.2.-Población y Muestra

Las poblaciones consideradas para este estudio están formadas por todos los estudiantes que cursan el Grado de Maestro/a en Educación Primaria en universidades públicas de la Comunidad Valenciana y que se encuentran en los cursos donde se inicia o acaba la formación obligatoria en ciencias del Grado. El tamaño de las poblaciones se calculó a partir de los datos proporcionados por las universidades en sus páginas web oficiales¹. Un total de 1210 alumnos/as conforma la población en la Fase 1 (antes de la formación). De acuerdo con las propias universidades, la tasa de abandono global se estima en torno al 10%. Por tanto, la población en la Fase 2 (tras la formación), es de 1100 estudiantes aproximadamente.

Las muestras asociadas a cada una de las medidas realizadas (conocimiento conceptual y conocimiento sobre los procesos de la ciencia), así como el error muestral en cada caso al nivel de confianza del 95%, se presentan en la Tabla 6.1.

El muestreo se realizó en los puntos de recogida de datos esperables: las 3 facultades de las universidades públicas de la Comunidad valenciana consideradas.

Tabla 6.1. Población, muestra y error muestral en cada Fase

Fase de la Formación	Población (N)	Conceptos		Procedimientos	
		Muestra	Error muestral	Muestra	Error muestral
1 (antes)	1210	289	5,0%	308	5,2%
2 (después)	1100	270	4,8%	286	5,0%

¹ Universidad de Alicante: <http://cvnet.cpd.ua.es/webcvnet/planestudio/planestudiond.aspx?plan=C254#tramites>
 Universidad Jaime I: <http://ujiapps.uji.es/estudis/oferta/base/graus/2015/mestre-primaria/accedir/oferta-procediment-admissio/>
 Universidad de Valencia: <http://www.uv.es/uvweb/universitat/ca/estudis-grau/grau-1285846094474/Titulacio.html?id=1285847460730>

La unidad de muestreo fue el grupo intacto. En cada curso se eligió el grupo de informantes y se obtuvo información voluntaria de cada estudiante presente. Se usaron sesiones ordinarias de clase de asignaturas de ciencias o de didáctica de las ciencias experimentales.

A pesar de que no se siguió un procedimiento estrictamente aleatorio para elegir los grupos de informantes, el azar se asoció con el día/hora en que se acudió a la facultad a obtener los datos, dado que diferentes grupos tienen docencia de las materias de ciencias en días/horas distintas.

Tabla 6.2. Distribución de las muestras

Titulación Acceso	Fase 1 (antes de formación)				Fase 2 (después de formación)			
	Especialidad estudios previos		Especialidad estudios previos		Especialidad estudios previos		Especialidad estudios previos	
	Ciencias Exper.	Otras	Ciencias Exper.	Otras	Ciencias Exper.	Otras	Ciencias Exper.	Otras
Bachiller o Universidad	H:10	M:33	H:57	M:147	H:12	M:36	H:36	M:137
Tec. Sup. FP o Acc. Mayores	H: 0	M:2	H:7	M: 27	H:1	M:4	H:10	M: 30

H: varones; M: mujeres. Casos excluidos (mortalidad experimental) N=10

6.2.3.-Instrumentos

La medida del conocimiento conceptual se basó en un instrumento desarrollado y validado por Verdugo-Perona, Solaz-Portolés y Sanjosé (2016) para maestros españoles de Educación Primaria en formación. Un proceso de reducción de longitud, mejora y adecuación condujo a la eliminación de ítems con promedios extremos (mayor de 0,85 o menor de 0,15 sobre 1) o con baja discriminación (índice de discriminación menor de 0,2). El resultado fue un cuestionario de 30 ítems cuya fiabilidad se consideró suficiente (alfa de Cronbach = 0,70) dada la gran variabilidad en su contenido.

La característica importante de este instrumento es que ninguno de sus ítems requiere otro conocimiento que no sea puramente conceptual. Ello implica la memoria a largo plazo, pero se minimiza su impacto al ofrecer 4 alternativas en cada pregunta (sólo una correcta). En cada ítem solamente se implica un concepto.

Se asignó 0/1 punto por cada respuesta correcta/ incorrecta. La valoración final fue la

suma de los puntos en los 30 ítems (no se restó por respuesta incorrecta).

Los ítems se agrupan en cuatro bloques de contenidos, que fueron definidos a partir del análisis teórico, de documentos normativos oficiales, y de la articulación temática de los textos-fuente de donde se extrajeron los ítems. Por tanto, no fueron definidos a través de un análisis factorial. Estos bloques son: I) el entorno y su conservación² (7 ítems); II) diversidad de los seres vivos (8 ítems); III) salud y desarrollo personal (9 ítems); y IV) materia y energía (6 ítems). Las correlaciones de Pearson entre bloques fueron todas significativas (r entre 0,25 y 0,34; $p < 0,001$ para todos los pares). Sin embargo, cada bloque por separado no alcanzó consistencia interna suficiente (alfa Cronbach $< 0,57$) debido, entre otras razones, al escaso número de ítems. Por tanto, las puntuaciones de cada bloque son sólo orientadoras del dominio de cada temática, y los análisis estadísticos que las implican, de fiabilidad parcial.

El conocimiento sobre procesos básicos de la ciencia de los y las estudiantes se analizó mediante un cuestionario ya validado (Monde-Mónica, 2005) formado por 30 ítems de elección múltiple. La puntuación global en el instrumento también se obtiene por la suma de las puntuaciones en cada uno de los 30 ítems, asignando 0/1 a las respuestas correctas/ incorrectas. Los ítems no requieren conocimiento conceptual para contestarlos. Estos se agrupan en 5 categorías: I) identificar y controlar variables (7 ítems); II) establecer hipótesis (6 ítems); III) definir operacionalmente (6 ítems); IV) interpretar gráficas y datos (8 ítems); y V) diseñar experimentos (3 ítems). Las distintas categorías, a excepción de “diseñar experimentos”, correlacionaron también de forma significativa entre sí (r entre 0,28 y 0,30; $p < 0,001$). “Diseñar experimentos” sólo apareció algo relacionado con “definir operacionalmente” ($r = 0,10$; $p = 0,028$).

El instrumento en su conjunto alcanzó también fiabilidad suficiente en nuestra muestra (alfa Cronbach = 0,7). Sin embargo, ninguna de las categorías lo hizo por separado (alfa Cronbach $< 0,55$). De nuevo hay que matizar que sus puntuaciones, tomadas por separado, son sólo orientativas del dominio procesual específico, y los análisis estadísticos que involucran las categorías son de fiabilidad parcial.

Cuando se requirió, las puntuaciones de los bloques conceptuales o categorías procesuales se normalizaron al rango 0-1 para poder ser comparadas entre sí, con independencia del número de ítems implicados.

El Apéndice muestra ejemplos de ítems de ambos instrumentos.

² Los contenidos del bloque “el entorno y su conservación” que antes estaba en Conocimiento del Medio, está ahora dentro del bloque “el mundo en que vivimos” dentro de Ciencias Sociales, según el Decreto 108/2014 (Generalitat Valenciana, 2014: DOGV 7311/07.07.2014) para el currículo de Educación Primaria en la Comunidad Valenciana. Dado que se trata de un contenido tanto experimental como social, hemos decidido seguir incluyéndolo en este estudio.

6.2.4.-Procedimiento de recogida y análisis de datos

Se solicitaron los permisos oportunos en cada una de las Facultades implicadas para acceder a los sujetos informantes. Tras obtenerlos, uno de los investigadores (JJVP) acudió personalmente a cada grupo intacto para solicitar la participación voluntaria y, en su caso, obtener los datos. Se informó a los estudiantes del objetivo del estudio y sus fines puramente académicos.

La tasa de muestreo de grupos de estudiantes se acercó al 50% tanto antes de la formación en ciencias como después de la misma. Sin embargo, por razones de tiempo cedido por los profesores, y de cansancio de los participantes, de cada estudiante sólo se obtuvo datos bien sobre conceptos, o bien sobre procesos de la ciencia. En cada grupo los cuestionarios de conceptos y de procesos fueron repartidos al azar entre los estudiantes.

Los datos recogidos fueron ordenados con Excel y tratados estadísticamente con el programa SPSS v.22. Se utilizó estadística descriptiva e inferencial para tratar de dar respuesta a las preguntas de investigación formuladas. Estadísticos bien conocidos, como t-Student y ANOVA fueron empleados para ello.

6.3.-Resultados

La Tabla 6.3 proporciona los promedios de interés y las desviaciones típicas (entre paréntesis) para el conocimiento conceptual y para el procesual (ambos con valores máximos 1).

Tabla 6.3. Promedios (DT) para el conocimiento conceptual básico y para el conocimiento sobre procesos de la ciencia, en función de distintos factores considerados

Factores	Cto. Conceptual		Cto. Procesual	
	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
Global	0,50 (0,14)	0,60 (0,12)	0,65 (0,13)	0,68 (0,12)
Bloque/Categoría				
I	0,50 (0,21)	0,63 (0,22)	0,76 (0,21)	0,82 (0,19)
II	0,54 (0,20)	0,62 (0,17)	0,52 (0,21)	0,54 (0,19)
III	0,45 (0,20)	0,55 (0,18)	0,59 (0,23)	0,61 (0,20)
IV	0,53 (0,23)	0,60 (0,21)	0,78 (0,18)	0,82 (0,17)
V	----	----	0,43 (0,26)	0,44 (0,25)
Esp. Pre-Grado				
Ciencias experimentales	0,58 (0,14)	0,67 (0,11)	0,69 (0,13)	0,72 (0,10)
Resto especialidades	0,49 (0,14)	0,58 (0,12)	0,65 (0,13)	0,67 (0,13)

Titul. Acceso				
Bachiller o Universidad	0,50 (0,14)	0,60 (0,13)	0,65 (0,13)	0,69 (0,12)
Otros	0,49 (0,14)	0,58 (0,12)	0,65 (0,14)	0,65 (0,13)
Carga curricular				
Uni. Valencia	0,53 (0,15)	0,64 (0,11)	0,66 (0,13)	0,71 (0,10)
Uni. Castellón y Alicante	0,48 (0,14)	0,57 (0,13)	0,65 (0,13)	0,67 (0,13)

6.3.1.-Evolución del Conocimiento Conceptual básico de Ciencias

En la Tabla 6.3 se observa que los incrementos en los promedios de conocimiento conceptual varían desde 0,07 puntos en el bloque IV (“Materia y energía”) hasta 0,13 puntos en el bloque I (“El entorno y su conservación”) sobre un máximo de 1 punto.

El análisis de la varianza de la puntuación global, tomando como factor entre sujetos la “Fase” de formación en ciencias (antes/después de la formación obligatoria en el Grado de Magisterio) mostró un aumento significativo durante el Grado, con tamaño medio para el efecto. La Tabla 6.4 muestra los datos relevantes.

Tabla 6.4. Datos ANOVA para puntuación global conocimiento conceptual antes y después de la formación en el Grado de Maestro

	gl	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	p	η^2
Fase	1	1,274	1,274	71,388	<,001	,114
Error	557	9,943	0,018			
Total	558	11,217				

Las respectivas pruebas t-Student realizadas para cada bloque mostraron diferencias significativas antes-después de la formación, como recoge la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Datos t-Student para la comparación Fase 1 (antes)/Fase 2 (después) en cada Bloque

Bloque	gl	t-Student	p
Entorno	557	-6,876	<,001
Diversidad	557	-5,227	<,001
Salud	557	-6,007	<,001
Materia	557	-4,122	<,001

Sin embargo, la interacción “Fase X Bloque conceptual” no fue significativa

($F(3,555)= 1,958$; $p> ,10$), de modo que el incremento de conocimiento durante el Grado no fue estadísticamente diferente en los diferentes bloques conceptuales.

6.3.2.-Evolución del Conocimiento sobre Procesos elementales de la Ciencia

Las distintas habilidades procedimentales consideradas en el instrumento presentaron diferentes promedios antes y después de la formación en ciencias, como muestra la Tabla 6.3. Los cambios logrados varían de 0,01 puntos en las categorías II (“establecer hipótesis”) y IV (“interpretar gráficas y datos”), hasta 0,06 puntos en la categoría I (“identificar y controlar variables”).

El ANOVA del promedio global tomando como factor la “Fase” del estudio, mostró un cambio significativo antes y después de la formación en ciencias durante el Grado. Sin embargo, este efecto tuvo un tamaño del efecto muy pequeño como se recoge en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6. Datos ANOVA para puntuación global conocimiento procesual antes y después de la formación en el Grado de Maestro

	gl	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	p	η^2
Fase	1	,147	,147	9,091	,003	,015
Error	592	9,599	,016			
Total	593	9,747				

El análisis multivariante, tomando como factor entre-sujetos la Fase y como factor intra-sujetos las cinco Categorías de procesos elementales de la ciencia, constató que la interacción “Fase” X “Categoría” no fue significativa (Lambda Wilks: $F(4,589)=2,021$; $p> ,05$) lo que sugiere que todas las categorías procesuales mostraron una mejora prácticamente equivalente tras la formación en el Grado.

6.3.3.-Efectos de la Especialidad de los estudios anteriores al Grado de Magisterio

La Tabla 6.7 indica que, antes de iniciarse la formación en ciencias dentro del Grado de Maestro, el promedio global en conocimiento conceptual mostró una dependencia significativa de la especialidad o rama de los estudios pre-Grado (Ciencias experimentales/ Resto).

Tabla 6.7. Datos ANOVA para la puntuación del conocimiento conceptual antes de la formación según Especialidad pre-grado.

	gl	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	p	η^2
Esp. pre-grado	1	,354	,354	18,960	<,001	,063
Error	283	5,289	,019			
Total	284	5,643				

Lo mismo sucedió con el conocimiento procesual antes de la formación (Tabla 6.8):

Tabla 6.8. Datos ANOVA para la puntuación del conocimiento procesual antes de la formación según Especialidad pre-grado.

	gl	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	p	η^2
Esp. pre-grado	1	,075	,075	4,343	,038	,014
Error	306	5,297	,017			
Total	307					

Al acabar la formación en el Grado, las diferencias en ambos tipos de conocimiento se mantuvieron significativas, como se ve en las Tablas 6.9 y 6.10.

Tabla 6.9. Datos ANOVA para la puntuación del conocimiento conceptual después de la formación según Especialidad pre-grado.

	gl	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	p	η^2
Esp. pre-grado	1	,324	,324	22,950	<,001	,079
Error	268	3,788	,014			
Total	269					

Tabla 6.10. Datos ANOVA para la puntuación del conocimiento procesual después de formación según Especialidad pre-grado.

	gl	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	p	η^2
Esp. pre-grado	1	,131	,131	9,073	,003	,031
Error	284	4,097	,014			
Total	285					

La interacción entre la Especialidad de los estudios pre-grado y el factor “Fase” no fue significativa en ambos tipos de conocimiento ($F < 1$), lo que indica que las diferencias observadas antes de la formación se mantuvieron tras la formación en el Grado. Lo mismo puede decirse cuando se consideran los bloques conceptuales o categorías procesuales por separado, pues la falta de significatividad se obtuvo también para la

interacción triple ($F < 1$) en ambos tipos de conocimiento.

6.3.4.-Efectos de la Titulación de acceso al Grado de Maestro de Primaria

Se realizaron sendos ANOVA para las puntuaciones en conocimiento conceptual y procesual. En ambos casos no hubo diferencias significativas en la fase anterior a la formación en el grado ($p > ,10$) ni tampoco interacción significativa ($p > ,10$) entre Fase y Titulación (Bachillerato & Universidad/ Otros). Globalmente, la mejora en conocimientos científicos de los alumnos procedentes de Bachillerato o de otro grado universitario, no difiere de la de aquellos que accedieron desde los módulos formativos de Grado Superior u otra vía.

Al considerar también los factores “Bloque conceptual” o “Categoría procesual”, la interacción triple tampoco fue significativa en ambos casos ($F < 1$).

6.3.5.-Efectos debido a diferencias en la carga curricular de las universidades

Como se mencionó antes, hay diferencias en el número de horas destinado a la formación en ciencias entre la Universidad de Valencia y las otras dos, y también en el modo en que ellos se distribuyen en asignaturas.

Los promedios fueron superiores en la universidad de Valencia en ambas fases de la formación, pero la interacción entre la Fase y la distinta carga en los currículos no fue significativa, ni para conocimiento conceptual, ni para el procesual ($p > ,10$ en ambos casos). La consideración de los factores “bloque conceptual” o “categoría procesual” conduce a idéntico resultado para la interacción triple ($F < 1$ en ambos tipos de conocimiento).

6.4.-Discusión y Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue evaluar, con suficiente validez, la formación científica básica de los y las estudiantes durante el Grado en Magisterio de Educación Primaria, en las tres universidades públicas de la Comunidad Valenciana. Los resultados en esta

Comunidad no tienen por qué ser idénticos a los de otras, pero son una buena representación que permite realizar una aproximación al nivel de alfabetización científica que presentan los maestros/as en formación en el Estado Español. El error muestral de nuestros análisis se sitúa en torno al 5%, muy similar al de estudio FECYT (2015) para la Comunidad Valenciana (5,03%). Se tomaron dos de los indicadores de alfabetización científica propuestos por Miller (1998): el conocimiento de conceptos científicos básicos y la comprensión de los procesos científicos.

Los resultados indican que los futuros/as maestros/as de educación primaria acceden al Grado con unos conocimientos conceptuales claramente mejorables que aumentan significativamente tras la formación (en todos los bloques conceptuales), aunque no hasta los valores que serían deseables. La varianza explicada es aún pequeña (según el tamaño de los efectos obtenidos), y por tanto la eficacia de la formación en el Grado es mejorable. Por temáticas, el bloque “Salud y desarrollo personal”, obtuvo un promedio significativamente inferior al del resto de bloques. Podría pensarse que los esfuerzos institucionales para mejorar la educación para la salud no están produciendo los resultados esperables en los futuros maestros, bien porque no se aprovechan bien, bien porque son insuficientes.

Los estudiantes acceden al Grado con un dominio de los procesos elementales propios de la ciencia superior al que tienen de los conceptos básicos. Sin embargo, tras la formación en ciencias dentro del Grado, el promedio asciende sólo ligeramente. Aunque el presente trabajo no permite conocer las razones del pequeño tamaño de la mejora, uno de los factores podría ser la tradicional escasa relación de los estudiantes con el trabajo indagatorio (Vilches y Gil-Perez, 2007; Abd-El-Khalick et al, 2004), antes y durante el Grado.

“Diseñar experimentos” fue la categoría procesual peor dominada, seguido por “Formular Hipótesis”. Los estudios durante el Grado no lograron homogeneizar las diferencias entre categorías de procesos.

Los resultados obtenidos pueden ser comparados con los obtenidos en estudios internacionales en nuestro entorno (Eurobarómetro 224) y, en especial, el reciente de FECYT (2015) en España. Los niveles de conocimiento conceptual mostrados en el presente estudio son similares a los obtenidos en estudios generales anteriores (Eurobarómetro 224). Sin embargo, son claramente inferiores a los obtenidos en el estudio FECYT (2015). Las diferencias pueden radicar en el grado de dificultad de las preguntas realizadas en ambos estudios. Por un lado, FECYT utiliza aseveraciones constituidas por ideas completas que deben ser “reconocidas” como verdaderas o falsas por los participantes. Sin embargo, en nuestro estudio el participante debe discriminar

un concepto entre otros tres distractores pertenecientes al mismo campo conceptual, o a uno cercano. Por otro lado, el cuestionario empleado en este estudio (Verdugo-Perona et al, 2016) exige un conocimiento conceptual mayor y más detallado que el empleado en FECYT. Esta mayor dificultad es coherente con la formación exigible a un futuro maestro de primaria.

Los maestros en formación mostraron un nivel de dominio procesual superior al de la población general objeto de estudio de FECYT. Este último estudio está basado en un sólo ítem fundamental y general (“entender la importancia de comparar grupos experimentales con grupos de control”). A diferencia de este estudio con un solo ítem, y de acuerdo con las características más específicas de nuestros participantes (universitarios, maestros en formación inicial), nuestro estudio utilizó un cuestionario validado con una multiplicidad y variedad de situaciones, lo cual permite mayor profundidad y, sobre todo, mayor fiabilidad en los resultados.

Análisis complementarios indican que los alumnos con una formación pre-grado especializada en ciencias experimentales iniciaron los estudios de Magisterio con un nivel de conocimientos significativamente mejor que el resto de estudiantes, tanto en conceptos como en procesos de la ciencia. Esos estudiantes se beneficiaron más que el resto de la enseñanza recibida durante el Grado y continuaron manteniendo un nivel de conocimientos científicos más elevado. Esta falta de homogeneización puede estar originada, no sólo por una mejorable eficacia de la formación en el Grado, sino también por factores psico-emocionales de los estudiantes que implican mayor motivación, esfuerzo, atención y goce hacia las ciencias de unos, respecto de los otros.

La titulación de acceso al Grado de Magisterio no produjo discriminación alguna en los resultados obtenidos, ni en conocimiento conceptual ni en procesual.

Finalmente, en la Universidad de Valencia se obtuvieron promedios superiores a los de las otras universidades conjuntamente, pero la diferencia de conocimientos se mantuvo durante la formación en el Grado, con independencia de cursar algunos créditos más de ciencias en la primera.

Estos resultados resultan preocupantes en el caso del Grado en Valencia, puesto que cursar más créditos debería conducir a una mejora de mayor tamaño en el conocimiento científico. Es probable que en este resultado intervenga una variable no controlada, y que se refiere al énfasis que se hace en cada universidad en unos u otros contenidos. En Castellón y Alicante no se contemplan asignaturas obligatorias de formación conceptual y procesual en ciencias experimentales. Sin embargo, el insuficiente nivel de dominio de la ciencia con que los estudiantes llegan al Grado

obligaría a los profesores a poner énfasis en el conocimiento conceptual y procesual antes (o a la vez) que en los didácticos, puesto que nadie puede enseñar (ni aprender a enseñar) aquello que no sabe. Este esfuerzo extra de los profesores acabaría por minimizar las diferencias entre universidades referentes a conceptos y procedimientos. Faltaría determinar si, a cambio, la formación didáctica es menor que la que se consigue en la Universidad de Valencia. El conocimiento puramente didáctico está siendo abordado en otro estudio.

6.4.1.-Limitaciones del estudio

El presente estudio, aunque de suficiente validez externa y fiabilidad, presenta ciertas características que definen sus limitaciones.

En primer lugar, en este trabajo se obtuvo una evaluación independiente de dos componentes del conocimiento científico: el conceptual y el procesual. Aunque ello resulta técnicamente importante para poder concluir acerca de dichos componentes por separado, es cierto que el conocimiento científico y su utilización en la vida diaria se basan en la conjunción de conceptos y procesos para describir, comprender o predecir fenómenos naturales.

El hecho de que el instrumento empleado para evaluar el conocimiento conceptual haga intervenir la memoria del sujeto, puede influir en los bajos promedios obtenidos, incluso al final de la formación en el Grado. De modo similar, el instrumento utilizado para evaluar el conocimiento sobre procesos de la ciencia no involucra conocimiento conceptual específico para contestar correctamente cada ítem, por lo que los resultados podrían variar (probablemente a la baja) si las situaciones presentadas a los participantes implicasen también conceptos científicos.

En segundo lugar, queda pendiente la evaluación y análisis en esta misma población del conocimiento sobre Naturaleza de la Ciencia, que ha merecido mucha atención (Fernández et al., 2002; Irez, 2006; Guisasola y Morentin, 2007; Acevedo, 2008). También sería de interés evaluar el conocimiento didáctico en ciencias experimentales (Blanco, Mellado & Ruiz, 1995; Loughran, Mulhall & Berry, 2008; Nilsson, 2008) en maestros en formación. Ambos tipos de conocimiento son importantes para la futura evolución de la cultura científica de la población en general.

La última limitación destacable es la elección de un estudio sincrónico, en lugar de diacrónico que disminuiría la varianza de error al emplear los mismos informantes en todo el proceso.

Referencias

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., y Tuan, H. L. (2004). Inquiry in Science Education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1, 3-16.
- Acevedo-Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 133-169.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1989). *Science for all Americans* [Recuperado en febrero de 2015 de: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>].
- Blanco, L. J., Mellado, V. y Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en Ciencias Experimentales y Matemáticas y Formación de Profesores. *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- Brossard, D., y Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? *Science Communication*, 28(1), 47-63.
- Commission del Communautés Europeennes (1990). *Les Européens, la Science et la Technologie*. Special Eurobarometer 43. Paris. [Recuperado en Enero de 2016 de: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/1988/yearTo/1990/surveyKy/101>].
- Commission of the European Communities. (1993). *Europeans, Science and Technology*. Special Eurobarometer 76. Brussels. [Recuperado en Enero de 2016 de: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/1991/yearTo/1993/surveyKy/131>].
- Commission of the European Communities (2005). *Europeans, Science and Technology*. Special Eurobarometer 224. Brussels [Recuperado en Enero de 2016 de: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/2004/yearTo/2007/surveyKy/447/p/3>].
- Generalitat Valenciana (2014). Decreto 108/2014, de 4 de julio, del Consell, por el que establece el currículo y desarrolla la ordenación general de la educación primaria en

- la Comunitat Valenciana. [2014/6347]. Publicado en DOGCV, num 7311/07 07 2014, p 16510. Recuperado en octubre 2015 de:
http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014_6347.pdf.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., y Cachapuz, A. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FECYT (2015). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España*. Madrid [Recuperado en Enero 2016 de: <http://www.fecyt.es/es/publicacion/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2014>].
- Gil, D., y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- 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.
- Irez, S. (2006). Are we prepared?: An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143.
- Loughran, J., Mulhall, P., y Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320.
- Miller, J. D. (1989). Scientific literacy. Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, San Francisco. January 1989.
- Monde-Monica, K.M. (2005). Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training learners. Tesis de Master. Universidad de Pretoria, Sudáfrica. Recuperado en febrero 2016 de:
<http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/24239/dissertation.pdf?sequence=1>
- National Research Council. (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press Recuperado en enero 2015 de:
<http://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>).
- National Science Board (2014). Science and Technology: Public attitudes and understanding. En *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 7.20-7.23). Arlington VA: National Science Foundation (NSB-14-01). [Recuperado en Noviembre 2015 de: <http://nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-7/c7h.htm>].
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in preservice education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.

- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walweg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European commission. Community Research. Recuperado en marzo 2014 de: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- Rundgren, C.-J., Rundgren, S.-N. C., Tseng, Y.-H., Lin, P.-L. y Chang, C.-Y. (2010). Are you SLiM? Developing an instrument for civic scientific literacy measurement (SLiM) based on media coverage. *Public Understanding of Science*, 20(10), 1–15. doi: 10.1177/0963662510377562. Recuperado en marzo 2014 de https://www.researchgate.net/profile/Chun_Yen_Chang/publication/247156553_Are_you_SLiM_Developing_an_instrument_for_civic_scientific_literacy_measurement_%28SLiM%29_based_on_media_coverage/links/545972bd0cf2bccc4912bcee.pdf.
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2016). Pre-service primary school teachers' science content knowledge: an instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 24(2), 37-51.
- Vilches, A., y Gil-Pérez, D. (2007). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85.

Apéndice

A.-Instrumento usado para evaluar el conocimiento conceptual básico en ciencias (Se muestran promedios de aciertos antes-después de la formación).

Pregunta	Opciones de respuesta (*correcta)
1. ¿Qué nombre recibe el movimiento que la Tierra realiza alrededor del Sol? (62%-80%)	a) Rotación. b) Precesión. c) Traslación.* d) Circunferencia.
2. ¿Cuántos días tarda la Luna en dar una vuelta completa alrededor de la Tierra? (64%-73)	a) 21 días. b) 28 días.* c) 365 días. d) 7 días.
3. ¿Qué es el clima? (55%-68%)	a) Las características meteorológicas que se dan en una zona determinada durante un periodo largo de tiempo.* b) El conjunto de fenómenos atmosféricos que se producen en un lugar y momento determinado. c) El estado que presenta la atmósfera en un corto periodo de tiempo (menos de 30 días). d) Las condiciones meteorológicas que se producen como consecuencia de las variaciones de la presión atmosférica.
4. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta? (45%-51%)	a) Minerales como el mármol y el granito son de gran utilidad para la construcción. b) Las rocas presentan poco valor para el ser humano por sus escasas aplicaciones. c) Las rocas son los materiales que forman los minerales. d) Los minerales son los materiales que forman las rocas.*
5. ¿Qué instrumento es utilizado para medir la velocidad del viento? (25%-49%)	a) Veleta. b) Pluviómetro. c) Anemómetro.* d) Barómetro.
6. ¿Qué nombre reciben las agrupaciones formadas por gas, polvo interestelar y miles o millones de estrellas? (30%-37%)	a) Nebulosas. b) Constelaciones. c) Galaxias.* d) Sistemas planetarios.
7. ¿Qué parte de un volcán es la chimenea volcánica? (71%-82%)	a) Cámara subterránea en la que se acumula el magma. b) Orificio de salida al exterior de un volcán. c) Conducto por el que asciende el magma desde el interior terrestre.* d) Conjunto de rocas y cenizas que se forma al enfriarse la lava.
8. ¿Cuáles de los siguientes grupos de animales son invertebrados? (87%-89%)	a) Aves. b) Peces. c) Insectos.* d) Anfibios.

9. Los seres vivos se organizan en diferentes niveles que presentan varios grados de complejidad. Dentro de estos niveles de organización ¿qué forman los tejidos que se unen para trabajar conjuntamente en una misma función? (56%-66%)	a) Órganos.* b) Aparatos. c) Moléculas. d) Sistemas entretejidos.
10. ¿Qué función biológica cumplen las flores en las plantas? (64%-82%)	a) La respiración. b) La reproducción.* c) La nutrición. d) La relación.
11. Además del agua y el Sol, ¿qué gas necesitan las plantas para realizar la fotosíntesis? (63%-61%)	a) O ₂ (oxígeno) b) CO (monóxido de carbono) c) CO ₂ (dióxido de carbono)* d) N ₂ (nitrógeno)
12. ¿Qué nombre reciben las hojas que forman el cáliz de una flor? (18%-40%)	a) Sépalos.* b) Estambres. c) Pétalos. d) Corola.
13. ¿Qué función tienen en las plantas los vasos liberianos? (42%-51%)	a) Absorber los rayos de luz solar. b) Transportar la savia elaborada desde las hojas al resto de la planta.* c) Transportar la savia bruta desde las raíces al resto de la planta. d) Absorber agua y sales minerales del suelo.
14. ¿En qué reino biológico se incluyen los virus? (53%-46%)	a) En el reino Hongos. b) En el reino Moneras. c) En el reino Protista. d) En ningún reino.*
15. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre las diferencias entre las células vegetales y las animales es correcta? (49%-63%)	a) Las células animales presentan citoplasma y las vegetales no. b) Las células vegetales poseen unos orgánulos llamados cloroplastos y su forma es poligonal.* c) Las células vegetales no tienen membrana celular y las animales sí. d) No se diferencian. Todas las células de los seres vivos son iguales.
16. ¿En qué parte del aparato respiratorio se produce el intercambio de O ₂ por CO ₂ en la sangre? (60%-72%)	a) Bronquios. b) Bronquiolos c) Alvéolos pulmonares.* d) Tráquea.
17. ¿Qué órgano se encarga de filtrar la sangre para separar las sustancias de desecho? (59%-70%)	a) Estómago. b) Hígado. c) Riñones.* d) Vejiga urinaria.
18. ¿Qué componente de la sangre se encarga de transportar el oxígeno? (55%-61%)	a) Plasma. b) Plaquetas. c) Glóbulos blancos. d) Glóbulos rojos.*
19. ¿Qué nombre recibe la célula resultante de la fecundación? (83%-86%)	a) Gametos. b) Óvulo. c) Espermatozoide. d) Cigoto.*

20. ¿En qué órgano del tubo digestivo tiene lugar el paso de la mayoría de los nutrientes a la sangre? (45%-60%)	a) En el intestino grueso. b) En el intestino delgado.* c) En el esófago. d) En el estómago.
21. En el aparato excretor, ¿qué conducto comunica con el exterior del cuerpo? (16%-23%)	a) Uréter. b) Ano. c) Uretra.* d) Vejiga urinaria.
22. ¿Qué órganos forman el sistema nervioso central? (47%-56%)	a) El encéfalo y la médula espinal.* b) El cerebro y el cerebelo. c) El cerebro, el cerebelo y el bulbo raquídeo. d) Los nervios periféricos y los nervios motores.
23. Durante la digestión, ¿qué órgano se encarga de producir la bilis? (15%-28%)	a) Páncreas. b) Estómago. c) Intestino delgado. d) Hígado.*
24. ¿Qué sustancias nutritivas, presentes en cereales y legumbres, nos aportan energía? (26%-37%)	a) Los lípidos. b) Las proteínas. c) Los glúcidos.* d) Las sales minerales.
25. ¿Cuál de los siguientes métodos utilizarías para separar un sólido de un líquido en una mezcla heterogénea? (73%-81%)	a) Imantación. b) Destilación. c) Filtración.* d) Cristalización.
26. ¿Cómo se conoce al cambio de dirección que se produce en un rayo luminoso al pasar de un medio material a otro? (57%-70%)	a) Reflexión. b) Difracción. c) Atenuación. d) Refracción.*
27. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre las fuentes de energía renovables es correcta? (49%-47%)	a) Se consideran fuentes de energía inagotables.* b) Son las fuentes de energía más utilizadas actualmente. c) La energía solar térmica es una fuente de energía renovable que genera electricidad mediante el uso de placas solares. d) No producen ningún tipo de impacto ambiental.
28. ¿Qué clase de cambios causan las modificaciones en la composición de la materia? (54%-75%)	a) Los cambios físicos. b) Los cambios químicos.* c) Los cambios biológicos. d) Ninguno de ellos, la materia no varía.
29. ¿Qué cualidad del sonido nos permite diferenciar uno grave de otro agudo? (48%-52)	a) El volumen. b) La intensidad. c) El tono.* d) El timbre.
30. ¿Qué color obtenemos al mezclar todos los colores del arco iris? (35%-36%)	a) Negro. b) Blanco.* c) Rojo. d) Amarillo.

B.-Instrumento empleado para evaluar el conocimiento sobre procesos de la ciencia (Se muestran promedios de aciertos en cada ítem antes-después de la formación).

El instrumento completo en inglés puede ser obtenido en la página web:

<http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/24239/dissertation.pdf?sequence=1>

1. Un estudiante quería saber si un incremento en la cantidad de vitaminas dada a los niños conlleva mayor crecimiento.

¿Cómo puede calcular el estudiante la rapidez con la que crecerán los niños? (61%-66%)

- A. Contando el número de palabras que los niños pueden decir a una determinada edad.
- B. Pesando la cantidad de vitaminas dada a los niños.
- C. Midiendo los movimientos de los niños.
- D. Pesando los niños cada semana.*

2. Pedro quería saber cuál de los tres tipos de suelo (arcilloso, arenoso y limoso) sería mejor para cultivar judías. Plantó plantones de judía en tres botes del mismo tamaño, pero utilizando diferentes tipos de suelo. Los botes se pusieron cerca de una ventana soleada después de regarlos con la misma cantidad de agua. Las plantas de judía fueron examinadas al cabo de diez días. Las diferencias en su crecimiento fueron registradas.

¿Qué factor crees que marcó una diferencia en las tasas de crecimiento de los plantones de judía? (89%-92%)

- A. La cantidad de sol disponible.
- B. El tipo de suelo usado.*
- C. La temperatura del entorno.
- D. La cantidad de clorofila presente.

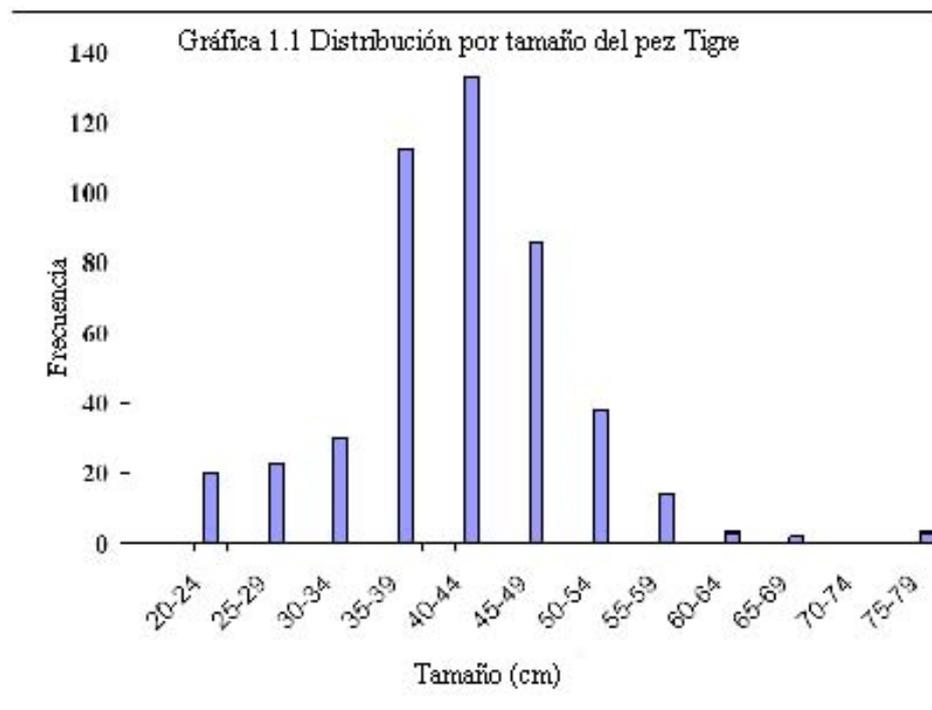
3. Una señora cultiva rosas como hobby. Tiene seis plantas de rosas rojas y seis plantas de rosas blancas. Un amigo le dijo que los rosales producen más flores cuando reciben el sol de la mañana. Ella pensó que cuando los rosales reciben el sol de la mañana en vez del sol de la tarde producen más flores.

¿Qué plan debería elegir para comprobar la idea de su amigo? (75%-78%)

- A. Colocar todos sus rosales al sol de la mañana. Contar el número de rosas producido por cada planta. Hacer esto por un periodo de cuatro meses. Entonces, calcular la cantidad media de rosas producidas por cada clase de rosal.
- B. Colocar todos sus rosales al sol de la mañana durante cuatro meses. Contar el número de flores producidas durante este tiempo. Entonces, colocar todos los rosales al sol de la tarde durante cuatro meses. Contar el número de flores producidas durante este tiempo.
- C. Colocar tres rosales blancos al sol de la mañana y los otros tres rosales blancos al sol de la tarde. Contar el número de flores producidas por cada rosal blanco durante cuatro meses.
- D. Colocar tres rosales rojos y tres blancos al sol de la mañana y tres rosales rojos y tres blancos al sol de la tarde. Contar el número de rosas producidas por cada planta durante cuatro meses.*

Las preguntas 4 y 5 se refieren a la gráfica siguiente.

El departamento de pesca quiere saber el tamaño medio del pez Tigre en la presa Tzaneen, de modo que puedan prevenir la sobrepesca. Llevan a cabo una investigación y los resultados son presentados en la gráfica de abajo.



4. ¿Cuál es el tamaño más común del pez Tigre encontrado en la presa Tzaneen? (89%-94%)
 - A. 75 – 79 cm.
 - B. 40 – 44 cm.*
 - C. 20 – 79 cm.
 - D. 45 – 49 cm.

5. ¿En qué rango de tamaño podrías encontrar el pez Tigre más largo? (74%-67%)
 - A. 75 – 79 cm.*
 - B. 40 – 44 cm.
 - C. 20 – 79 cm.
 - D. 35 – 49 cm.

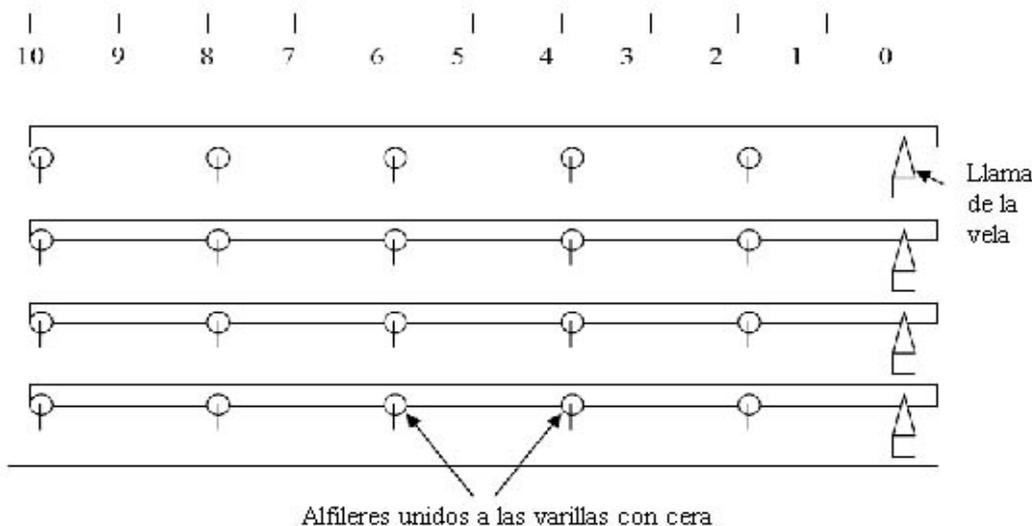
6. María quiere saber qué determina el tiempo que lleva hervir el agua. Pone la misma cantidad de agua en cuatro recipientes de diferentes tamaños, hechos de barro, acero, aluminio y cobre. Aplica la misma cantidad de calor a los recipientes y mide el tiempo que tarda en hervir el agua en cada uno de ellos.

¿Cuál de las siguientes opciones podría afectar el tiempo que tarda el agua en hervir en esta investigación? (61%-69%)

 - A. La forma del recipiente y la cantidad de agua usada.
 - B. La cantidad de agua en el recipiente y la cantidad de calor usada.
 - C. El tamaño y el tipo de recipiente usado.*
 - D. El tipo de recipiente y la cantidad de calor usado.

7. Un profesor quiere averiguar cómo de rápido conducen el calor diferentes materiales. Usa cuatro varillas con la misma longitud y diámetro, pero hechas de materiales diferentes. Pega alfileres idénticos a las varillas usando cera, a intervalos regulares como muestra la gráfica de abajo. Todas las varillas fueron calentadas en un extremo al mismo tiempo usando velas. Tras dos minutos, se contaron los alfileres que cayeron de cada varilla.

Diagrama 1.1



¿Cómo es medida la velocidad (rango) de la conducción del calor por las distintas varillas en este estudio? (44%-48%)

- A. Determinando la varilla que condujo más rápido el calor cuando se calentó.
 - B. Contando el número de alfileres que caen de cada varilla después de 2 minutos.*
 - C. Contando el número de minutos que lleva a cada alfiler caer de la varilla.
 - D. Usando cera para medir el rango de la conducción térmica.
8. Un granjero quiere aumentar la cantidad de harinosos que produce. Decide estudiar el factor que afecta la cantidad de harinosos producida.

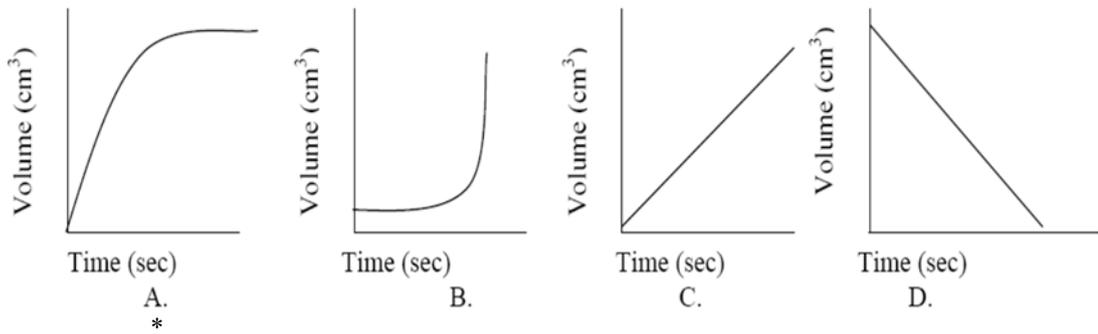
¿Cuál de las siguientes ideas podría probar? (51%-47%)

- A. Cuanto mayor sea la cantidad de harinosos producida, mayores beneficios por año.
 - B. Cuanto mayor sea la cantidad de fertilizantes usados, mayor cantidad de harinosos producidos.*
 - C. Cuanto mayor sea la cantidad de lluvia, más efectivos serán los fertilizantes usados.
 - D. Cuanto mayor sea la cantidad de harinosos producida, más barato es el coste de los harinosos.
9. Susana lleva a cabo una investigación en la cual reaccionó magnesio con ácido clorhídrico diluido. Cada segundo anotó el volumen de hidrógeno producido por la reacción. Los resultados se muestran más abajo.

Tiempo (segundos)	0	1	2	3	4	5	6	7
Volumen (cm ³)	0	14	23	31	38	40	40	40

Tabla 1.1. Muestra el volumen de hidrógeno producido por segundo.

¿Cuál de las siguientes gráficas muestra estos resultados correctamente? (89%-91%)



10. Una profesora de ciencias quería averiguar el efecto del ejercicio sobre el pulso. Pidió a tres grupos de alumnos que hicieran algunas flexiones durante un periodo de tiempo concreto y después midió sus pulsaciones: un grupo hizo flexiones durante un minuto; el segundo grupo durante dos minutos; el tercer grupo durante tres minutos y el cuarto grupo no hizo ninguna flexión en absoluto.

¿Cómo se mide el pulso en esta investigación? (61%-68)

- A. Contando el número de flexiones en un minuto.
 B. Contando el número de pulsaciones en un minuto.*
 C. Contando el número de flexiones hechas por cada grupo.
 D. Contando el número de pulsaciones por grupo.
11. Cinco mangueras diferentes son usadas para bombear gasóleo desde un tanque. La misma bomba se usa para cada manguera. La tabla siguiente muestra los resultados de una investigación que se hizo sobre la cantidad de gasóleo bombeado desde cada manguera.

Tamaño (diámetro) de la manguera (mm)	Cantidad de gasóleo bombeado por minuto (litros)
8	1
13	2
20	4
26	7
31	12

Tabla 1.2. Muestra la cantidad de gasóleo bombeado por minuto

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe el efecto del tamaño de la manguera sobre la cantidad de gasóleo bombeado en un minuto? (68%-68%)

- A. Cuanto más grande es el diámetro de la manguera, mayor es la cantidad de gasóleo bombeado.*
 B. Cuanto mayor es la cantidad de gasóleo bombeado, más tiempo se usa para bombearlo.
 C. Cuanto más pequeño es el diámetro de la manguera, mayor es la velocidad a la cual el gasóleo se bombea.
 D. El diámetro de la manguera tiene un efecto sobre la cantidad de gasóleo bombeado.

12. Doctores advirtieron que, si ciertas bacterias eran inyectadas en un ratón, desarrollaba ciertos síntomas y moría. Cuando las células del ratón fueron examinadas bajo el microscopio, se vio que la bacteria no se propagaba por el cuerpo del ratón, sino que permanecía en el área de infección. Por lo tanto, se pensó que la muerte no era causada por la bacteria, sino por ciertas sustancias químicas tóxicas producidas por ellas.

¿Cuál de las afirmaciones de abajo proporcionan una posible explicación para la causa de la muerte del ratón? (64%-69%)

- A. El ratón murió por las células que fueron eliminadas de él para ser examinadas bajo el microscopio.
- B. La bacteria no se propagó por el cuerpo del ratón, pero permaneció en el lugar de la infección.
- C. La sustancia química tóxica producida por la bacteria mató al ratón.*
- D. El ratón murió al desarrollar ciertos síntomas.

13. David piensa que cuanto más presión de aire hay en un balón de fútbol, más lejos se mueve al golpearlo. Para investigar esta idea, usa varios balones de fútbol y una bomba de aire con un indicador de presión. ¿Cómo debería David probar su idea? (90%-92%)

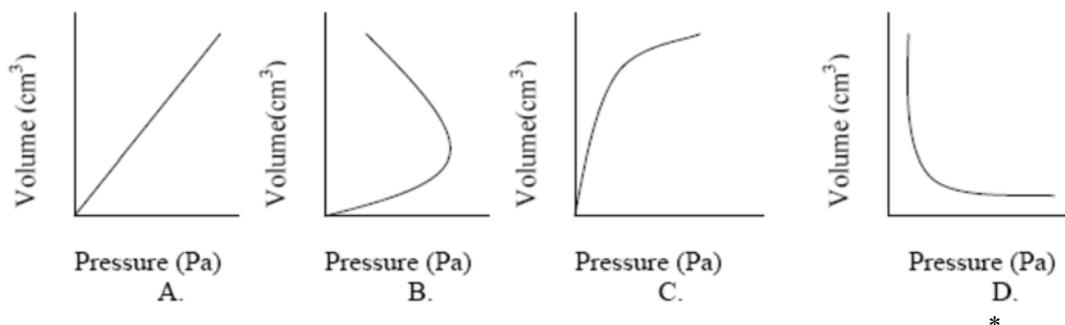
- A. Chutar las pelotas de fútbol con fuerzas diferentes desde el mismo punto.
- B. Chutar las pelotas de fútbol que tienen distinta presión de aire desde el mismo punto.*
- C. Chutar las pelotas de fútbol que tienen la misma presión de aire en ángulos diferentes sobre el terreno.
- D. Chutar las pelotas de fútbol que tiene diferente presión de aire desde distintos puntos sobre el terreno.

14. En una clase de ciencias querían investigar el efecto de la presión sobre el volumen usando globos. Llevaron a cabo un experimento en el cual cambiaron la presión sobre un globo y midieron su volumen. Los resultados del experimento se muestran en la tabla de abajo.

Presión sobre el globo (Pa)	Volumen del globo (cm ³)
0.35	980
0.70	400
1.03	320
1.40	220
1.72	180

Tabla 1.3. Muestra la relación entre la presión sobre un globo y su volumen.

¿Cuál de las siguientes gráficas representa los datos arriba indicados correctamente? (77%-80%)



15. Un motorista quiere averiguar si un coche usa más combustible cuando se conduce a alta velocidad. ¿Cuál es el mejor modo de hacer esta investigación? (37%-32%)

- A. Preguntar a distintos conductores cuanto combustible usan en una hora cuando conducen rápido y descubrir la cantidad media de combustible usado por hora.
- B. Usar su propio coche para conducir varias veces a diferentes velocidades y anotar la cantidad de combustible usado cada vez.
- C. Debe conducir su coche a alta velocidad durante una semana y después conducirlo a baja velocidad durante otra semana y anotar la cantidad de combustible usado en cada caso.
- D. Pedir a varios conductores que conduzcan distintos coches cubriendo la misma distancia muchas veces a diferentes velocidades y anotar la cantidad de combustible usado en cada viaje.*

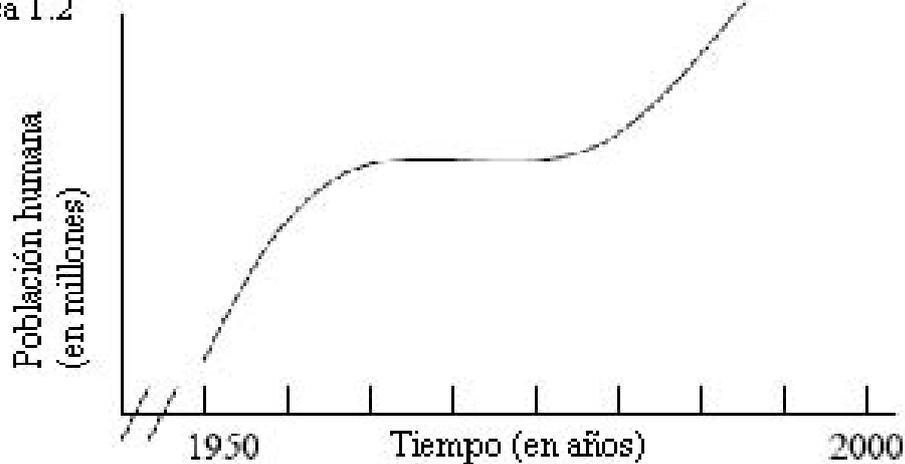
16. Un alumno observó que los hormigueros (módulos de termitas) en una cierta reserva natural tendían a inclinarse hacia el oeste, en lugar de estar rectos. En esta área, el viento sopla hacia la dirección en la cual los hormigueros se inclinan.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones puede ser probada para determinar qué causa que el hormiguero se incline hacia el oeste en esta reserva natural? (17%-22%)

- A. Los hormigueros están hechos por termitas.
- B. Los hormigueros se orientan en la dirección en la cual sopla el viento.
- C. Los hormigueros se inclinan hacia el oeste para evitar el sol y la lluvia.*
- D. La distribución de hormigueros depende de la dirección del viento.

17. La gráfica de abajo muestra los cambios en la población humana desde el año 1950 al 2000.

Gráfica 1.2



¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la gráfica? (93%-96%)

- A. La población humana crece a medida que aumenta el número de años.
- B. La población humana primero crece, después decrece y aumenta otra vez a medida que el número de años aumentan.
- C. La población humana primero crece, después permanece igual y crece otra vez a medida que el número de años aumenta.*
- D. La población humana primero decrece, después permanece igual a medida que el número de años aumenta.

18. Víctor quiere averiguar la cantidad de agua contenida en carne, pepino, col y granos de maíz. Picó finamente cada alimento y midió cuidadosamente 10 gramos de cada. Entonces, puso cada alimento en un plato y dejó todos los platos en un horno a 100 °C. Tras un intervalo de 30 minutos, midió la masa de cada alimento hasta que la masa de los alimentos no cambió en dos medidas consecutivas. Después determinó la cantidad de agua contenida en cada uno de los alimentos.

¿Cómo se mide la cantidad de agua contenida en cada alimento en este experimento? (68%-65%)

- A. Calentando las muestras a una temperatura de 100 °C y evaporando el agua.
- B. Midiendo la masa de los alimentos cada 30 minutos y determinando la masa final.
- C. Picando finamente cada alimento y midiendo 10 gramos de ellos al principio de la investigación.
- D. Descubriendo las diferencias entre la masa original y final de cada alimento.*

19. En un anuncio de radio se afirma que Surf (un detergente) produce más espuma que otros tipos de jabón en polvo. Raquel quería confirmar esta afirmación. Puso la misma cantidad de agua en cuatro cuencos y añadió 1 taza de un tipo diferente de jabón en polvo (incluyendo Surf) a cada cuenco. Agitó vigorosamente el agua en cada cuenco y observó el que más espuma producía.

¿Cuál de los factores de abajo probablemente **NO** afecta a la producción de espuma del jabón en polvo? (80%-81%)

- A. La cantidad de tiempo usado para agitar el agua.
- B. La cantidad de agitación realizada.
- C. El tipo de cuenco utilizado.*
- D. El tipo de jabón en polvo utilizado.

20. Monde notó que la lana de acero que utiliza para limpiar sus ollas se oxida rápidamente si se expone al aire después de usarla. También advirtió que tarda mucho tiempo en oxidarse si se deja en agua. Se preguntó si es el agua o el aire lo que causa que la lana de acero se oxide.

¿Cuál de los siguientes enunciados podría probarse para responder a la preocupación de Monde? (22%-13%)

- A. La lana de acero limpia las ollas mejor si está expuesto al aire.
- B. La lana de acero tarda más tiempo en oxidarse si se deja en agua.
- C. El agua es necesaria para que la lana de acero se oxide.*
- D. El oxígeno puede reaccionar con la lana de acero.

21. Un profesor de ciencias quiere demostrar la capacidad de elevación de los imanes a sus alumnos. Usa muchos imanes de diferentes tamaños y formas. Pesa la cantidad de limaduras de hierro recogidas por cada imán.

¿Qué explica la capacidad de elevación de los imanes en esta investigación? (47%-48%)

- A. El peso del hierro recogido por los imanes. *
- B. El tamaño del imán usado.
- C. El peso del imán empleado para recoger las limaduras de hierro.
- D. La forma del imán utilizado.

22. Julián quería mostrar a su amigo que el tamaño de un recipiente afecta a la tasa de agua perdida cuando el agua hierve. Vertió la misma cantidad de agua en recipientes de diferentes tamaños, pero hechos del mismo material. Aplicó la misma cantidad de calor a todos los recipientes. Después de 30 minutos, midió la cantidad de agua que quedaba en cada recipiente.

¿Cómo se midió la tasa de agua perdida en esta investigación? (71%-70%)

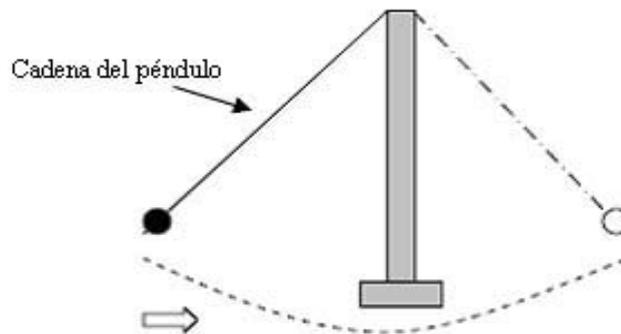
- A. Midiendo la cantidad de agua en cada recipiente después de calentarlo.
- B. Usando recipientes de diferentes tamaños para hervir el agua durante 30 minutos.
- C. Estableciendo el tiempo que tarda en hervir el agua en cada recipiente.
- D. Estableciendo la diferencia entre la cantidad inicial y final de agua en un tiempo determinado.*

23. Un jardinero escolar corta el césped de 7 campos de fútbol diferentes. Cada semana, corta un campo diferente. El césped es habitualmente más largo en algunos campos que en otros. Él hace algunas suposiciones sobre por qué la altura del césped es diferente. ¿Cuál de las siguientes es una explicación comprobable adecuada para la diferencia en la altura del césped? (60%-70%)

- A. Los campos que reciben más agua tienen el césped más largo.*
- B. Los campos que tienen el césped más corto son más adecuados para jugar al fútbol.
- C. Cuantas más piedras hay en el campo, más difícil es cortar el césped.
- D. Los campos que absorben más dióxido de carbono tienen el césped más largo.

24. Jaime quería saber la relación entre la longitud de la cadena de un péndulo y el tiempo que tarda un péndulo en hacer un balanceo completo. Ajustó la cadena del péndulo a diferentes longitudes y anotó el tiempo que tardó el péndulo en hacer un balanceo completo.

Diagrama 1.2 Un péndulo

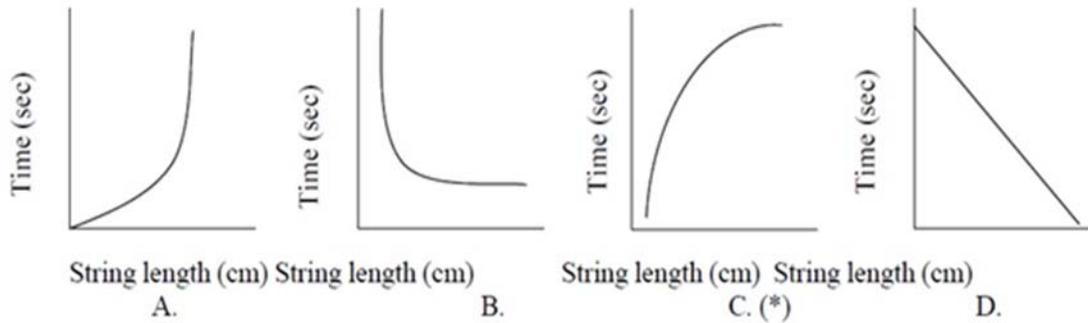


Obtuvo los siguientes resultados de una investigación.

Longitud de la cadena (cm)	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0
Tiempo que tarda (segundos)	1.80	2.02	2.21	2.39	2.55	2.71

Tabla 1.4. La relación entre la longitud de la cadena de un péndulo y el tiempo que tarda el péndulo en hacer un balanceo completo.

¿Cuál de las siguientes gráficas representa correctamente la información arriba indicada arriba? (56%-73%)



25. Un granjero cría gallinas en jaulas. Advierte que algunas gallinas ponen más huevos que otras. Otro granjero le dice que la cantidad de comida y el agua dada a las gallinas y el peso de las gallinas afectan al número de huevos que ponen.

¿Cuál de los siguientes enunciados **NO** es probable que sea un factor que afecte al número de huevos puesto por las gallinas? (87%-87%)

- A. El tamaño de la jaula donde se ponen los huevos.*
- B. El peso de las gallinas.
- C. La cantidad de comida dada a las gallinas.
- D. La cantidad de agua dada a las gallinas.

26. Una clase de ciencias quería comprobar los factores que pueden afectar la altura de la planta. Creyeron que la siguiente es una lista de factores que podrían ser probados: la cantidad de luz, la cantidad de humedad, el tipo de suelo y cambios en la temperatura.

¿Cuál de los enunciados de abajo podría ser probado para explicar el factor que pueda afectar la altura de la planta? (26%-31%)

- A. Un incremento en la temperatura causará un incremento en la altura de la planta.*
- B. Un incremento en la luz solar causará un decrecimiento en la humedad de la planta.
- C. Una planta dejada en la luz será más verde que una dejada en la oscuridad.
- D. Una planta en suelo arenoso pierde más agua que una en suelo arcilloso.

27. Una profesora de biología quería mostrar a su clase la relación entre la intensidad luminosa y la tasa de crecimiento de las plantas. Llevó a cabo una investigación y obtuvo los siguientes resultados.

Intensidad de la luz (Candela)	Tasa de crecimiento de la planta (cm)
250	2
800	5
1000	9
1200	11
1800	12
2000	15
2400	13
2800	10
3100	5

Tabla 1.5. Muestra la relación entre la intensidad de la luz y la tasa de crecimiento de una planta.

¿Cuál de los siguientes enunciados describe correctamente lo que muestran los resultados? (79%-85%)

- A. A medida que la intensidad luminosa aumenta, el crecimiento de la planta también aumenta.
- B. A medida que la planta crece, la intensidad luminosa disminuye.
- C. A medida que la planta crece, la intensidad luminosa aumenta y después disminuye.
- D. A medida que la intensidad luminosa aumenta, el crecimiento de las plantas aumenta y después disminuye.*

Las preguntas 28, 29 y 30 se refieren a la investigación de abajo

Carlos está preocupado acerca de cómo el frío invierno afectará el crecimiento de sus tomates. Decidió investigar el efecto de la temperatura sobre la tasa de crecimiento de las tomateras. Plantó plantones de tomate en cuatro macetas idénticas con el mismo tipo de suelo y la misma cantidad de agua. Las macetas fueron colocadas en diferentes cajas de cristal con diferentes temperaturas: una a 0 °C, la otra a 10 °C y otra a temperatura ambiente y la cuarta a 50 °C. Las tasas de crecimiento de las tomateras fueron anotadas tras 14 días.

28. ¿Qué efecto produce las diferencias de temperatura en esta investigación? (55%-70%)

- A. La diferencia en las estaciones.
- B. La diferencia en la cantidad de agua usada.
- C. La diferencia en la tasa de crecimiento de las tomateras.*
- D. La diferencia en el tipo de suelo usado en las diferentes macetas.

29. El factor o los factores que fueron investigados en el experimento arriba indicado son: (85%-91%)

- A. Cambios en la temperatura y el tipo de suelo usado.
- B. Cambios en la temperatura y la tasa de crecimiento de las tomateras.*
- C. La tasa de crecimiento de las tomateras y la cantidad de agua utilizada.
- D. El tipo de suelo utilizado y la tasa de crecimiento de las tomateras.

30. ¿Cuál de los siguientes factores se mantuvieron constantes en esta investigación? (76%-86%)
- A. El tiempo y la tasa de crecimiento de las tomatas.
 - B. La tasa de crecimiento de las tomatas y la cantidad de agua utilizada.
 - C. El tipo de suelo y la cantidad de agua utilizada.*
 - D. La temperatura y el tipo de suelo utilizado.

Capítulo 7:

Pre-service Primary Teachers' Scientific Knowledge and Attitudes towards Science Learning and Their Influence on Understanding of the Nature of Science

Resumen

The present study focused on the knowledge about the nature of science and the question to what extent this knowledge could be explained by scientific knowledge, and attitudes towards science learning. We obtained data from 171 Spanish pre-service elementary teachers on their knowledge about: a) science concepts, b) science process skills, c) the nature of science (that was split into science construction and validation and scientific models role and function), and d) their attitudes towards science learning. Quantitative and qualitative analyses provided interesting results: a) there were significant correlations between any pair of scores of conceptual knowledge, procedural knowledge and attitudes towards science learning; b) knowledge on scientific models elaboration and validity was significantly predicted by scientific conceptual knowledge; c) knowledge on science construction and validation was not predicted by science knowledge (concepts and processes) or attitudes; d) only 22,7% of all the participants showed coherent ideas aligned to the current accepted science epistemology; and e) having high science knowledge (concepts and processes) and also good attitudes toward science learning did not guarantee correct ideas regarding science construction and scientific models. We conclude that specific content about the nature of science should be explicitly included in pre-service teachers' programs as it is not implicitly provided by other types of science content.

Pre-service Primary Teachers' Scientific Knowledge and Attitudes towards Science Learning and Their Influence on Understanding of the Nature of Science

7.1.-Introduction

Understanding how scientific knowledge is elaborated is an unavoidable basic objective in science education and has received a lot of attention in the specialised research (Osborne, Collins, Ratcliffe, Miller & Duschl, 2003). Several reasons justify this objective: it improves the attitude towards science, it clearly reveals scientific methodology as a key factor in the construction of scientific knowledge, and it fosters students' critical thinking and conceptual change through the acceptance of the paradigmatic changes in science (Carey & Smith, 1993). Alan Leshner, Chief Executive Officer of the American Association for the Advancement of Science (AAAS), stated that understanding of the nature of science (NoS onwards) is more important than knowing specific details in basic Science education (Perking-Gough, 2007). Also, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) recognised the importance of understanding the process which generates scientific knowledge (OECD, 2006).

However, NoS is scarcely faced in the science classroom (Abd-El-Khalich, Bell & Lederman, 1998; McComas, Almazroa & Clough, 1998). In fact, several studies carried out in different countries and at diverse academic levels have shown that textbooks, a fundamental tool in science education, present a distorted image of what the scientific knowledge is and of the way in which science is elaborated (Solaz-Portolés, 2010). But probably most teachers implicitly suppose that teaching science content properly will cause suitable learning on NoS as well. A question that

emerges is, to what extent an appropriate science content teaching brings about, as a natural consequence, a suitable NoS knowledge? If the answer to the above question were affirmative, then NoS would be some kind of a redundant knowledge. If the answer were negative, then NoS should be explicitly taught in the science classrooms, as this specific knowledge has proved to benefit students in their academic success. For instance, knowing how the scientific knowledge grows and/or change is particularly relevant for students to understand their own difficulties in science learning. In this regard, according to Duschl (1990), students may accept to modify their ideas only if they internalise the nature of the processes involved in scientific research. In a study conducted by Sandoval (2003) evidences were obtained of an interrelationship between understanding of scientific concepts and epistemological ideas about NoS in secondary students. Butler-Songer and Linn (1991), and Šorgo, Usak, Kubiato, Fančovičova, Prokop, Puhek, Skoda, and Bahar (2014) conducted valuable studies in this vein. The former (Butler-Songer & Linn, 1991) gave evidence that students believing that scientific ideas can change and understanding that how scientific ideas have been generated is essential for learning these ideas (i.e. those having a “dynamic vision of science”) showed better understanding and generate a more integrated knowledge in Thermodynamics. In the latter work (Šorgo et al., 2014), the authors gave, as a side-effect, a significant correlation between students' science knowledge levels (in this case, about genetics and evolution) and their understanding of NoS.

There is no doubt, teachers' science knowledge is strongly related to students' science comprehension. However, concerning the influence of teachers' knowledge about NoS on students' science understanding, less certainty is attained. Some studies have suggested that students' beliefs about NoS are more dependent on specific instructional strategies, learning activities and decisions that are made throughout the teaching sequence (Lederman, 1992), than on teachers' own conceptions about NoS (Brickhouse, 1990; Lederman, 1999; Mellado, 1997; Waters-Adams, 2006). However, the design and implementation of teachers' pedagogical actions might involve teachers' conceptions on NoS, which would thus indirectly influence students.

7.1.1.-Research questions and hypotheses

In summary, students' knowledge about NoS improves their science deep comprehension and fosters their conceptual change when needed. Students' knowledge about NoS is more influenced by teachers' pedagogical actions than by

teachers' knowledge about NoS. In addition, if the students' knowledge about NoS were (in part) explained by science knowledge (concepts and process skills) and, perhaps by attitudes towards science, making explicit beliefs about NoS could be (in part) less necessary. Opposite, if this explanation were insufficient, teachers should be trained to be aware of their epistemic beliefs and to explicitly teach about NoS in their science education sessions, in addition to concepts and process skills.

We aimed at answering the following question: To what extent the knowledge about NoS can be explained by the knowledge about science content, and attitudes towards science learning?

This work focuses on particular students, pre-service elementary teachers. Some studies on primary teachers renewed the concern about their poor science background knowledge (Appleton, 1996; Verdugo, Solaz-Portolés & Sanjosé, 2014). However, science knowledge has usually been split into conceptual and procedural knowledge. Rittle-Johnson and Alibali (1999) investigated the association between conceptual and procedural knowledge. Their findings highlighted the causal relations between conceptual and procedural knowledge and suggested that conceptual knowledge may have a greater influence on procedural knowledge than reverse. Nevertheless, some research found low pre-service teachers' knowledge on science process skills (Foulds & Rowe, 1996; Chabalengula, Mumba & Mbewe, 2012). Concerning attitudes to science, Milner-Bolotin, Antimirova, Noack and Petrov (2011) found a correlation between students' attitudes about science and their science conceptual learning. The results of the Uitto and Kärnä's (2014) study indicate that learning activities focused on procedural knowledge (experimental investigations and observations, pondering causes and effects, applying knowledge to everyday live,...) are essential to enhance students' attitudes to science learning. A positive and significant correlation between the ability of pre-service primary school teachers to develop and implement science process skills and their attitudes towards science was also found by Downing and Filer (1999).

On the other hand, evidence has been obtained about pre-service and in-service primary teachers' and pre-service and in-service secondary teachers' worrying misconceptions about NoS (Guisasola & Morentín, 2007; Lederman 1992; Mellado 1997; Sariheddine & Boujaoud, 2014; Vázquez-Alonso, García-Carmona, Manassero-Mas & Benàssar-Roig, 2013). Research findings have indicated that teachers' knowledge on science construction and validation as well as their knowledge on scientific models role and function proved to be limited and diverse (Irez, 2006; Dogan & Abd-El-Khalick, 2008; Van Driel & Verloop, 1999).

For this reason, we also want provide an answer to the question: Are pre-service primary teachers' ideas on NoS in line with current scientific epistemology?

In the present study, we will consider science knowledge as a well-defined construct having two components, conceptual and procedural knowledge (at least, as NoS is considered independently in the present study). In addition, we will consider attitudes towards science learning (emotional component) as an important factor for deep science learning. Up to our knowledge there haven't been many investigations that have directly and simultaneously examined the relationship among science conceptual, procedural knowledge, attitudes towards science, and knowledge about NoS in pre-service teachers, by specific quantitative instruments.

From our first research question, the hypothesis is formulated as follows: Pre-service primary teachers' knowledge about science concepts and processes, as well as students' attitudes towards science learning will predict their knowledge about NoS. Our hypothesis about the second research question is that only pre-service teachers having high science knowledge and good attitudes towards science learning will show coherent epistemic beliefs about NoS that are close to the currently accepted epistemology of science.

7.2.-Methodology

7.2.1.-Experimental design

A mixed methodology was carried out in two stages. In the first stage, a transactional or cross sectional design was used, as measures were taken at once. According to our goals, first we studied the relationship between conceptual knowledge, procedural knowledge, attitudes towards science learning and knowledge about NoS. Thus, we will calculate Pearson's correlations between each pair of scores for these measures. Then, we tried to explain the knowledge about NoS from the science knowledge and attitudes by means of proper regression tests. To do that, reliable and independent measures for these variables were needed. A qualitative analysis on the pre-service primary teachers' ideas on NoS was carried out in the second stage. We conducted semi-structured interviews with a few students having high science content

knowledge and positive attitudes to science learning in order to analyze the consistency of their ideas about science construction and scientific models.

7.2.2.-Quantitative study

7.2.2.1.-Participants

We started with a sample of 210 university students, but we had an experimental mortality of 39 subjects. Hence, the final sample was made by 171 male and female participants belonging to five different intact groups. All of them were undergraduate students in the third year (out of four) at the Pre-service Teacher Training Faculty in one of the big Spanish universities. Their ages typically ranged from 19 to 23 years old, with an average of 21.4 years old. This sample was different from the one in studies included in Chapters 4 and 6.

7.2.2.2-Instruments

We needed our measures to be as independent as possible in order to achieve our goals. It would be non-sense mixing concepts and processes and then testing the concepts-process skills relationship. Usually science knowledge tests, as those in PISA (Programme for International Student Assessment) for example, use “mixing” tasks which are suitable to give educational information on students’ in-context knowledge (i.e. on science education competences). However, when a hypothesised theoretical relationship between certain components has to be studied, independent measures of these components are needed. Instruments chosen in the present work provided independent measures for science concepts and process skills, attitudes and NoS.

For the science concept knowledge measure we used an instrument developed and validated by Verdugo-Perona, Solaz-Portolés and Sanjosé (2016) for pre-service elementary teachers (according to Barody, Feil and Johnson (2007) this instrument includes facts, generalizations and principles). After validation, a shorter second version made of 30 multiple choice items was proposed. Here we used this last version (reliability: KR-20= 0.67) which properly discriminated knowledge on content blocks (natural environment and its preservation, diversity of living beings, health science and personal development, and matter and energy) present in

elementary Science curriculum in Spain (De Pro & Miralles, 2009). All the 30 items have a pure conceptual nature, i.e. no other concepts or process skills were needed to give the correct answer. The Appendix shows this questionnaire and the results obtained from the sample. Scoring was obtained by summing up the 30 item scores: 1 point for the right answer and 0 otherwise.

To measure the students' knowledge on science process skills (procedural knowledge associated to intellectual skills) we also utilized a 30 multiple choice item questionnaire. Content validity and reliability (split-half method: 0.81) was determined by Monde-Monica (2005). Scoring was also obtained by summing up the 30 item scores: 1 point for the right answer and 0 otherwise. The Appendix also shows this questionnaire.

We have applied a 13 items questionnaire designed in Spain by Ortega, Saura, Mínguez, García de las Bayonas and Martínez (1992) which test attitudes towards science learning. This test showed a high reliability (Cronbach's Alpha= 0.86). It uses a five-grade Likert-type scale to assess the subject's agreement to the statements provided. The level of agreement, and then the score, varies from "Totally disagreed" (1 point) to "Fully agreed" (5 points). Six items represent negative attitudes. Scores for these items were reversed (from 5 to 1 point). In our calculations, we converted the mean score for each student (ranging 1-5) into a new score ranged 0-1. This test and the global results obtained can be found in the Appendix.

To evaluate the understanding of the NoS we used the instrument developed and validated by Vasques-Brandão, Solano-Araujo, Angela-Veit and Lang de Silveira (2011). This is also a five-grade Likert-type scale questionnaire. The original instrument was split into two alternative and equivalent 23 item questionnaires (Form 1 and Form 2) with high reliability (Cronbach's alpha coefficient of 0.87 and 0.86 respectively). We used Form 2 shown in the Appendix with the global results in each item. Some items are related with conceptions about how science is generated and validated (i.e., goals, fallibility, reliability, etc.), while other items explore conceptions on the role scientific models have in scientific knowledge (role, function, etc.). Scoring was the same as in the attitudes questionnaire. Due to the structure, we obtained two different scores, one for conceptions about the scientific knowledge construction and validation (SK) and another one for conceptions on the role and function of scientific models in science (SM).

7.2.2.3-Procedure

Instruments were administrated at the beginning of the academic year, in two different classroom sessions. In the first session, the science concepts test and the science process skills test were provided to participants. Two days later, in the second session, the attitudes and the NoS questionnaires were administered. Both sessions lasted about 90 minutes.

7.2.3.-Qualitative study

7.2.3.1-Participants

A few students were chosen due to their results in the tests of scientific conceptual knowledge, science process skills, attitudes towards science learning and the understanding of the nature of science. These participants obtained high scores (in the third tercile) in the concept and in the processes tests, and also in attitudes towards science learning in a very coherent way. In addition, they were in the upper half of the SM (conceptions on the role and function of scientific models in science) scores range but, unexpectedly, they were in the lower half of the SK (scientific knowledge construction and validation) scores range. This suggests that they presented contradictory epistemological viewpoints of SK and SM. We tried to identify the nature and reasons for the apparent contradictions by interviewing these students.

7.2.3.2-Procedure

The results obtained for the SK and SM component of NoS, suggested analysing pre-service teachers' ideas about NoS in some detail. For clarification purposes, we classify pre-service teachers' ideas in SK and SM according to the three epistemologies proposed by Carey and Smith (1993) and Driver, Leach, Millar, and Scott (1996): phenomenon-based, relation-based, and model-based ideas. In the first one, students believe than science is a kind of "seeking-for-the truth" process and it is build using a well-defined and infallible "method". Scientists' ideas are not relevant for guiding science construction and the row observation is the key-piece for learning how the nature behaves. In a second group students are able to appreciate the role of the hypothesis-testing, and they accept that scientists' previous knowledge

influences their hypotheses. Even though hypotheses can be refuted and so, science can change, this is a non-desired effect due to human's limitations and fallibility, but not an inherent factor in science construction. The "genuine" scientific knowledge is cumulative and "erroneous" theories are rejected. In the last group students' ideas are similar to the current science epistemology.

Previous to the interview, one of the researchers (JJV) selected those items showing contradictory epistemological viewpoints in the questionnaire of each selected student, i.e. pair of statements having contradictory information according to an expert point of view. A protocol to conduct the interviews was defined. First, we fostered the active participation of the interviewee through explanation that he/she was selected due to their good science knowledge and attitudes, and that the focus of our interest was to clarify some answers given to the NoS questionnaire to increase researchers' understanding. In that way, we tried to avoid preventing students from change their answers simply because researchers considered them wrong. Next, a copy of his/her answers to the NoS questionnaire was handed in, encouraging the student to remember the reason why he/she gave them in the past corresponding session. After about 10 minutes, each participant was asked for those "target" contradictory items previously selected by the researchers. The student had to carefully clarify both, the meaning of item statement and the answer given to it. He/she was informed he/she was free to support his/her initial answer or to change it. When the interview was over, the interviewee had the opportunity of making additional comments on any issue he/she considered relevant. No time limit was imposed to interviews and each lasted between 20 and 30 minutes.

7.3.-Results and discussion

7.3.1.-Quantitative study

Table 7.1 shows the mean values and standard deviations of the measures obtained from the sample. The NoS measure was split into general knowledge on science construction and validation (SK) and scientific models role and function (SM), the main two components of the validated instrument used to assess NoS. All the scores from the different tests were normalized to values between 0 and 1.

Table 7.1. Mean values and standard deviations of each of the measures.

	NoS	SK	SM	Concepts	Processes	Attitudes
Mean	0.62	0.61	0.63	0.55	0.73	0.78
S. D.	0.12	0.13	0.17	0.14	0.04	0.13

It should be stressed the high mean scores obtained in procedural measurements (0.73) and in the attitudes towards science learning (0.78). However, despite the characteristics of the test (based on basic scientific concepts in primary education), a lower mean score was obtained for conceptual knowledge (0.55). Therefore, science concepts knowledge in our pre-service teachers was not good in average, as it is apparent in Appleton's study (1996). The science procedural knowledge was high in this sample, at variance with the results obtained by Foulds and Rowe (1996), and by Chabalengula, Mumba and Mbewe (2012). The disagreement is probably due to differences in the instruments used to obtain the data.

Firstly, we computed the Pearson's correlation coefficients between each pair of scores. These correlations are shown in Table 7.2.

Table 7.2. Pearson's correlations between each pair of measures.

	NoS	SK	SM	Concepts	Processes	Attitudes
NoS	1	0.76**	0.65**	0.11	0.07	0.06
SK		1	0.26**	-0.04	0.06	0.09
SM			1	0.26**	0.08	-0.02
Concepts				1	0.35**	0.31**
Processes					1	0.17*

**Significant correlation at the 0.01 level. *Significant correlation at the 0.05 level.

On the one hand, statistically significant, but weak, correlations between concept knowledge, procedural knowledge and attitudes have been found. Thus, we obtain a significant and positive correlation between science concepts and science process skills scores, giving support to the science knowledge construct. We also obtain a positive significant correlation between attitudes towards science learning and conceptual knowledge, which is consistent with the Milner-Bolotin, Antimirova, Noack and Petrov's study (2011). We notice that there is a significant and positive correlation between attitudes and science process skills scores which is similar to the one reported by the Downing and Filer's work (1999). On the other hand, a small,

but statistically significant correlation coefficient between concepts and SM (construction and validation of scientific models) was also found. Nevertheless, SK (scientific knowledge construction and validation) did not significantly correlate with knowledge or attitudes scores (the truth is that the correlation was non-existent). This result mainly motivated the later interviews.

The trend in educational research is to recognize limitations of linear regression and turn to logistic regression for explaining relationships between a categorical outcome variable and a mixture of continuous and categorical predictors (Peng, Lee & Ingersoll, 2002). In fact, the research community admits the superiority of logistic regression over linear models (Peng, So, Stage & John, 2002). In order to study whether NoS could be explained from science knowledge (conceptual and procedural) and attitudes to science learning, the SM and SK measures were dichotomized. The lower scores (1 and 2) were associated to an incorrect epistemic conception and the higher scores (3, 4, and 5) to the nowadays accepted epistemic conception of science. Then, we carried out different logistic regression analyses for SK and SM. In that way, we aimed to predict the correct epistemic knowledge from science knowledge and attitudes to learning science. Scores for concept knowledge (C), procedural knowledge (P) and attitudes towards science learning (A) were taken as predictors. The results are reported in the Tables 7.3 and 7.4.

Table 7.3. Logistic regression analysis for SK

Predictor	B	S.E. B	Wald's χ^2	df	p	e^{β} (odds ratio)
Constant	2.964	1.933	2.351	1	0.125	19.376
Concepts	1.726	1.776	0.945	1	0.331	5.617
Processes	-2.277	2.626	0.752	1	0.386	0.103
Attitudes	-0.784	1.447	0.294	1	0.588	0.456
Test			χ^2	df	p	
Omnibus test of model coefficients						
	Step		1.460	3	0.692	
	Block		1.460	3	0.692	
	Model		1.460	3	0.692	
Goodness of fit test						
	Hosmer & Lemeshow		10.539	8	0.229	

Table 7.4. Logistic regression analysis for SM

Predictor	B	S.E. B	Wald's χ^2	df	p	e β (odds ratio)
Constant	-2.236	1.423	2.469	1	0.116	0.107
Concepts	4.378	1.413	9.606	1	0.002	79.696
Processes	0.711	1.908	0.139	1	0.710	2.035
Attitudes	-1.224	1.078	1.289	1	0.256	0.294
Test			χ^2	df	p	
Omnibus test of model coefficients						
	Step		12.446	3	0.006	
	Block		12.446	3	0.006	
	Model		12.446	3	0.006	
Goodness of fit test						
	Hosmer & Lemeshow		2.697	8	0.953	

Omnibus tests of model coefficients lead to the conclusion that the logistic model is more effective than the null model for SM data ($p < .01$, Table 7.4), but not in the case of SK data ($p > .05$, Table 7.3). According to the Table 7.4, concepts score is the only significant predictor ($p < .01$) of the SM measure, and the log of the odds of a pre-service teacher for the SM measure is positively related to the concepts score. The Hosmer–Lemeshow (H–L) test (inferential goodness-of-fit test in the Table 7.4) yields a $\chi^2(8)$ of 2.697 and is insignificant ($p > .05$), suggesting that the model is fit to the data well enough.

A classification table that documents the validity of predicted probabilities for SM measure is presented in Table 7.5.

Table 7.5. The observed and predicted frequencies for SM logistic regression with the cutoff of 0.5

Observed	Predicted		% Correct
	Low	High	
Low	60	32	65.22
High	40	39	49.37
Overall % correct			57.89

According to the Table 7.5, with the cutoff at 0.5, the prediction for pre-service teachers who have a low level of knowledge on scientific models role and function (SM) is more accurate than that for those who have a high level of knowledge. Both false high and false low rates are about 40% (45% and 40%, respectively). The overall correction prediction was 57.89%, a slight improvement over the chance level.

Our findings regarding pre-service primary teachers' scientific knowledge and attitudes towards science learning and their influence on understanding of the nature of science complement the ones obtained by Mugaloglu and Bayram (2010). These authors establish a viable structural model of prospective science teachers' NoS views in which attitudes toward science teaching, science process skills, academic achievement, religious values, and economic values explain NoS views with low predictive power. Our results also complement the research of Cho, Lankford and Wescott (2011), that shows moderate and significant relationships between students' epistemological beliefs and their knowledge about NoS (students who have immature epistemological beliefs are more likely to also have immature beliefs of NoS).

7.3.2.-Qualitative study

Among all the participants, only 37.1% had ideas in line with the currently accepted science epistemology, i.e. 62.9% of these participants, showed ideas clearly associated to phenomenon-based or related-based epistemic positions. Coherence in NoS ideas, whatever these ideas were phenomenon, relation or model-based, appeared in 46.9% of all the participants. Inside the model-based group of students, 61.1% showed high coherence. In the other two, phenomenon-based and relation-based identified groups of epistemic ideas, only 31.1% were consistent enough along the NoS questionnaire. The remaining students moved between phenomenon-based and related-based epistemic positions in different aspects asked in the instrument.

In summary, only 22.7% of all the participants in the present study, pre-service teachers, showed NoS coherent ideas aligned to the current accepted science epistemology. In addition, and unexpectedly, 65.8% of the subgroup of participants having high scores in science content knowledge (concepts and processes knowledge) and positive attitudes towards science learning, did not show coherent model-based NoS ideas.

This lack of consistency among the components of knowledge about NoS motivated a complementary study in order to confirm and analyze the origin of these apparent

incongruences. Individual interviews for these brilliant pre-service teachers tried to clarify the origin and nature of these contradictions. Excerpts and comments from the transcript of some students' interviews are shown below. First, teachers' ideas included in the SK part of the NoS questionnaire were revisited:

Student #96: Phenomenon-based ideas.

I(Interviewer): (Reading item 3) "The starting point for scientific knowledge construction must always be observation and experimentation".

S(Student): Yes. I put strongly agreed. (This is a typical belief in the phenomenon-based group of-students)

I: You are strongly agreed. Why?

S: Because this is where scientific knowledge must start from... You cannot start from anything different than observation and experimentation. It is not possible to start from other point to build up scientific knowledge. I think that is the only one exists. (The student sustains that the only existing knowledge comes from observation)

(...)

Student #97: Phenomenon-based ideas.

I: (Reading the item 1) "To enable scientific knowledge to rise from observation and/or experimentation, scientist must abstain from prior conception". What do you think this statement means?

S: (...) a scientist, when applying the scientific procedure have to abstain from prior conceptions in order to not influence the process of research, and... to properly carry out this process of research. (Scientists prior ideas should be kept out to do not distort pure observation)

I: Do you mean that a scientist must not have prior conceptions?

S: Of course, he must not have prior conceptions to carry out a research, because these prior conceptions can influence when assessing the result or, even during the process of research, waiting for one thing that does not have to be like that. (...)

Student #5: Phenomenon-based ideas.

I: (Reading the statement in item 4 "An important feature of scientific knowledge is

its fallibility”.

(...)

S: I strongly disagreed.

I: You think that scientific knowledge cannot fail; it is an important feature...

S: Yes...I think so. When it is established as scientific knowledge, it is supposed that cannot fail, because it is reliable. (Science knowledge is infallible by definition)

Student #97: Phenomenon-based ideas.

S: (...) for real scientific knowledge could emerge (...).

I: What do you mean with the “real scientific knowledge”?

S: I think that when scientific process is not followed correctly, with the steps and all the cautions needed, results, no matter how much we wish them, are not hundred per cent reliable.

I: Could you, please, explain me what do you mean when you speak about process or steps to follow?

S: I mean the scientific method (...). (Scientific method as a very reliable procedure towards the real knowledge)

The teachers think that observation and experimentation are the very origin of science construction, without prior knowledge or theories guiding observation and selecting what hypotheses have to be contrasted in experiments. These beliefs on the way science is built and the infallibility of science when is “correctly” obtained from the “clearly-defined scientific method” have been found in previous research (Abd-El-Khalick & BouJaoude,1997; Brickhouse,1990, Haidar,1999).

The analysis of some ideas involved in the SM component of the NoS questionnaire was also interesting and gave complementary information on the teachers’ epistemic beliefs:

Student #97: Phenomenon-based ideas.

I: (Reading) The item fourteen says: “Scientific models are human constructions: they are always originated in the mind of whom (re)builds them”. And you answer there that you were agreed.

S: Yes. (...) I understood that scientific models born in human minds. (...)

I: That is, scientific models are made by human beings.

S: Yes, I think so. There is already Science in Nature, but human beings are the ones who decode it in some way. (...)

I: Therefore, it might be possible that a part of Science is not created by human being, ¿yes or no?

S: They don't create it. (Science can exist in Nature independently of the human mind)

I: Then, it is an already-made part.

S: Exactly. Scientific models are just a way to understand what we already have in Nature. (Models are imperfect human elaborations to understand Nature)

Student #96: Phenomenon-based ideas.

I: (Reading item 22) “Scientific models should provide exact descriptions of physical systems”. Here you said you were strongly disagreed.

S: A scientific model does not have to provide exactly descriptions of a physical system because the scientific model can be, in a concrete system...does not answer, does not describe it exactly. (...) as a representation, does not have to exactly describe how a physical system works.

I: Then, you mean that do not have to give exactly descriptions because it is a representation. Do you want to say that it can fail?

S: Yes, it can fail. (...) (Models are fallible because they are only representations of physical systems)

It seems that these teachers believe that science is not “humans made” but “nature made”, hence, the “correct” scientific knowledge is infallible but humans make mistakes when we do not follow the “scientific method” carefully. This could be also the origin of the lack of coherence between the first part (SK) and the second part (SM) concerning the elaboration and validation of scientific models. In this part, the same interviewed students who defend the above misconceptions had no problems to admit the opposite for models, i.e. their fallibility due to their “humans made” nature. Our findings in relation to conceptions of scientific modelling differ from those obtained by Dogan and Abd-El-Khalick (2008). In their study, most science teachers believed that scientific models are copies of reality rather than human inventions because scientists say they are true or because much scientific observations and/or research have shown them to be true.

In summary, the additional data obtained from the few interviews performed suggested that most teachers having high science knowledge (concepts and process skills) and also good attitudes toward science learning also believe that science is a “real knowledge” nature “has”, and humans only can discover by means of careful observation and experimentation. However, human mind limitations make us need models to fit “natural” data into “artificial”, fallible and rational schemata (the models). They seem to do not consider scientific models as an important part of science, but as “useful tools” to understand what is happening around us. This is a very interesting result having possible educational consequences, if it is replicated and gains enough reliability.

7.3.3.-Conclusions and implications

As other researchers found, the conceptual component of the science knowledge was the most important one in this study and seemed to connect the other two measures, science process skills and attitudes. The relationship between the attitudes and scientific conceptual and procedural knowledge scores let us suppose that participants coherently integrated cognitive and emotional components of science education so making more reliable their answers to the different questionnaires administered to them.

We obtained interesting results in the understanding of NoS measure, that contain items about the nature, construction and validation of scientific knowledge (SK) and about nature, function, construction and validation of scientific models (SM). We found a significant and positive, but not high correlation between the knowledge of

scientific concepts and the appropriate understanding of the role of models in science. Furthermore, the probability of achieving a high knowledge about SM was significantly predicted by the scores in concepts (C), but not by process skills (P) or attitudes (A). In other words, the higher concepts score, the more likely is that a pre-service teacher would have a high level of knowledge about SM. It should be pointed out here that the variable's predictive power was low. On the other hand, participants' high knowledge about SK did not depend on their science knowledge nor attitudes. Consequently, our first hypothesis was partly supported as SM was only related to scientific conceptual knowledge and SK did not appear to depend on any of the independent variables (concepts, processes or attitudes). Thus, apparently, our pre-service teachers' ideas about SK and SM had different epistemic basis.

Based on the qualitative analyses carried out on the pre-service teachers' ideas about NoS, we can say that most of them had ideas which are not in line with current scientific epistemology. In fact, only a small percentage of these teachers showed NoS coherent ideas aligned to the current accepted science epistemology, so only these teachers showed the desired epistemic knowledge for science educators. From the interviews made to some brilliant pre-service teachers in our qualitative study, it may be concluded that science training provided them appropriate conceptual and procedural knowledge and a positive attitude towards the study of science, but not so appropriate conceptions of NoS, as most teachers showed epistemological contradictions. Pre-service teachers' thoughts having high science knowledge and good attitudes towards science learning can be summarised as follows: scientific models are human constructions, then fallible, and they are not essential part of science knowledge but limited approaches to that knowledge. Instead, science is a knowledge that nature already possesses and reveals to us step by step. Human limits impede acquiring the true knowledge offered by nature. Human knowledge about nature does not need to be mediated by models when it has been fully acquired following the (infallible when it is correctly applied) scientific method. Working on this evidence, our second hypothesis became invalid.

Data obtained from quantitative and qualitative analyses in our research let us answer our research questions as follows. A component of the knowledge about NoS, scientific models elaboration and validity (SM), can be significantly predicted by the science conceptual knowledge, even though its predictive power is low. However, the other component of the knowledge about NoS (SK), science knowledge construction and validation, cannot be explained by science knowledge or attitudes measures at all. On the other hand, only a minority of pre-service teachers involved

in this research have shown coherent ideas about NoS that are in line with current scientific epistemology.

Therefore, our conclusion is that teachers have to be trained to explicitly include the NoS content in their science education syllabus because this content significantly help students to deeper comprehension of science, and it cannot be indirectly supplied by other types of content. Pre-service teacher's training programs have to include topics as: science as a way to understand the world around us, science as a creative and tentative endeavour, and scientific methodology not just as an infallible algorithmic application of determined steps (Chiappetta & Coballa, 2010). Abd-El-Khalick's work (2013) focused on the benefits of the knowledge of NoS in teacher training. In particular, he underlined that these benefits are twofold: a) transferring to the student an image of science according to the historical, philosophical, sociological and psychological premises behind it, and b) enabling teachers to develop teaching and learning environments with pedagogical approaches in which scientific research methodologies are applied. It can be found in literature many instructional approaches which enhance teacher's overviews concerning NoS (Küçük, 2008; Ozgelen, 2012; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004; Smith & Scharmann, 2008). They all share the common denominator of being constructivist approaches, making from the learning tasks opportunities for (guided) scientific research.

Finally, we have to underline that our results might not be of general validity due to the lack of random sampling. Other limitations might be originated by the instruments used to obtain measures. Therefore, further replications are needed to increase reliability of these results.

References

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107. doi: 10.1007/s11191-012-9520-2
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E
- Abd-El-Khalick, F. & Boujaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199709)34:7<673::AID-TEA2>3.0.CO;2-J
- Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: Is more science knowledge necessary to improve self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369. doi: 10.1080/0950069950170307
- Baroody, A. J., Feil, Y. & Johnson, A. R. (2007). An alternative reconceptualization of procedural and conceptual knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 115–131. doi: 10.2307/30034952
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62. doi: 10.1177/002248719004100307
- Butler-Songer, N. & Linn, M C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784. doi: 10.1002/tea.3660280905
- Carey, S. & Smith, C. (1993). On understanding the nature of science of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251. doi: 10.1207/s15326985ep2803_4
- Chabalengula, V. M., Mumba, F. & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(3), 167-176. doi: 10.12973/eurasia.2012.832a
- Chiappetta, E. L. & Koballa Jr, T. R. (2010). *Science instruction in the middle and secondary schools: Developing fundamental knowledge and skills for teaching* (7th Ed.). Columbus OH: Pearson.

- Cho, M. -H., Lankford, D. M. & Wescott, D. J. (2011). Exploring the relationships among epistemological beliefs, nature of science, and conceptual change in the learning of evolutionary theory. *Evolution: Education and Outreach*, 4(2), 313-322. doi: 10.1007/s12052-011-0324-7
- De Pro, A. & Miralles, P. (2009). El currículum de conocimiento del medio natural, social y cultural en la educación primaria. *Educatio Siglo XXI*, 27(1), 59-96.
- Dogan, N. & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112. doi: 10.1002/tea.20243
- Downing, J. E. & Filer, J. D. (1999). Science process skills and attitudes of preservice elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 11(2), 57-64. doi: 10.1007/BF03173838
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: the importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.
- Foulds, W. & Rowe, J. (1996). The enhancement of science process skills in primary teacher education students. *Australian Journal of Teacher Education*, 21(1), 16-23. doi: 10.14221/ajte.1996v21n1.2
- Guisasola, J. & 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. Retrieved on 14th April 2014 from http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART2_Vol6_N2.pdf
- Haidar, A. H. (1999). Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21(8), 807-822. doi: 10.1080/095006999290309
- Küçük, M. (2008). Improving Preservice Elementary Teachers' Views of the Nature of Science Using Explicit-Reflective Teaching in a Science, Technology and Society Course. *Australian Journal of Teacher Education*, 33(2). Retrieved on 16th May 2014 from <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2008v33n2.1>
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359. doi: 10.1002/tea.3660290404
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of*

- Research in Science Teaching*, 36(8), 916–929. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199910)36:8<916::AID-TEA2>3.0.CO;2-A
- McComas, W., Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532. doi: 10.1023/A:1008642510402
- McComas, W., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 3-39). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. doi: 10.1007/0-306-47215-5.
- Mellado, V. (1997). Preservice teacher's classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6(4), 331-354. doi: 10.1023/A:1008674102380
- Milner-Bolotin, M., Antimirova, T., Noack, A. & Petrov, A. (2011). Attitudes about science and conceptual physics learning in university introductory physics course. *Physical Reviews Special Topics-Physics Education Research*, 7(2), 020107. Retrieved on 17th July 2014 from <http://journals.aps.org/prstper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.7.020107>
- Monde-Monica, K. M. (2005). Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training learners. (Master's thesis). Hatfield, South Africa: University of Pretoria.
- Mugaloglu, E. Z. & Bayram, H. (2010). A structural model of prospective science teachers' nature of science views. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 54(6), 597-614. doi: 10.1080/00313831.2010.522848
- OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Retrieved on 25th June 2014 from <http://www.oecd.org>
- Ortega, P., Saura, J. P., Mínguez, R., García de las Bayonas, A. & Martínez, D. (1992). Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 295-303. Retrieved on 24th August 2013 from <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39786/93206>
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” should be taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. doi: 10.1002/tea.10105

- Ozgelen, S. (2012). Exploring the relationships among epistemological beliefs, metacognitive awareness and nature of science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 7(3), 409-431. Retrieved on 18th July 2014 from http://www.ijese.com/IJESE_v7n3_Sinan-Ozgelen.pdf
- Peng, J. C.-Y., Lee, K. L. & Ingersoll, G. M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *The Journal of Educational Research*, 96(1), 3-14. doi: 10.1080/00220670209598786
- Peng, J. C.-Y., So, T.-S. H., Stage, F. K. & John, E. P. St. (2002). The use and interpretation of logistic regression in Higher Education Journals: 1988-1999. *Research in Higher Education*, 43(3), 259-293. doi: 10.1023/A:1014858517172
- Perking-Gough, D. (2007). Understanding the Scientific Enterprise: A conversation with Alan Leshner. *Educational Leadership*, 64 (4), 8-15. Retrieved on 19th January 2014 from <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/dec06/vol64/num04/Understanding-the-Scientific-Enterprise@-A-Conversation-with-Alan-Leshner.aspx>
- Rittel-Johnson, B. & Alibali, M. W. (1999). Conceptual and procedural knowledge of mathematics: Does one lead to the other? *Journal of Educational Psychology*, 91(1), 175-189. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.91.1.175>
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51. doi: 10.1207/S15327809JLS1201_2
- Sarieddine, D. & Boujaoude, S. (2014). Influence of teachers' conceptions of the nature of science on classroom practice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(2), 135-151. doi: 10.12973/eurasia.2014.1024a
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645. doi: 10.1002/sce.10128
- Smith, M. U. & Scharmann, L. (2008). A multi-year program developing an explicit reflective pedagogy for teaching pre-service teachers the nature of science by ostention. *Science & Education*, 17(2), 219-248. doi: 10.1007/s11191-006-9009-y
- Solaz-Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto: una revisión. *Educación XXI*, 13(1), 65-80. Retrieved on 19th January 2013 from <http://www.rerce.es/>

- Šorgo, A., Usak, M., Kubiátko, M., Fančovičova, J., Prokop, P., Puhek, M., Skoda, J. & Bahar, M. (2014). A cross-cultural study on freshmen's knowledge of genetics, evolution, and the nature of science. *Journal of Baltic Science Education*, 13(1), 6-18.
- Uitto, A. & Kärnä, P. (2014). *Teaching methods enhancing grade nine students' performance and attitudes towards biology*. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiu (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 2 (pp. 67-73). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.
- Vázquez-Alonso, A., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. & Bennàssar-Roig, A. (2013). Spanish secondary-school science teachers' beliefs about Science-Technology-Society (STS) Issues. *Science & Education*, 22(5), 1191–1218. doi: 10.1007/s11191-012-9440-1
- Vasques-Brandão, R., Solano-Araujo, I., Angela-Veit, E., & Lang de Silveira, F. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 61(1), 43-61. Retrieved on 29th January 2013 from <http://reiec.sites.exa.unicen.edu.ar/volumen-6-nro-1-2011-1>
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. & Sanjosé, V. (2016). Development and validation of the firsts versión of a questionnaire for measuring pre-service primary teachers' science content knowledge. *Periódico Tchê Química*, 13 (26), 140-150.
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. & Sanjosé, V. (2016). Pre-service primary school teachers' science content knowledge: an instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 24(2), 37-51.
- Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919-944. doi: 10.1080/09500690500498351

Appendix

A: Questionnaire to assess Science Content Knowledge of conceptual nature

Averaged percentage of success in each item is shown in brackets. The correct option has been highlighted using an asterisk (*)

Questions	Answer options (*correct answers)
1. What is the movement of the Earth around the Sun called? (68%)	a) Rotation b) Precession c) Revolution* d) Circumference
2. How long does it take the Moon to orbit the Earth? (65%)	a) 21 days b) 28 days* c) 365 days d) 7 days
3. Climate is... (67%)	a) The meteorological features occurring in a specific region over a long period of time* b) The set of atmospheric phenomena occurring in a specific time and place c) The condition of the atmosphere for a short period of time (less than 30 days) d) The meteorological conditions produced by changes in atmospheric pressure
4. Which of the following statements is correct? (54%)	a) Minerals, like marble and granite, are very useful for construction b) Rocks have a low value for human beings due to their few applications c) Minerals are made of rocks d) Rocks are made of minerals*
5. What kind of device is used for measuring wind speed? (34%)	a) Weathercock b) Pluviometer c) Anemometer* d) Barometer
6. What is the name given to the groups formed by gas, interstellar dust and thousands or millions of stars? (36%)	a) Nebulas b) Constellations c) Galaxies* d) Planetary systems
7. What part of a volcano is the conduit? (75%)	a) Underground pool where magma resides temporary b) Orifice connecting volcano to the exterior c) Pipe by which magma flows up* d) Rocks and solid material formed when lava gets cold
8. Which of the next animal groups are invertebrates? (82%)	a) Birds b) Fishes c) Insects* d) Amphibians
9. Living things can be arranged in levels of complexity. When some tissues co-work to perform the same function, what do they form? (70%)	a) Organs* b) Apparatus c) Molecules d) Interwoven systems
10. What vital function do flowers contribute to in plants? (73%)	a) Respiration b) Reproduction* c) Nutrition d) Interaction
11. In addition to water and sun, what gas do plants need to carry out the photosynthesis? (63%)	a) O ₂ (oxygen) b) CO (carbon monoxide) c) CO ₂ (carbon dioxide)* d) N ₂ (nitrogen)

12. What is the name given to the leaves that form the calyx of a flower? (31%)	a) Sepals* b) Stamens c) Petals d) Corolla
13. What is the function of phloem in a plant? (43%)	a) Absorbing rays from solar light b) Carrying elaborated sap from the leaves to the rest of the plant* c) Carrying raw sap from the roots to the rest of the plant d) Absorbing water and mineral salts from the soil
14. What biological kingdom do viruses belong to? (48%)	a) Fungi b) Monera c) Protista d) No kingdom*
15. Which of the following statements about differences between plant cells and animal cells is correct? (53%)	a) Animal cells have mitochondria and plant cells do not b) Plant cells contain organelles called chloroplasts that animal cells do not* c) Plant cells do not have cellular membrane and animal cells do d) There are no differences. All living organism are made up of the same cells
16. Where is the exchange between O ₂ and CO ₂ produced in the respiratory system? (70%)	a) Bronchi b) Bronchioles c) Pulmonary alveolus* d) Trachea
17. Which organ is responsible for filtering the blood to remove waste substances? (64%)	a) Stomach b) Liver c) Kidneys* d) Urinary bladder
18. Which blood component has the function of carrying oxygen? (52%)	a) Plasma b) Platelets c) White cells d) Red cells*
19. What is the name given to the cells resulting from fertilization? (89%)	a) Gamete b) Ovule c) Spermatozoon d) Zygote*
20. Most nutrients pass into the blood in... (47%)	a) The large intestine b) The small intestine* c) The oesophagus d) The stomach
21. In the excretory system, what duct connects to the outside of the body? (16%)	a) Ureter b) Anus c) Urethra* d) Urinary bladder
22. Which organs form the central nervous system? (47%)	a) The brain and the spinal cord* b) The cerebrum and the cerebellum c) The cerebrum, the cerebellum and the medulla oblongata d) The sensory and motor nerves
23. Which organ produces bile? (26%)	a) Pancreas b) Stomach c) Small intestine d) Liver*
24. What nutritional substances, present in cereals and legumes, provide us with energy? (28%)	a) Lipids b) Proteins c) Carbohydrates* d) Mineral salts
25. Which of the following methods would you use in order to separate a solid from a liquid in a heterogeneous mixture? (82%)	a) Magnetisation b) Distillation c) Filtration* d) Crystallisation
26. What is the bending of light rays called when they pass from a fast medium to a slower one? (62%)	a) Reflexion b) Diffraction c) Attenuation d) Refraction*

27. Which of the following statements about renewable energy sources is correct? (45%)	a) They are considered inexhaustible energy sources* b) They are at present time the most common energy sources c) Thermal solar energy is an energy source that generates electricity by means of photo-voltaic solar panels d) It does not produce any kind of visual impact
28. What kinds of changes modify the composition of matter? (69%)	a) Physical changes b) Chemical changes* c) Biological changes d) None. Matter does not change
29. What characteristic of sound tells us the difference between a high sound and a low sound? (61%)	a) Volume b) Intensity c) Pitch* d) Timber
30. What colour would be obtained if all the colours of the rainbow were mixed? (38%)	a) Black b) White* c) Red d) Yellow

B: Questionnaire to assess Science Procedural Knowledge

Averaged percentage of success in each item is shown in brackets. The correct option has been highlighted using an asterisk (*)

1. A learner wanted to know whether an increase in the amount of vitamins given to children results in increased growth. (68%)

How can the learner measure how fast the children will grow?

- A. By counting the number of words the children can say at a given age.
- B. By weighing the amount of vitamins given to the children.
- C. By measuring the movements of the children.
- D. By weighing the children every week. (*)

2. Nomsa wanted to know which of the three types of soil (clay, sandy and loamy), would be best for growing beans. She planted bean seedlings in three pots of the same size, but having different soil types. The pots were placed near a sunny window after pouring the same amount of water in them. The bean plants were examined at the end of ten days. Differences in their growth were recorded.

Which factor do you think made a difference in the growth rates of the bean seedlings? (91%)

- A. The amount of sunlight available.
- B. The type of soil used. (*)
- C. The temperature of the surroundings.
- D. The amount of chlorophyll present.

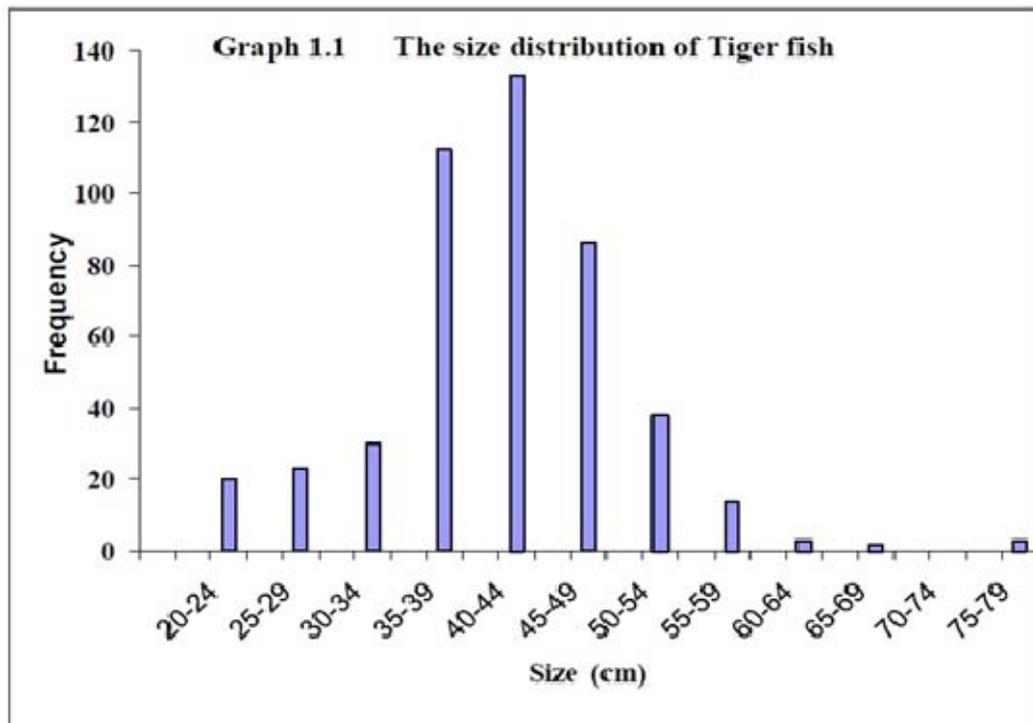
3. A lady grows roses as a hobby. She has six red rose plants and six white rose plants. A friend told her that rose plants produce more flowers when they receive morning sunlight. She reasoned that when rose plants receive morning sunlight instead of afternoon sunlight, they produce more flowers.

Which plan should she choose to test her friend's idea? (88%)

- A. Set all her rose plants in the morning sun. Count the number of roses produced by each plant. Do this for a period of four months. Then find the average number of roses produced by each kind of rose plant.
- B. Set all her rose plants in the morning sunlight for four months. Count the number of flowers produced during this time. Then set all the rose plants in the afternoon sunlight for four months. Count the number of flowers produced during this time.
- C. Set three white rose plants in the morning sunlight and the other three white rose plants in the afternoon sun. Count the number of flowers produced by each white rose plant for four months.
- D. Set three red and three white rose plants in the morning sunlight, and three red and three white rose plants in the afternoon sunlight. Count the number of rose flowers produced by each rose plant for four months. (*)

Questions 4 and 5 refer to the graph below.

The fishery department wants to know the average size of Tiger fish in Tzaneen dam, so that they could prevent over-fishing. They carry out an investigation, and the results of the investigation are presented in the graph below.



4. What is the most common size range of Tiger fish found in Tzaneen dam (94%)

- A. A. 75 – 79 cm.
- B. B. 40 – 44 cm. (*)
- C. C. 20 – 79 cm.
- D. D. 45 – 49 cm.

5. In which size range would you find the longest Tiger fish? (83%)

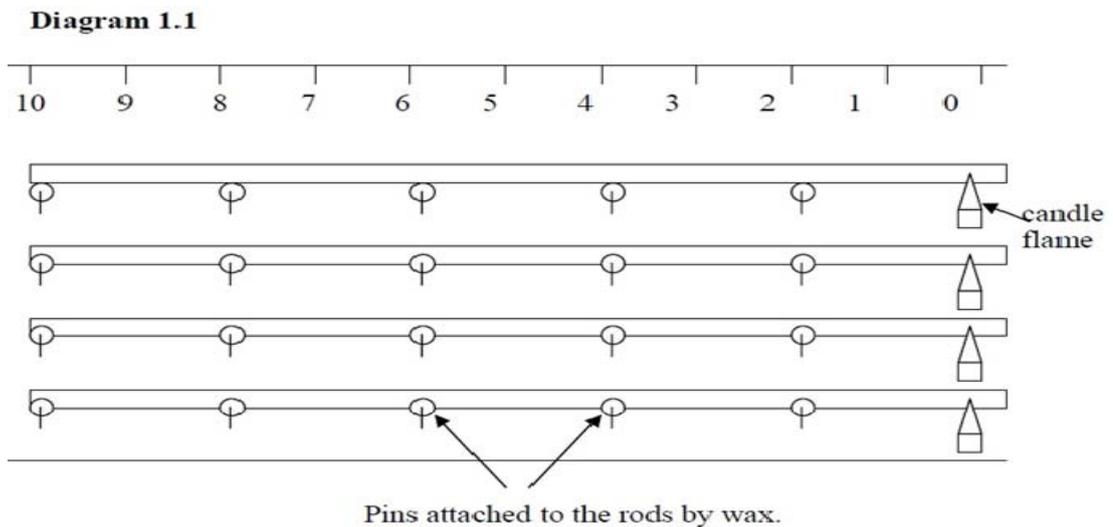
- A. A. 75 – 79 cm. (*)
- B. B. 40 – 44 cm.
- C. C. 20 – 79 cm.
- D. D. 35 – 49 cm.

6. Mpho wants to know what determines the time it takes for water to boil. He pours the same amount of water into four containers of different sizes, made of clay, steel, aluminium and copper. He applies the same amount of heat to the containers and measures the time it takes the water in each container to boil.

Which one of the following could affect the time it takes for water to boil in this investigation? (69%)

- A. The shape of the container and the amount water used.
- B. The amount of water in the container and the amount of heat used.
- C. The size and type of the container used. (*)
- D. The type of container and the amount of heat used.

7. A teacher wants to find out how quickly different types of material conduct heat. He uses four rods with the same length and diameter but made of different types of material. He attaches identical pins to the rods using wax, at regular intervals as shown in the diagram below. All the rods were heated on one end at the same time, using candle flames. After two minutes, the pins that fell from each rod were counted.



How is the speed (rate) of heat conduction by the various rods measured in this study? (49%)

- A. By determining the rod, which conducted heat faster when heated.
- B. By counting the number of pins that fall from each rod after 2 minutes. (*)
- C. By counting the number of minutes taken for each pin to fall from the rod.
- D. By using wax to measure the rate of heat conduction.

8. A farmer wants to increase the amount of mealies he produces. He decides to study the factors that affect the amount of mealies produced.

Which of the following ideas could he test? (46%)

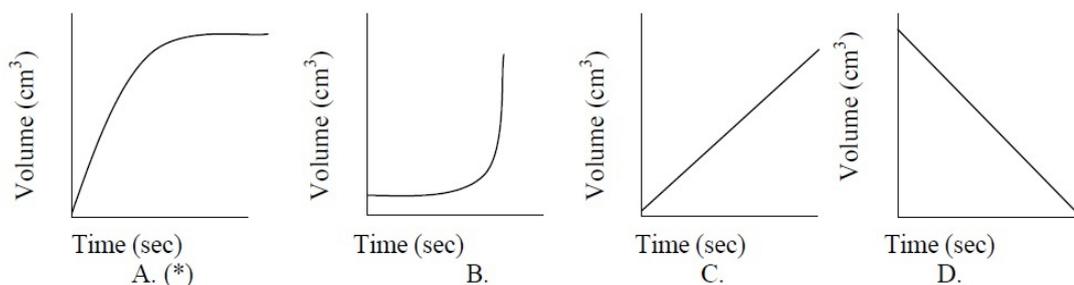
- A. The greater the amount of mealies produced, the greater the profit for the year.
- B. The greater the amount of fertilizer used, the more the amount of mealies produced. (*)
- C. The greater the amount of rainfall, the more effective the fertilizer used will be.
- D. The greater the amount of mealies produced, the cheaper the cost of mealies.

9. Sandile carried out an investigation in which she reacted magnesium with dilute hydrochloric acid. She recorded the volume of the hydrogen produced from the reaction, every second. The results are shown below.

Time (seconds)	0	1	2	3	4	5	6	7
Volume (cm ³)	0	14	23	31	38	40	40	40

Table 1.1. Shows the volume of hydrogen produced per second.

Which of the following graphs show these results correctly? (97%)



10. A science teacher wanted to find out the effect of exercise on pulse rate. She asked each of three groups of learners to do some push-ups over a given period of time, and then measure their pulse rates: one group did the push-ups for one minute; the second group for two minutes; the third group for three minutes and then a fourth group did not do any push-ups at all.

How is pulse rate measured in this investigation? (53%)

- A. By counting the number of push-ups in one minute.
- B. By counting the number of pulses in one minute. (*)
- C. By counting the number of push-ups done by each group.
- D. By counting the number of pulses per group.

11. Five different hosepipes are used to pump diesel from a tank. The same pump is used for each hosepipe. The following table shows the results of an investigation that was done on the amount of diesel pumped from each hosepipe.

Size (diameter) of hosepipe (mm)	Amount of diesel pumped per minute (litres)
8	1
13	2
20	4
26	7
31	12

Table 1.2. Shows the amount of diesel pumped per minute.

Which of the following statements describes the effect of the size of the hosepipe on the amount of diesel pumped per minute? (75%)

- A. The larger the diameter of the hosepipe, the more the amount of diesel pumped. (*)
- B. The more the amount of diesel pumped, the more the time used to pump it.
- C. The smaller the diameter of the hosepipe, the higher the speed at which the diesel is pumped.
- D. The diameter of the hosepipe has an effect on the amount of diesel pumped.

12. Doctors noticed that if certain bacteria were injected into a mouse, it developed certain symptoms and died. When the cells of the mouse were examined under the microscope, it was seen that the bacteria did not spread through the body of the mouse, but remained at the area of infection. It was therefore thought that the death is not caused by the bacteria but by certain toxic chemicals produced by them.

Which of the statements below provides a possible explanation for the cause of death of the mouse? (77%)

- A. The mouse was killed by the cells that were removed from it to be examined under the microscope.
- B. Bacteria did not spread through the body of the mouse but remained at the site of infection.
- C. The toxic chemical produced by the bacteria killed the mouse. (*)
- D. The mouse was killed by developing certain symptoms.

13. Thembi thinks that the more the air pressure in a soccer ball, the further it moves when kicked. To investigate this idea, he uses several soccer balls and an air pump with a pressure gauge. How should Thembi test his idea? (97%)

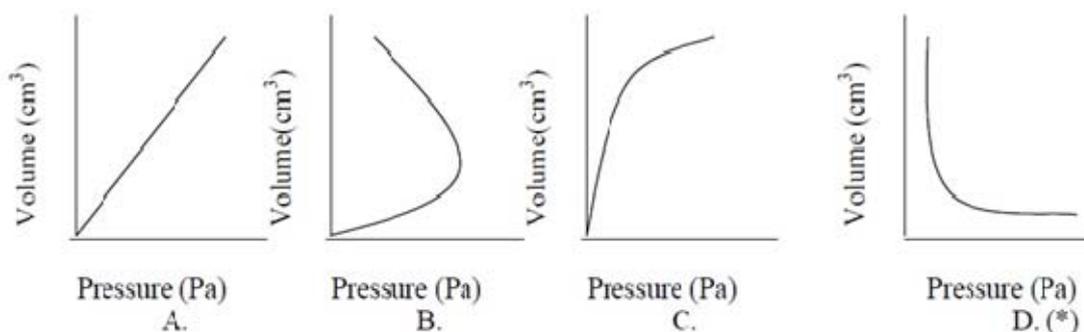
- A. Kick the soccer balls with different amounts of force from the same point.
- B. Kick the soccer balls having different air pressure from the same point. (*)
- C. Kick the soccer balls having the same air pressure at different angles on the ground.
- D. Kick the soccer balls having different air pressure from different points on the ground.

14. A science class wanted to investigate the effect of pressure on volume, using balloons. They performed an experiment in which they changed the pressure on a balloon and measured its volume. The results of the experiment are given in the table below.

Pressure on balloon (Pa)	Volume of the balloon (cm ³)
0.35	980
0.70	400
1.03	320
1.40	220
1.72	180

Table 1.3. Shows the relationship between the pressure on a balloon and its volume.

Which of the following graphs represents the above data correctly? (84%)



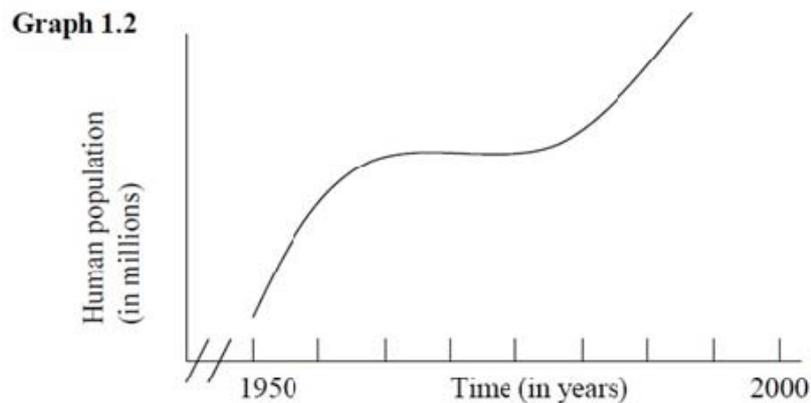
15. A motorist wants to find out if a car uses more fuel when it is driven at high speed. What is the best way of doing this investigation? (39%)
- A. Ask several drivers how much fuel they use in one hour, when they drive fast, and find the average amount of fuel used per hour.
 - B. Use his own car to drive several times at different speeds, and he should record the amount of fuel used each time.
 - C. He must drive his car at high speed, for a week, and then drive it at low speed for another week, and record the amount of fuel used in each case.
 - D. Ask several drivers to drive different cars covering the same distance many times, at different speeds, and record the amount of fuel used for each trip. (*)

16. A learner observed that anthills (termite mounds) in a certain nature reserve tend to lean towards the west, instead of being straight. In this area, the wind blows towards the direction in which the anthills lean.

Which of the following statements can be tested to determine what causes the anthills to lean towards the west, in this nature reserve? (16%)

- A. Anthills are made by termites.
- B. Anthills lean in the direction in which the wind blows.
- C. Anthills lean towards the west to avoid the sun and the rain. (*)
- D. The distribution of anthills depends on the direction of the wind.

17. The graph below shows the changes in human population from the year 1950 to 2000.



Which of the following statements best describes the graph? (97%)

- A. The human population increases as the number of years increase.
- B. The human population first increases, then it reduces and increases again as the number of years increase.
- C. The human population first increases, then it remains the same and increases again as the number of years increase. (*)
- D. The human population first increases then it remains the same as the number of years increase.

18. Mulai wants to find out the amount of water contained in meat, cucumber, cabbage and maize grains. She finely chopped each of the foods and carefully measured 10 grams of each. She then put each food in a dish and left all the dishes in an oven set at 100oC. After every 30 minutes interval, she measured the mass of each food, until the mass of the food did not change in two consecutive measurements. She then determined the amount of water contained in each of the foods.

How is the amount of water contained in each food measured in this experiment? (83%)

- A. By heating the samples at a temperature of 100oC and evaporating the water.
- B. By measuring the mass of the foods every 30 minutes and determining the final mass.
- C. By finely chopping each food and measuring 10 grams of it, at the beginning of the investigation.
- D. By finding the difference between the original and the final mass of each food. (*)

19. In a radio advertisement, it is claimed that Surf produces more foam than other types of powdered soap. Chudwa wanted to confirm this claim. He put the same amount of water in four basins, and added 1 cup of a different type of powdered soap (including surf) to each basin. He vigorously stirred the water in each basin, and observed the one that produced more foam.

Which of the factors below is NOT likely to affect the production of foam by powdered soap? (87%)

- A. The amount of time used to stir the water.
- B. The amount of stirring done.
- C. The type of basin used. (*)
- D. The type of powered soap used.

20. Monde noticed that the steel wool that she uses to clean her pots rusts quickly if exposed to air after using it. She also noticed that it takes a longer time for it to rust if it is left in water. She wondered whether it is the water or the air that causes the wet exposed steel wool to rust.

Which of the following statements could be tested to answer Monde's concern? (12%)

- A. Steel wool cleans pots better if it is exposed to air.
- B. Steel wool takes a longer time to rust if it is left in water.
- C. Water is necessary for steel wool to rust. (*)
- D. Oxygen can react with steel wool.

21. A science teacher wants to demonstrate the lifting ability of magnets to his learners. He uses many magnets of different sizes and shapes. He weighs the amount of iron filings picked by each magnet.

How is the lifting ability of magnets defined in this investigation? (54%)

- A. The weight of the iron filings picked up by the magnets. (*)
- B. The size of the magnet used.
- C. The weight of the magnet used to pick up the iron filings.
- D. The shape of the magnet used.

22. Thabo wanted to show his friend that the size of a container affects the rate of water loss, when water is boiled. He poured the same amount of water in containers of different sizes but made of the same material. He applied the same amount of heat to all the containers. After 30 minutes, he measured the amount of water remaining in each container.

How was the rate of water loss measured in this investigation? (77%)

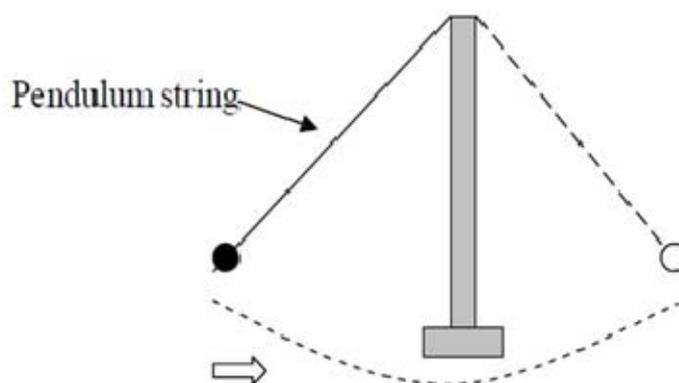
- A. By measuring the amount of water in each container after heating it.
- B. By using different sizes of the containers to boil the water for 30 minutes.
- C. By determining the time taken for the water to boil in each of the containers.
- D. By determining the difference between the initial and the final amounts of water, in a given time.
(*)

23. A school gardener cuts grass from 7 different football fields. Each week, he cuts a different field. The grass is usually taller in some fields than in others. He makes some guesses about why the height of the grass is different. Which of the following is a suitable testable explanation for the difference in the height of grass. (81%)

- A. The fields that receive more water have longer grass. (*)
- B. Fields that have shorter grass are more suitable for playing football.
- C. The more stones there are in the field, the more difficult it is to cut the grass.
- D. The fields that absorb more carbon dioxide have longer grass.

24. James wanted to know the relationship between the length of a pendulum string and the time it takes for a pendulum to make a complete swing. He adjusted the pendulum string to different lengths and recorded the time it took the pendulum to make a complete swing.

Diagram 1.2 A pendulum.

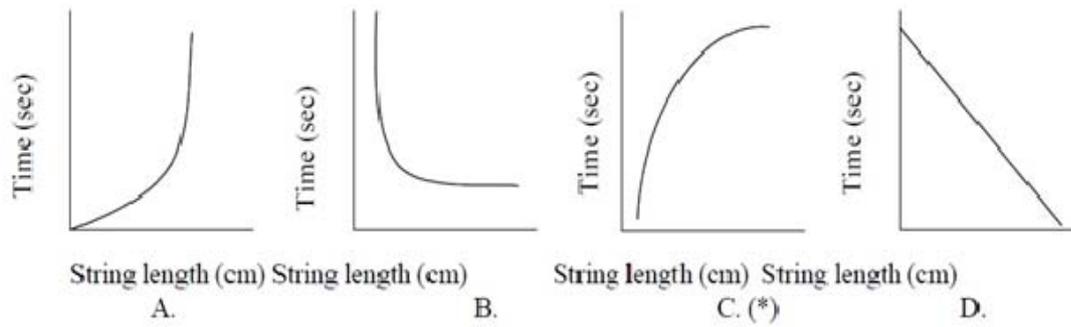


He obtained the following results from an investigation.

Length of string (cm)	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0
Time taken (seconds)	1.80	2.02	2.21	2.39	2.55	2.71

Table 1.4. The relationship between the lengths of a pendulum string and the time the pendulum takes to make a complete swing.

Which of the following graphs represent the above information correctly? (76%)



25. A farmer raises chickens in cages. He noticed that some chickens lay more eggs than others. Another farmer tells him that, the amount of food and water given to chicken, and the weight of chicken, affect the number of eggs they lay.

Which of the following is NOT likely to be a factor that affects the number of eggs laid by the chickens? (90%)

- A. The size of the cage where the eggs are laid. (*)
- B. The weight of the chickens.
- C. The amount of food given to the chickens.
- D. The amount of water given to the chickens.

26. A science class wanted to test the factors that might affect plant height. They felt that the following is a list of factors that could be tested: the amount of light, amount of moisture, soil type, and change in temperature.

Which of the statements below could be tested to determine the factor that might affect plant height? (32%)

- A. An increase in temperature will cause an increase in plant height. (*)
- B. An increase in sunlight will cause a decrease in plant moisture.
- C. A plant left in light will be greener than one left in the dark.
- D. A plant in sand soil loses more water than one in clay soil.

27. A Biology teacher wanted to show her class the relationship between light intensity and the rate of plant growth. She carried out an investigation and got the following results.

Light intensity (Candela)	Plant growth rate (cm)
250	2
800	5
1000	9
1200	11
1800	12
2000	15
2400	13
2800	10
3100	5

Table 1.5. Shows the relationship between light intensity and the growth rate of a plant.

Which of the following statements correctly describes what these results show? (95%)

- A. As light intensity increases, plant growth also increases.
- B. As plant growth increases, light intensity decreases.
- C. As plant growth increases, light intensity increases then decreases.
- D. As light intensity increases, plant growth increases then decreases. (*)

Questions 28, 29 and 30 refer to the investigation below.

Thabiso is worried about how the cold winter will affect the growth of his tomatoes. He decided to investigate the effect of temperature on the growth rate of tomato plants. He planted tomato seedlings in four identical pots with the same type of soil and the same amount of water. The pots were put in different glass boxes with different temperatures: One at 0oC, the other at 10oC, and another at room temperature and the fourth at 50oC. The growth rates of the tomato plants were recorded at the end of 14 days.

28. What effect does the differences in temperature have in this investigation? (76%)

- A. The difference in the seasons.
- B. The difference in the amount of water used.
- C. The difference in growth rates of the tomato plants. (*)
- D. The difference in the types of soil used in the different pots.

29. The factor(s) that were being investigated in the above experiment are: (96%)

- A. Change in temperature and the type of soil used.
- B. Change in temperature and the growth rate of the tomato plants. (*)
- C. The growth rate of tomato plants and the amount of water used.
- D. The type of soil used and the growth rate of the tomato plants.

30. Which of the following factors were kept constant in this investigation? (93%)

- A. The time and growth rate of tomato plant.
- B. The growth rate of tomato plants and the amount of water used.
- C. The type of soil and the amount of water used. (*)
- D. The temperature and type of soil used.

C: Questionnaire to research conceptions about the Nature, Construction and Validation of Scientific Knowledge.

Averaged results in each item are also shown.

Response options:

Strongly Agreed (SA); Agreed (A); Indecisive (I); Disagreed (D); Strongly Agreed (SA)

Statement		Degree of Agreement					Average (min=1, max=5)
1	To enable scientific knowledge to rise from observation and/or experimentation, the scientist must abstain from prior conceptions	SA	A	I	D	SA	3,83
2	We can conclude that scientific knowledge is definitive, when there is agreement among experimental results and their predictions in several conditions.	SA	A	I	D	SA	2,81
3	The starting point for scientific knowledge construction must always be observation and experimentation.	SA	A	I	D	SA	2,10
4	A particular feature of scientific knowledge is its fallibility.	SA	A	I	D	SA	3,29
5	Scientific observation is always made from a theoretical assumption about the object of study.	SA	A	I	D	SA	3,44
6	When scientists get confused or wrong it is because they did not properly apply scientific methodology.	SA	A	I	D	SA	4,14
7	Dispute and conflict of ideas among scientist are undesirable.	SA	A	I	D	SA	4,16
8	Scientific laws are generalizations from many observations and/or experiments.	SA	A	I	D	SA	2,34
9	Results from observations and experiments are unquestionable, as reveal how nature actually is or works.	SA	A	I	D	SA	3,89
10	Scientific theories, even though they are backed up in observation and experimentation, may be revealed as incorrect in certain domains.	SA	A	I	D	SA	4,07
11	Scientific methodology only accepts ideas that come from observation and experimentation.	SA	A	I	D	SA	2,91
12	Objectivity and effectivity of scientific knowledge depends on criticism and disagreement among scientist.	SA	A	I	D	SA	2,83
13	A theory must be totally agreed with observation and experimentation	SA	A	I	D	SA	2,18
14	Scientific models are human constructions: they are always originated in the mind of whom (re)builds them.	SA	A	I	D	SA	3,24
15	A scientific model can represent physical systems completely different from those ones for which it was initially conceived.	SA	A	I	D	SA	3,99
16	Scientific models must be modified when they disagree with the empirical data or with the body of knowledge established.	SA	A	I	D	SA	2,51
17	Scientific models can be understood as faithful descriptions of reality aspects.	SA	A	I	D	SA	2,60
18	The main function of a scientific model is to serve as teaching tool.	SA	A	I	D	SA	2,92
19	Results obtained with a scientific model will never allow going beyond of all that previously was known about the physical system of interest.	SA	A	I	D	SA	4,26
20	It is possible to build several scientific models for the same physical system, but only one will be acceptable.	SA	A	I	D	SA	3,23

21	There are scientific models that allow investigating systems which do not exist in nature.	SA	A	I	D	SA	3,18
22	Scientific models should provide accurate descriptions of physical systems.	SA	A	I	D	SA	3,00
23	Scientists usually introduce hypothetical elements, ignore properties and make use of unobservable entities in scientific modelling of physical systems.	SA	A	I	D	SA	2,77

D: Scale of attitudes towards experimental science and its study

Averaged results in each item are also shown.

Response options:

Totally Disagreed (TD); Slightly Agreed (SA); Broadly Agreed (BA); Strongly Agreed (SA); Fully Agreed (FA).

Statement		Degree of Agreement					Average (min=1; max=5)
1	The study of science is the one a like the most.	TD	SA	BA	SA	FA	2,96
2	The study of science it is burdensome for me because I do not see the value.	TD	SA	BA	SA	FA	4,36
3	I like to resolve problems related with sciences.	TD	SA	BA	SA	FA	3,59
4	I find distasteful to study science subjects.	TD	SA	BA	SA	FA	4,01
5	I am interested in the study of science because I consider it interesting for my teacher training.	TD	SA	BA	SA	FA	4,40
6	I do not like science subjects because its study it is difficult for me.	TD	SA	BA	SA	FA	3,81
7	Science subjects only serve to fail or get bad marks.	TD	SA	BA	SA	FA	4,76
8	I consider that science subjects should have more importance in teacher training.	TD	SA	BA	SA	FA	3,73
9	Everything related with science it is interesting for me.	TD	SA	BA	SA	FA	3,80
10	Science lessons are bored and heavy for me.	TD	SA	BA	SA	FA	3,94
11	I consider science subjects important because they help me to think better about my future profession.	TD	SA	BA	SA	FA	3,54
12	The study of science causes me satisfaction.	TD	SA	BA	SA	FA	3,69
13	I usually disconnect in science lessons.	TD	SA	BA	SA	FA	4,18

BLOQUE II

Evaluación del Conocimiento Didáctico del Contenido en ciencias en el futuro profesorado de Primaria

Capítulo 8:

Un Estudio Exploratorio del Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias de Maestros en Formación Inicial

Resumen

El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en ciencias es el conocimiento específico y especializado que diferencia un profesor de cualquier otro profesional relacionado con la ciencia. Se presenta un estudio exploratorio para tratar de evaluar el CDC en ciencias de maestros en formación inicial. Para ello se utilizó un instrumento previamente validado en otros estudios y se definieron indicadores de evaluación precisos ("*rubrics*"). Los resultados muestran que esos indicadores son suficientes para dar cuenta de la variabilidad de las respuestas de los participantes. Aparecen efectos específicos y positivos del conocimiento en didáctica específica, pero también carencias en la formación de los futuros maestros que podrían ser superadas mediante una instrucción mejor focalizada y cohesionada.

Un Estudio Exploratorio del Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias de Maestros en Formación Inicial

8.1.-Introducción

La enseñanza de una disciplina curricular requiere, no sólo comprender y dominar el contenido, sino saber transponer los contenidos y la metodología propios de esa disciplina en prácticas instruccionales efectivas. A esta habilidad se le denomina ‘Pedagogical Content Knowledge’, (PCK; Shulman 1987; Barnett y Hodson, 2001), en el contexto anglosajón y en el dominio lingüístico hispánico se ha dado en llamar “conocimiento didáctico del contenido”, (CDC en lo sucesivo). Podríamos definir el CDC de un modo genérico como el conocimiento necesario para promover un aprendizaje efectivo de los contenidos, que suele ser fruto del tiempo, la formación y la experiencia como profesor. El CDC caracteriza el conocimiento profesional de un profesor, y lo diferencia de otros profesionales con estudios disciplinares similares (por ejemplo, un físico-profesor de un físico-meteorólogo).

Recientemente, algunos investigadores en el área de la formación del profesorado han estado desarrollando nuevos enfoques pedagógicos que permitan sentar las bases del desarrollo de un CDC propio de profesores en formación y en ejercicio, (Abella, 2008; Loughran, Berry y Mulhall, 2006; Nilsson, 2008). Resulta especialmente destacable una herramienta conocida como CoRe (“Content Representation”) mediante la cual se intenta acceder a las diferentes dimensiones del CDC del profesor, de sus relaciones, de cómo enseñar ese contenido y cómo lo aprende el futuro profesor (Loughran, Mulhall y Berry, 2008; Hume y Berry, 2011). De especial interés es el estudio desarrollado por Kleickmann, Richter, Kunter, Elsner, Besser,

Krauss y Baumert (2013) en los grados de formación inicial del profesorado. Sus hallazgos muestran que, en efecto, la estructura de la formación proporcionada queda bien reflejada en el CDC adquirido por los estudiantes. Además, se produce una diferencia significativa en CDC entre el comienzo y el final del grado en su país (Alemania), sin perjuicio de que la formación en CDC pueda optimizarse.

La necesidad de analizar y estudiar en profundidad el CDC ha conducido a vertebrarlo en componentes que permiten su estudio y evaluación. Por ejemplo, Magnusson, Krajcik y Borko (1999) proponen que el CDC está compuesto por los siguientes componentes: orientaciones didácticas para la enseñanza, conocimiento de los currículos, conocimiento de la comprensión y aprendizaje de los estudiantes, conocimiento de estrategias instruccionales, conocimiento de la evaluación. Estos componentes han sido considerados en estudios particulares centrados en contenidos específicos (por ejemplo y entre otros muchos, Lange, Kleickmann y Möller, 2012; Henze, van Driel y Verloop, 2008; Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016), bien para elaborar o utilizar instrumentos de evaluación (Park, Jang, Chen y Jung, 2011; Jüttner y Neuhaus, 2013) del CDC para esos contenidos, bien para estudiar el modo en que estos factores interaccionan y se integran en actuaciones específicas de índole profesional (Park y Chen, 2012).

El CDC es dependiente del tema de que se trate, de modo que la mayoría de estudios realizados para evaluar este conocimiento profesional se centran en aspectos muy limitados de alguna disciplina. De esto se deduce que el CDC debe tener una relación fuerte con el conocimiento del contenido o disciplinar; es decir, resulta difícil concebir un conocimiento didáctico del contenido, desconectado de conocimiento del propio contenido. Esto atrae la atención sobre el modo en que los futuros profesores reciben la formación disciplinar. En España, los profesores de secundaria en formación han obtenido antes un grado universitario centrado en alguna de las áreas de conocimiento curricular (física, biología, historia, etc.). Esto, en principio permite suponer que su dominio de tales contenidos es muy bueno. Sin embargo, el caso de la formación inicial de los maestros/as de educación primaria es muy diferente: su formación disciplinar ha de ser muy variada (conocimiento conceptual, procedimental, epistemológico e incluso actitudinal en ciencias) y se debe adquirir al mismo tiempo (en el mismo Grado universitario) que la formación didáctica. Esto podrían suponer un obstáculo para la adquisición de un CDC inicial (antes de la experiencia profesional) adecuado. Parece pues importante evaluar hasta qué punto los futuros maestros de primaria están adquiriendo suficiente Conocimiento Didáctico del Contenido en ciencias experimentales básicas, y detectar aquellos aspectos que podrían ser mejorados durante su formación inicial en la universidad.

8.1.1.-Instrumentos de evaluación del CDC

La variabilidad en la definición del CDC y la ausencia de un acuerdo definitivo sobre sus componentes y sus contenidos, conduce a distintas propuestas de instrumentos para su evaluación. La mayoría de los trabajos publicados hasta ahora en los que se maneja algún tipo de instrumento para evaluar el CDC, se centran en profesores/as de Secundaria y no tanto en maestros/as de Primaria. Los instrumentos propuestos y usados para obtener datos sobre CDC se pueden clasificar en:

- a) Cuestionarios de lápiz y papel, tanto de respuesta abierta (Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016; Krauss et al., 2008; Manizade y Mason, 2011), como cerrada (Jüttner y Neuhaus, 2013; Jüttner, Boone, Park y Neuhaus, 2013; Malcolm y Mavhunga, 2015).
- b) Entrevistas y técnicas de observación usando indicadores de evaluación (“rubrics”) (Park, Chen, y Jang, 2008; Gardner y Gess-Newsome, 2011) o formularios semi-estructurados (Park y Chen, 2012; Henze, van Driel y Verloop, 2008), o registrando información mediante grabaciones y análisis de materiales usados por el profesor (Alonzo, Kobarg y Seidel, 2012; Faikhamta y Clarke, 2013).
- c) Combinación de ambos (Abd-El-Khalick, 2006; Käpylä, Heikkinen y Asunta, 2009; Morrison y Luttenegger, 2015).

Es, precisamente, la profusión de instrumentos de todo tipo (característico de los temas incipientes, no todavía bien consensuados) lo que aconseja explicitar la selección de uno de ellos (al menos) para clarificar el tipo de datos obtenidos y el procedimiento por el que se obtienen.

8.1.2.-Objetivos

El objetivo principal de este trabajo fue realizar una evaluación exploratoria de la formación inicial que reciben los futuros maestros y maestras de educación primaria sobre el conocimiento didáctico del contenido en el área de las ciencias experimentales. Ello debería ayudar a proponer acciones para corregir ciertas deficiencias que se detecten en la formación inicial de los estudiantes de Magisterio. Los objetivos específicos fueron:

O1: Seleccionar un instrumento ya validado en otros contextos, adaptarlo y definir indicadores (a modo de “rubrics”) que nos permitan obtener una evaluación de los

datos provechosa.

O2: Evaluar de forma exploratoria el CDC de maestros de primaria en formación inicial a través de este instrumento y de los indicadores definidos.

O3: Valorar los efectos de una formación específica en didáctica de las ciencias experimentales, en comparación con la formación general proporcionada por las materias fundamentales de psico-socio-pedagogía y de didáctica general del currículo de Grado de Maestro de Primaria.

La secuencia de acciones seguidas en este estudio para alcanzar estos objetivos es coherente con la finalidad exploratoria y descriptiva del mismo. Tras la selección de instrumento, se procedió a la determinación de indicadores concretos a partir de un criterio experto, pero también a partir de un análisis y codificación recursiva de las respuestas de los participantes. Finalmente, se logró dar cuenta de la amplia variedad de contribuciones de los estudiantes y se procedió a contabilizar la cantidad de participantes que satisfacen o no satisfacen cada uno de los indicadores. Un análisis complementario estudió posibles diferencias en el CDC de los participantes, debidas al efecto de la instrucción en didáctica general o en didáctica específica recibida en el Grado universitario de Maestro de Primaria.

8.2.-Método

8.2.1.-Participantes

En este estudio exploratorio participaron 112 alumnos/as de ambos sexos (pero con sólo un 22% de varones) pertenecientes a 4 grupos intactos del Grado de Maestro de Primaria en una universidad pública situada en una gran ciudad española. Su edad típica fue de 21 años, con un promedio de 21,1 y límites entre 20 y 42 años. Todos los participantes habían cursado y aprobado dos materias troncales (las mismas para cualquier mención o especialidad) relacionadas con la formación en ciencias durante el Grado en esa universidad en particular: a) una materia dedicada a la formación en conocimiento científico que se cursa antes de la formación en didáctica de las ciencias; b) una materia dedicada al conocimiento en didáctica de las ciencias experimentales. Además, todos los participantes habían cursado y aprobado también

las materias troncales de formación psico-socio-pedagógica básica, de carácter general (por contraste con el carácter específico o de área). La muestra incluyó personas cuyos estudios previos al Grado pertenecen a la mención o especialidad de ciencias experimentales (21% de participantes), y también personas de otras especialidades. En resumen, en este estudio exploratorio se procuró que en la muestra de participantes hubiera una representación de diferentes niveles de conocimiento, interés y motivación hacia las temáticas de ciencias.

Es importante tener en cuenta que ninguno de los/las participantes tenían experiencia profesional. El conocimiento didáctico del contenido que puede ser expresado por estos/as estudiantes es, por tanto, el asociado a su formación inicial; aquel desprovisto del importante componente de la maduración que proporciona la experiencia en el oficio.

8.2.2.-Instrumento

Como se dijo antes, se seleccionó un instrumento procedente de la literatura especializada, ya validado y utilizado en anteriores estudios: el CoRe (Eames, Williams, Hume y Lockley, 2011). Este instrumento propone primero una situación propia de ciencias y, a partir de ella, propone grandes preguntas, todas ellas relacionadas con aspectos básicos del CDC:

- 1) ¿Qué pretendes que los niños aprendan sobre esta idea (la situación planteada)?
- 2) ¿Por qué es importante para los estudiantes saber esto?
- 3) ¿Qué más sabes sobre esta idea aparte de lo que has mencionado antes?
- 4) ¿Qué dificultades/ limitaciones están vinculadas con la enseñanza de esta idea?
- 5) ¿Qué sabes sobre el pensamiento de los estudiantes que influye en la enseñanza de esta idea?
- 6) ¿Hay algún otro factor que influya tu enseñanza de esta idea?
- 7) ¿Qué procedimiento de enseñanza utilizarías y por qué para esta idea?
- 8) ¿Cómo evaluarías si los niños han comprendido o no la situación planteada?

Para contestar esas grandes preguntas, el participante debe escribir todo cuanto sepa, siempre respecto a la situación concreta propuesta al comienzo. Por tanto, se está

evaluando conocimiento didáctico de un contenido concreto.

En el presente estudio, se realizaron tres cambios de menor entidad para dar completitud al instrumento, simplificarlo y mejorar la comprensión de las demandas por los participantes:

- a) Se añadió al comienzo del instrumento, y antes de los aspectos o preguntas, unas breves instrucciones y un listado de temas o situaciones de ciencias físico-químicas entre las que elegir sólo una. A ella se debían referir las respuestas a cada aspecto contemplado en el instrumento.
- b) Se clarificó la formulación de algunas preguntas con el uso de términos propios del oficio de maestro, sin alterar el significado ni el contenido del aspecto de CDC referido.
- c) Dos de las preguntas o aspectos del instrumento original, la (3) y la (6) se subsumieron en otras preguntas por considerarse reiterativas. En una prueba piloto anterior solo dieron lugar a dudas de los estudiantes sobre su intención, y a respuestas repetidas, genéricas o inespecíficas.

El resultado fue un instrumento con 6 aspectos diferenciados en los que se articula el conocimiento didáctico del contenido (siempre a excepción del componente ‘experiencia profesional’):

- 1) ¿Qué intentarías que los niños aprendiesen sobre esta situación particular (objetivos)?
- 2) ¿Por qué crees importante que los estudiantes aprendan lo que has expuesto anteriormente (relevancia del tema o situación)?
- 3) ¿Conoces las posibles dificultades de aprendizaje de los niños o sus ideas alternativas sobre esta situación?
- 4) ¿Conoces las dificultades o limitaciones en la enseñanza de los aspectos mencionados antes?
- 5) ¿Qué metodología de enseñanza utilizarías para obtener un mayor aprendizaje de los estudiantes en el caso planteado? ¿Qué actividades concretas plantearías?
- 6) ¿Cómo evaluarías si los estudiantes han alcanzado realmente los objetivos planteados al principio?

Cada participante debe escribir, libremente, sus ideas en cada uno de estos apartados que aparecen bien diferenciados en el instrumento entregado en papel.

8.2.3.-Condiciones del estudio

Con el fin de explorar el efecto de la instrucción en didáctica específica en el Grado se consideraron dos condiciones en este estudio exploratorio:

1) Condición de Transfer cercano (TC en adelante). Las situaciones propuestas corresponden a temas que se habían tratado en el Grado, tanto en la materia de formación en conocimiento científico, como en la materia sobre conocimiento en didáctica de las ciencias experimentales. En esta condición los estudiantes deberían activar el conocimiento de su memoria a largo plazo y realizar mínimos ajustes y modificaciones para tratar las situaciones propuestas a partir de las ya trabajadas en las aulas universitarias.

2) Condición de Transfer lejano (TL en adelante). Las situaciones propuestas se caracterizan por pertenecer a temas que, si bien se habían tratado en el Grado en la materia de formación en conocimiento científico, no se trataron en la materia sobre conocimiento en didáctica de las ciencias experimentales. En esta condición, los estudiantes habrían activar, modificar y aplicar su conocimiento pedagógico y didáctico adquirido en otros temas (de ciencias o no) a las nuevas situaciones propuestas en este estudio.

La Tabla 8.1 recoge ejemplos de situaciones-temas propuestos en ambas condiciones:

Tabla 8.1: Situaciones propuestas en ambas condiciones de la prueba de CDC en ciencias.

Condición del estudio	Ejemplos de situaciones-temas propuestos
TC: Transfer cercano.	Fases de la Luna. Flotación de cuerpos en agua u otros líquidos.
TL: Transfer lejano.	La órbita de la Luna alrededor de la Tierra. Un algodón empapado en alcohol, ardiendo con llama.

8.2.4.-Procedimiento de recogida de datos

Primero se contactó con los profesores/as de cada grupo intacto para solicitar su permiso. El momento fue inmediatamente posterior a la formación en didáctica de las ciencias obligatoria en el Grado. Los estudiantes fueron advertidos de la actividad unos días antes, y se informó de que la participación sería recompensada con 0,5 puntos en la calificación de la materia que correspondía a ese profesor y horario. Pese a esta gratificación, sólo participó un 90% de los integrantes habitualmente presentes en los grupos.

El día acordado uno de los investigadores acudió a cada uno de los grupos a recoger los datos. De nuevo, se informó in situ a los estudiantes que el objetivo del estudio era evaluar la efectividad de la formación ofrecida a los futuros maestros con el fin de mejorarla. Luego se repartió individualmente el instrumento en papel.

Los estudiantes fueron asignados al azar a una de las condiciones contempladas en este estudio exploratorio, TC (52 participantes) y TL (60 participantes). El investigador presente leyó en voz alta las instrucciones sobre la tarea a realizar y subrayó la necesidad de seleccionar una de las temáticas ofrecidas en un listado inicial, situado al principio del propio instrumento. Tras resolver algunas dudas los estudiantes comenzaron la tarea. El tiempo para ejecutarla se situó entre los 45 y los 55 minutos típicamente.

8.3.-Descripción y análisis de los datos

8.3.1.-Determinación de indicadores de CDC en ciencias

El instrumento de recogida de datos original plantea preguntas muy generales a los/las participantes, de modo que la definición de indicadores específicos resultó muy útil para la valoración de su contenido.

1) En primer lugar se pretendió reflejar una articulación del CDC en aspectos fácilmente identificables por un experto. Por ejemplo, si un apartado solicita al participante que indique qué es importante abordar en relación con la situación, un experto esperará formulación de objetivos con base conceptual, procedimental, y actitudinal.

2) Sin embargo, con frecuencia los criterios expertos deben ser matizados, reelaborados y refinados a partir de la variabilidad en las propias respuestas de los alumnos. En este caso, el estudio detallado de las respuestas dadas por los y las participantes demandó la consideración de indicadores adicionales que fueron definidos y refinados recursivamente. Tras ello, se revisaron aquellos que se explicitaron en pocos estudiantes, se agruparon varios en una categoría supra-ordinal, y/o se redefinieron (sub)categorías para encajar mejor las ideas reales expresadas en el conjunto mínimo posible.

El Apéndice muestra el conjunto resultante de indicadores para evaluar el CDC según el instrumento asumido. Se incluyen respuestas-ejemplo asociadas con cada indicador.

8.3.2.-Satisfacción de los indicadores de calidad de CDC

El Apéndice recoge también los porcentajes de participantes cuyas respuestas se asociaron con cada uno de los indicadores de CDC. En todo caso, los indicadores que quedaron vacíos habían sido definidos por expertos. Porcentajes nulos en los indicadores “Otras ideas” en cada aspecto, indican la suficiencia del conjunto para dar cuenta de las respuestas de los estudiantes (sin perjuicio de que los indicadores puedan ser mejorados o redefinidos).

El análisis global de las respuestas proporcionadas permitió identificar aquellos indicadores satisfechos mayores o menores porcentajes de futuros maestros y maestras de educación primaria. Además, algunos indicadores fueron definidos para indagar las relaciones (o la ausencia de ellas) existentes entre los aspectos del CDC.

Objetivos formulados.- Casi la totalidad de los sujetos participantes (96,4%) nombra objetivos conceptuales, pero pocos nombran objetivos procedimentales y actitudinales (un 20,5% y un 2,7% respectivamente). Entre los objetivos propuestos, prácticamente no se incluyen aspectos relacionados con la naturaleza de las ciencias o la evolución histórica de las ideas. Por otro lado, cabe destacar que, globalmente, un 13,4% de los futuros maestros explicitó algún error conceptual.

Relevancia o importancia educativa.- La utilidad en la vida diaria es el indicador con mayor presencia al preguntar por la importancia educativa del tema propuesto (69,6%). También se considera que son temas importantes y que cualquier persona ha de estudiar para alcanzar una formación científica básica (33,0%) y, en menor medida, porque su estudio está relacionado con otros contenidos que se han de

estudiar posteriormente (24,1%) y son necesarios para su comprensión.

Dificultades de aprendizaje.- Los obstáculos generados por ideas previas erróneas es la dificultad que más estudiantes mencionan (81,3%), seguida de la dificultad para construir conceptos abstractos (34,8%) o la dificultad para superar un estado de actitud negativa hacia la ciencia o la falta de motivación (18,8%). Las dificultades asociadas al bajo conocimiento previo (10,7%), o a destrezas intelectuales poco desarrolladas o de mucha variabilidad (7,1%), están menos presentes. Las dificultades para comprender la progresión histórica del conocimiento particular, para desarrollar habilidades procedimentales o para aceptar la explicación científica actual, no son consideradas por ningún estudiante, lo cual coincide con la falta de objetivos sobre estos aspectos mencionada anteriormente.

Dificultades de enseñanza.- Estas dificultades de enseñanza mantienen cierto paralelismo, esperable, con las dificultades de aprendizaje de las situaciones elegidas. Los obstáculos nombrados por más personas están asociados con hacer entender conceptos abstractos (49,1%), superar ideas erróneas o el bajo conocimiento previo (47,3%), y a la falta de recursos necesarios (33,9%). En menor medida, también se tienen en cuenta otras dificultades como las contextuales (26,8% de participantes), las relacionadas con la desmotivación o con las actitudes negativas de los niños/as (22,3%) y con la falta de tiempo (15,2%). Algunos participantes nombran también dificultades asociadas a características del propio maestro, como falta de preparación o de cualidades personales apropiadas. Ningún participante nombra posibles dificultades de comunicación en este apartado.

Metodología a emplear.- Una amplia mayoría de participantes (86,6%) menciona algún enfoque general del modo de instrucción, como fomentar el aprendizaje significativo o la utilización de una metodología activa o basada en actividad experimental. Particularmente relevante es el bajo porcentaje de estudiantes que proponen partir del conocimiento previo de los niños/as (17,0%). Sin embargo, sólo el 26,8% aporta argumentos para sostener sus propuestas. Algo más de la mitad de todos los participantes (51,8%) propone actividades concretas relacionadas con el tema específico planteado. Sólo una pequeña minoría (5,4%) menciona las necesidades de organización y gestión de los estudiantes en el aula (como trabajo cooperativo en grupo).

Evaluación.- Tampoco la evaluación de los contenidos implicados se suele relacionar con los objetivos propuestos (tan sólo un 13,4% de participantes lo hace). También se exponen indicadores que se tomarían como referencia para su evaluación (33,9%), algunos basados en la participación, el comportamiento, el interés o el progreso

durante el curso, que no fueron mencionados en los objetivos al inicio. Un gran número de encuestados (67,9%) nombró técnicas e instrumento útiles para evaluar (exámenes, trabajos prácticos, exposiciones públicas, experimentos, etc...), pero sólo una parte menor (22,3%) planteó actividades de evaluación específicas de las situaciones tratadas, o fue capaz de dar argumentos para sustentar sus propuestas (23,2%). Por último, un 10,7% rechazó la utilización de exámenes explícitamente.

En todos los apartados del CDC contemplados aparecieron porcentajes muy bajos de participantes (entre 0% y 3,6%) que sólo expresaron ideas vagas, sin aportación real.

8.3.3.-Posibles efectos de la instrucción específica en didáctica de las ciencias

La comparación de los resultados obtenidos en las dos condiciones del estudio propuestas (Transfer cercano, TC y Transfer lejano, TL) muestra diferencias en algunos indicadores. Estas diferencias podrían estar relacionadas con efectos de recibir una instrucción en didáctica específica en situaciones-temas similares a los propuestos en la prueba de CDC (TC), comparado con los efectos de una instrucción más general, o en temas distintos al propuesto (TL).

En la formulación de objetivos, el porcentaje de estudiantes que exponen objetivos conceptuales fue semejante en ambas condiciones. Sin embargo, sí resultaron evidentes las diferencias en objetivos procedimentales propuestos (TC: 36,5%; TL: 6,7%) y en los de tipo actitudinal (TC: 5,8%; TL: 0,0%) o epistemológico (TC: 1,9% TL: 0,0%), aunque en estos casos el porcentaje de participantes fue bajo en ambas condiciones. Otra diferencia destacable es que los errores conceptuales se dieron únicamente en sujetos de la condición TL (25,0%).

En cuanto a la relevancia o importancia educativa de las situaciones o temas propuestos, más sujetos en condición TC fueron capaces de establecer relaciones entre los temas tratados con otros contenidos más complejos (TC: 34,6%; TL: 15,0%).

Las frecuencias de los indicadores relativos a las dificultades de aprendizaje fueron similares en las dos condiciones experimentales, exceptuando la dificultad de superar una actitud o motivación negativa, que preocupó a mayor porcentaje de participantes en condición TL (TC: 1,9%; TL: 33,3%).

Un mayor porcentaje de participantes en condición TL manifestaron dificultades de enseñanza relacionadas con cómo corregir las ideas erróneas de los niños (TC: 30,8%; TL: 61,7%), con la superación de una baja motivación (TC: 7,7%; TL: 35,0%) o con características negativas del contexto (TC: 5,8%; TL: 45,0%). Es posible que ello se deba a que los alumnos en condición TC sienten que sí saben cómo abordar ideas erróneas, cómo enfrentarse a estudiantes con baja motivación o trabajar con materiales sencillos y baratos incluso sin disponer de un auténtico laboratorio escolar. Un mayor porcentaje de estudiantes en condición TC señaló la falta de tiempo como obstáculo instruccional (TC: 23,1%; TL: 8,3%), tal vez conscientes de que ciertas tareas de aprendizaje requieren tiempo para su desarrollo (las experimentales).

En metodología de enseñanza, las principales diferencias entre condiciones se manifestaron al comparar la presencia o ausencia de actividades específicas del tema en cuestión. Este indicador se presentó en un porcentaje muy superior en aquellos alumnos y alumnas en condición TC (96,2%) comparado con los de condición TL (13,3%). Esta diferencia es positiva y esperable si se tiene en cuenta que estos estudiantes han recibido formación en didáctica de las ciencias y trabajado situaciones similares a la propuesta. Por tanto, tienen mayor facilidad para transferir y proponer actividades específicas de aprendizaje. Los porcentajes se desequilibraron al contrario al proponer tipos de tareas (observar, experimentar, discutir, brainstorming, etc.) pero sin concretar las actividades o tareas (TC: 1,9%; TL: 23,3%). Lo mismo sucedió en los porcentajes respectivos que sugirieron partir del conocimiento previo de los estudiantes (TC: 5,8% TL: 26,7%), mayor en la condición de transfer lejano. En realidad, no es necesario disponer de conocimiento específico para ello.

Por último, no existen diferencias entre condiciones dignas de mención en los indicadores pertenecientes a evaluación, incluyendo su escasa relación con los objetivos propuestos.

8.4.-Discusión, conclusiones provisionales y temas pendientes

En este trabajo se plantearon 3 objetivos: 1) seleccionar un instrumento y definir indicadores para evaluar de un modo preciso el CDC en ciencias de futuros maestros; 2) usarlos para evaluar el CDC en ciencias actual que se adquiere en el grado universitario correspondiente; 3) valorar el impacto de la formación específica en didáctica de las ciencias sobre temas específicos.

El primer objetivo fue abordado por una doble vía: criterios expertos y definición de categorías a partir del análisis de respuestas de los estudiantes. El conjunto resultante de “*rubrics*” ha mostrado suficiencia para dar cuenta de las respuestas de nuestros participantes. No obstante, debemos recordar que la muestra no es representativa desde un punto de vista estadístico. Por tanto, el conjunto de indicadores está todavía sujeto a revisión y mejora.

El segundo objetivo implicó la utilización del instrumento y los indicadores para obtener una evaluación exploratoria del CDC en ciencias de los/las participantes. Hay resultados estimulantes, como los bajísimos porcentajes de participantes que sólo fueron capaces de escribir ideas vagas sin aportación real (ver Apéndice). En general, cuando se da oportunidad y tiempo, los estudiantes son capaces de generar ideas didácticas apropiadas, eso sí, con muy variados niveles de profundidad.

Sin embargo, también se revelaron carencias importantes en porcentajes significativos de participantes. Entre ellas:

a) Escasa consideración de objetivos procedimentales, actitudinales o epistemológicos. Muchos participantes olvidaron que una buena educación en ciencias implica algo más que dominio de los conceptos. Los formadores de maestros deberían considerar la posibilidad de que ello se deba a las vivencias de estos estudiantes en las aulas de ciencias durante su vida estudiantil, incluyendo el Grado universitario.

b) Comprensión superficial del contenido curricular en ciencias y de sus posibilidades educativa, puesta de manifiesto al tratar de sustentar la relevancia educativa del tema o situación. Se menciona sobre todo la utilidad en la vida diaria del contenido a tratar, pero no se concreta la razón de la utilidad, ni hay tanta argumentación como sería deseable. Claro está que los (futuros) maestros han de

asumir las propuestas curriculares que les son impuestas y tienen poco margen de discusión sobre ellas. Ello unido a una formación científica y didáctica a la que difícilmente se puede dar extensión y profundidad, podrían explicar este resultado. La relación entre un bajo conocimiento de ciencias y dificultades para concebir una buena enseñanza de las ciencias ha sido encontrada repetidamente. Por ejemplo, Davis y Petish (2005) encontraron que los profesores con menos conocimientos sobre ciencias tenían menos capacidad de representar de un modo adecuado sus estrategias instruccionales y explicitarlas.

c) Desvinculación entre objetivos, metodología de enseñanza y evaluación. Nuestros participantes olvidaron estas importantes relaciones en un gran porcentaje, a excepción de unos pocos casos que explicitaron actividades concretas cuya conexión con objetivos planteados podría inferirse. Musikul (2007) observó también limitaciones en las estrategias de enseñanza de las ciencias y sobre evaluación en profesores con un conocimiento poco profundo de la ciencia, como es el caso de la mayoría de nuestros participantes. La falta de conocimiento profundo de la ciencia (no necesariamente extenso) podría estar dando impulso a una concepción “activista” de la profesión, basada en “piezas” a ejecutar sin conexión argumentada, sin metas instruccionales claras y, por tanto, sin vías definidas para alcanzarlas.

d) “Buenas intenciones” acompañadas de escasa profundidad didáctica. Afirmaciones como “*Usaría una metodología en la que el alumno tenga el papel activo del proceso de aprendizaje y el maestro sea únicamente su guía...para que el alumno llegue al conocimiento de forma autónoma... el aprendizaje sea más significativo y perdure*” (participante #26A), se acompañaron pocas veces de actividades que las concretaran y ejemplificaran. Cuando ello sucedió, demasiadas veces se trató de actividades más bien tradicionales propuestas bajo la suposición de que una simple ejecución autónoma por los niños significa, automáticamente, un ‘papel activo’ del alumno o un ‘aprendizaje significativo’: “*observación de la luna durante el ciclo de 28 días y dibujar en un cuaderno en qué fase se encuentra cada día...*”; “*creación de una maqueta del sistema solar...*” (el mismo participante #26A). También Ozden, Usak, Ulker y Sorgo (2013) encontraron que este tipo de profesorado, en su mayoría no dispone de conocimientos didácticos apropiados sobre dificultades de aprendizaje de los estudiantes, ni sobre las actividades y recursos más pertinentes para la enseñanza de un tema científico.

Con frecuencia los alumnos utilizan “palabras clave” que luego no se materializan en propuestas concretas coherentes con lo declarado. Puede que la formación maestros deba realizar esfuerzos mayores en la concreción de actividades formativas que den

forma, profundidad y realidad a las distintas orientaciones instruccionales “declaradas” en las aulas. Claro que esto no es fácil, dado el delicado equilibrio entre proporcionar conocimiento aplicado, pero también argumentos a los modos de “hacer” de los futuros maestros y maestras (en su mayoría con un bajo conocimiento previo en ciencias), dentro de un currículo universitario muy diverso.

Ciertos problemas revelados en este estudio exploratorio no son exclusivos de la formación en ciencias y, por tanto, debería alertar al conjunto de actores implicados en la formación de los futuros maestros. Por ejemplo, y aunque ello no ha sido evaluado específicamente aquí, no se puede soslayar la frecuente dificultad encontrada en algunos participantes a la hora de expresar sus ideas de forma comprensible y coherente (con independencia del valor de su contenido). Ello resulta más llamativo cuando ningún participante hizo mención de posibles dificultades instruccionales asociadas con la comunicación en el presente estudio (un indicador definido por expertos). Casi todos estos problemas podrían solucionarse con una formación más cohesionada entre diferentes áreas de conocimiento. El hilo conductor podría ser un concepto consensuado de qué es el Conocimiento Didáctico del Contenido, que se especializaría luego en cada área específica.

El tercer objetivo sí atañe exclusivamente a la formación en Didáctica específica de las Ciencias Experimentales. Algunas diferencias de interés aparecieron entre los estudiantes a quienes se ofrecieron situaciones cercanas a las previamente trabajadas en didáctica de las ciencias, y aquellos cuyas situaciones propuestas no fueron trabajadas antes en esta materia. Este segundo grupo de participantes hubo de realizar una transferencia lejana, aplicando conocimientos adquiridos en otras asignaturas a la situación presente. El resultado muestra que estos últimos participantes (condición TL) expresaron más ideas de tipo general, aunque también valiosas (por ejemplo, superar malas actitudes o motivación baja) que el primer grupo (TC) en donde las ideas focalizaron mucho más en la situación elegida y se explicitaron actividades concretas para el aprendizaje de la situación planteada. Una parte de estas actividades concretas en la condición TC involucraron objetivos procedimentales (actividad experimental) que sí habían sido previamente planteados, algo muy poco frecuente en la condición TL. Además, los participantes en condición de transfer cercano no expresaron tantas dificultades instruccionales asociadas para superar errores conceptuales o *misconceptions* de sus futuros estudiantes como hicieron los de la condición transfer lejano. Es alentador pensar que ello pueda deberse a que dichos participantes saben cómo hacerlo tras recibir una instrucción específica en didáctica de las ciencias. Otro efecto positivo, que posiblemente se deriva indirectamente de la formación en didáctica de las ciencias, es que una cuarta parte de los estudiantes en

condición TL manifestaron errores conceptuales, pero éstos no aparecieron en la condición TC. Probablemente, retomar y analizar situaciones o temas ya estudiados en la asignatura de didáctica, y trabajar los errores conceptuales de los niños/as, revela también los errores de los futuros maestros, les ayuda a la reflexión y promueve un cierto cambio conceptual.

En resumen, la formación específica en didáctica de las ciencias parece producir un aprendizaje específico que es necesario en los futuros maestros y maestras. En todo caso, debemos insistir en que todos los resultados obtenidos suponen simplemente una exploración con una muestra no representativa de estudiantes de magisterio en una universidad pública particular, y con un diseño de investigación que puede ser mejorado. Por tanto, estos resultados no son generalizables y requieren validación adicional antes de tomarlos como referencia de futuras acciones instruccionales.

8.4.1.-Temas pendientes

Hasta aquí, podemos interpretar que el instrumento es comprensible para sus destinatarios (todos los apartados fueron respondidos con mayor o menor acierto) y recoge conocimiento propio de cada apartado. Además, podemos colegir que el conjunto de indicadores de evaluación definidos es suficiente para dar cuenta de las ideas que explicitan los participantes de un modo diferenciado y específico. Sin embargo, queda por realizar una validación de tipo estadístico con muestras representativas de la población de estudiantes de magisterio que impliquen más universidades.

Además, hay algunos aspectos que deben abordarse en el futuro inmediato. En primer lugar, asociar el nivel de conocimiento científico sobre una situación particular, con el de conocimiento didáctico del contenido sobre esa misma situación. Ello daría soporte y ponderaría la importancia de saber ciencia para saber enseñar ciencia.

En particular, un diseño factorial 2X2 considerando el efecto del conocimiento del tema (alto/bajo) y del conocimiento didáctico (específico/general) sobre el CDC permitiría explorar mejor la interacción entre el conocimiento sobre ciencia y el conocimiento didáctico específico sobre el CDC inicial (sin experiencia profesional).

En tercer lugar, sería bueno disponer de muestras de maestros/as en servicio, con distinta experiencia y formación profesional para poder valorar el efecto del conocimiento del oficio, dado por la experiencia, sobre el CDC.

La siguiente fase sería proponer mejoras en la formación de maestros, al menos en conocimiento científico y en conocimiento didáctico en ciencias (aunque las mejoras deberían implicar, probablemente, otras áreas). Consensuarlas, llevarlas a las aulas y evaluar su impacto serían los últimos pero imprescindibles pasos de este (largo) camino.

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. (2006) Preservice and experienced biology teachers' global and Specific subject matter structures: implications for conceptions of pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2 (1), 1-29.
- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education* 30 (10), 1405–1416.
- Alonzo, A. C., Kobarg M. y Seidel T. (2012). Pedagogical content knowledge as reflected in teacher–student interactions: Analysis of two video cases. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (10), 1211–1239.
- Barnett, J., y Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Towards a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85 (4), 426-453.
- Brines, M. Solaz-Portolés J.J y Sanjosé, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. Aceptado para su publicación en *Enseñanza de las Ciencias*.
- Davis, E. A. y Petish, D. (2005). Real-World applications and instructional representations among prospective elementary Science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 16 (4), 263–286. DOI: 10.1007/s10972-005-8892-4
- Eames, C., Williams, J., Hume, A., y Lockley, J. (2011). CoRe: A way to build pedagogical content knowledge for beginning teachers. *Wellington: Teaching and Learning Research Initiative (TLRI)*. Recuperado en mayo de 2016 de: http://www.tlri.org.nz/sites/default/files/projects/9289_summaryreport.pdf.
- Faikhamta, C. y Clarke, A. (2013). A Self-Study of a Thai Teacher Educator Developing a Better Understanding of PCK for Teaching about Teaching Science. *Research in Science Education*, 43 (3), 955-979.
- Gardner, A.L. y Gess-Newsome, J. (2011). A PCK rubric to measure teachers' knowledge of inquiry based instruction using three data sources. Paper presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Orlando, FL. [Fecha de consulta: 11 Mayo 2016]. Disponible en: http://www.bsos.org/sites/default/files/legacy/pdf/Community_Sessions_NARST_2011_PCK%20Rubric%20Paper.pdf.

- Henze, I., van Driel J. H. y Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30 (10), pp. 1321-1342. DOI: 10.1080/09500690802187017.
- Hume, A., y Berry, A. (2011). Constructing CoRes –a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41, 341-355.
- Jüttner, M., Boone W., Park S. y Neuhaus B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment Evaluation and Accountability*, 25 (1), 45-67.
- Jüttner, M. y Neuhaus, B. J. (2013). Validation of a Paper-and-Pencil Test Instrument Measuring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge by Using Think-Aloud Interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1 (2). [Fecha de consulta: 14 Julio 2015]. Disponible en: <http://redfame.com/journal/index.php/jets/article/view/126/132>.
- Käpylä M., Heikkinen J. P. y Asunta T. (2009). Influence of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31 (10), 1395-1415. DOI: 10.1080/09500690802082168.
- Kleickmann, T; Richter, D; Kunter, M; Elsner, J; Besser, M; Krauss, S, y Baumert, J. (2013). The Role of Structural Differences in Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 64 (1), pp. 90-106.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, J., y Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100, 716-725. DOI:10.1037/0022-0663.100.3.716.
- Lange, K; Kleickmann T y Möller K (2012). Elementary teachers' pedagogical content knowledge and student achievement in science Education. In C. Bruguier, A. Tiberghien y P. Clément (Eds.), *Science Learning and Citizenship*. Proceedings of Ninth ESERA-Conference 2011, Lyon.
- Loughran, J., Berry, A., y Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers.

- Loughran, J., Mulhall, P., y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (4), 370–39.
- Loughran, J., Mulhall, P., y Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1301–1320.
- Malcolm S.A. y Mavhunga E. (2015). The Development and Validation of an Instrument Measuring Topic Specific PCK in Stoichiometry: Preliminary Findings. Presented at *23rd Annual Conference of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education*. Maputo, Mozambique. 13–16 January 2015. Recuperado en abril 2016 de: https://www.academia.edu/10099974/The_Development_and_Validation_of_an_Instrument_Measuring_Topic_Specific_PCK_in_Stoichiometry_Preliminary_Findings.
- Manizade, A. G. y Mason M. M. (2011). Using Delphi methodology to design assessments of teachers' pedagogical content knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 76 (2), 183-207.
- Magnusson, S., Krajcik, J., y Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implication for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic.
- Morrison, A. D. y Luttenegger, K. C. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge Using Multiple Points of Data. *The Qualitative Report*, 20, (6), 804-816. Recuperado en febrero de 2016 de: <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR20/6/morrison1.pdf>.
- Musikul, K. (2007). *Professional development for primary science teaching in Thailand: knowledge, orientations, and practices of professional developers and professional development participants*. (Tesis Doctoral). Faculty of the Graduate School. University of Missouri–Columbia. Disponible en: <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/4667>
- Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science education*, 30 (10), 1281–1299.

- Özden, M., Usak, M., Ulker, R. y Sorgo, A. (2013). Effects of lesson preparation methods on prospective primary teachers pedagogical content knowledge. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 14 (3A), 1432–1442.
- Park, S. y Chen Y-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (7), pp. 922–941. DOI: 10.1002/tea.21022.
- Park, S., Chen, Y-C., y Jang, J. (2008). Developing measures of teachers' pedagogical content knowledge for teaching high school biology. *International conference of the Association for Science Teacher Education*, St. Louis, MI. January.
- Park, S., Jang, J-Y., Chen, Y-C. y Jung J. (2011). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching? Evidence from an Empirical Study. *Research in Science Education*, 41 (2), 245–260.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.

Apéndice

Indicadores específicos para evaluar el CDC, porcentaje de participantes que los satisfacen y ejemplos de respuestas dadas en cada indicador.

	Indicadores	%	Ejemplos de respuesta
Formulación de objetivos	Se explicitan objetivos conceptuales en relación con la situación seleccionada	96,4	“(Aprender) la necesidad de oxígeno en cualquier combustión” #3A
	Se explicitan objetivos procedimentales en relación con la situación seleccionada	20,5	“Observar que un globo no se puede hinchar dentro de una botella llena de aire” #18B
	Se explicitan objetivos actitudinales o valores.	2,7	“Adoptar una postura crítica frente a las situaciones que se nos puedan presentar en relación con los materiales conductores y no conductores” #61B
	Se menciona NdC o historia de la ciencia	0,9	“Aprender que la ciencia está presente en todos los ámbitos del día a día” #26B
	Generales e imprecisos	1,8	“Experimentar con diferentes objetos” #8B
	Los sujetos muestran errores conceptuales	13,4	“Que durante la combustión el alcohol etílico se ha evaporado” #10A
	Otras ideas.	0	
Importancia educativa	Relación con utilidad en la vida diaria.	69,6	“Creo que es algo que les resultaría útil en el ámbito cotidiano” #85A
	Importancia en la formación personal.	33,0	“Considero que es un mínimo para ser alfabeto científicamente” #172A
	Relación, prelación y secuencia entre estos y otros contenidos.	24,1	“Estos conceptos pueden ayudar a los niños a entender otros conceptos en un futuro, que probablemente sin entender por qué unos objetos flotan y otros se hunden no podrían entender” #1B
	Otras ideas.	0	
Dificultades de aprendizaje	Conocimiento previo insuficiente o erróneo.	10,7	“Entender el concepto en sí (...) implica tener gran cantidad de conocimientos previos que deben de estar bien asentados. Y eso en muchas ocasiones no ocurre así.” #49A
	Incapacidad para explicitar, abandonar ideas erróneas o superar percepciones sensoriales.	81,3	“Las ideas previas suelen ser para ellos (los estudiantes) algo correcto y es difícil aceptar nuevos conocimientos dejando a un lado los adoptados anteriormente” #141A
	Nivel de abstracción de determinados conceptos.	34,8	“La principal dificultad para ellos es que no pueden ver lo que se les enseña” #14B
	Incapacidad para desarrollar habilidades procedimentales.	0	
	Superar actitud/motivación negativa hacia la ciencia.	18,8	“Un exceso de motivación, igual que una falta, puede ser una dificultad ya que genera unas expectativas muy altas y una gran desilusión o apatía ante los resultados” #96A
	Dificultades para comprender la progresión histórica.	0	

	Diversidad en el alumnado / Bajo desarrollo de capacidades cognitivas	7,1	“Debe haber una atención a la diversidad para poner dicho aprendizaje a la altura de todos los alumnos individualmente” #141A
	Aceptar/entender explicación de la ciencia actual.	0	
	Otras ideas.	0	
Dificultades de enseñanza	Hacer entender conceptos abstractos o dificultosos.	49,1	Las dificultades de enseñanza están bastante relacionadas con las de aprendizaje, ya que vuelven a pasar por la necesidad de explicar los fenómenos científicos de una forma abstracta” #15B
	Superar bajo conocimiento previo y/o <i>misconceptions</i> .	47,3	“Las dificultades que podría destacar (...) que el profesor no conozca las ideas previas de los alumnos sobre el tema y no tenga claro por dónde empezar para no confundir a los alumnos” #32A
	Realizar experimentos o actividades procedimentales apropiadas.	0,9	“La dificultad que puede encontrar un maestro (...)...si los maestros realizaran actividades prácticas donde los alumnos participen...aprenderán de una manera casi definitiva” #22B
	Captar la atención y mantenerla; despertar interés, actitud del maestro.	22,3	“(Otro problema es) que el experimento no sea atractivo para ellos y no capte su atención...” #27A
	Usar bien la Historia de la ciencia.	0	
	Comunicación y uso de vocabulario difícil.	0	
	Falta de recursos, lugares y materiales de laboratorio.	33,9	“Las limitaciones más frecuentes vienen dadas por los recursos... bastante escasos... viéndonos obligados a comprarlos por nuestra parte” #14B
	Falta de tiempo para desarrollar los contenidos.	15,2	“También puede influir (en la dificultad de enseñar) el tiempo que se pueda dedicar (al tema)” #26A
	Falta de preparación o de cualidades del propio maestro.	10,7	“En mi opinión los alumnos no deben pagar su mal carácter o su mala organización” #28A
	Dificultades contextuales: inmobiliario peligrosidad con niños, etc...	26,8	“No siempre los colegios disponen de laboratorios o aulas habilitadas y materiales para realizar este tipo de demostraciones de forma segura...” #53A
	Sólo ideas vagas, sin aportación real	0	
Otras ideas.	0		
Metodología de enseñanza	Este tema no lo enseñaría porque es inadecuado.	0	
	Enfoque general de instrucción (activa, constructivista, etc.).	86,6	“Una metodología crítica y reflexiva que permita a los niños cuestionarse su conocimiento...” #16B
	Argumentos a favor/ en contra de ciertas metodologías.	26,8	“...Realización de actividades en primera persona. Estos temas tan densos y difíciles, si los enseñamos solo dando teoría y los alumnos no descubren el porqué de la flotación, son temas difíciles de entender” #95B

	Organización: roles de maestro y de estudiantes, ambiente, etc.	5,4	“Trabajar en grupo podría motivarles (en este tema (Tierra-Luna)” #8A
	Partir del CP del alumno	17,0	“(Que los alumnos) construyan su conocimiento desde sus conocimientos previos...” #72A
	Tipología de tareas (observar, experimentar, discutir, <i>brainstorming</i> , etc...).	13,4	“Aplicar el método científico: planteamiento de hipótesis-experimentación – verificación” #79A
	Actividades concretas asociadas con objetivos planteados para este tema	51,8	“Utilizaría dos bolas de corcho (Tierra y Luna) y un foco encendido (Sol)... Explicaría el movimiento lunar y pediría a los alumnos que lo pusieran en práctica” #15B
	Sólo ideas vagas sin aportación real.	3,6	“Favorecer al alumnado de material tangible para ellos que les haga comprender en su totalidad el tema abarcado (<i>sic</i>)”. #112A
	Otras ideas.	0	
Evaluación	La evaluación se relaciona con los objetivos planteados al inicio y/o con la metodología.	13,4	“No tendría sentido que habiendo seguido una metodología de enseñanza práctica o experimental, evaluara a mis alumnos con un examen oral o escrito” #90B
	Orientación general de la evaluación.	25,9	“(Realizaría) una evaluación continua donde contaría el trabajo y el interés por mejorar del alumno”. #61A
	Formas de evaluar, técnicas e instrumentos.	67,9	“Pasar un test antes de explicar (...) y repetirlo al final para saber lo que han aprendido” #156A
	Justificación y argumentos sobre evaluación.	23,2	“(Haría preguntas mientras ellos realizan experimentos). Lo haría así porque de esta forma los niños estarían centrados en la tarea y no despistados... y no tienen presión...” #97B
	Indicadores o aspectos concretos a evaluar: las ideas previas, etc.	33,9	“Llevaría un control diario del interés, capacidad de abstracción y generalización y participación en los debates (de cada niño)”. #16B
	Actividades de evaluación concretas.	22,3	“Les daría unos papeles que representarían las cargas positivas y negativas, y (pediría) que supieran describir su movimiento” #88B
	Rechazan realizar examen.	10,7	“Creo que toda evaluación que no conste de un examen escrito es constructiva...” #26B
	Sólo ideas vagas sin aportación real.	0,9	“Mediante una actividad donde demuestren lo aprendido. Igualmente necesitaría conocer al grupo (..) para poder realizar una evaluación que respondiera a sus necesidades” #1A
Otras ideas.	0		

Capítulo 9:

Un Análisis Estructural del Conocimiento Didáctico del Contenido Científico Escolar en futuros Maestros de Primaria

Resumen

El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en ciencias es el conocimiento profesional específico de un profesor que lo caracteriza y lo diferencia de otro profesional formado en ciencias. La investigación internacional desarrollada los últimos años muestra variedad en su definición por expertos, y en su composición. Esa variedad ha dado lugar a una multiplicidad de instrumentos diseñados para su evaluación. Parece conveniente explorar si tras dicha variedad, subyace una estructura conceptual estable para el CDC de ciencias que pueda revelarse a partir de indicadores empíricos, confirmando o refutando los variados criterios expertos.

Dada la complejidad del constructo, conviene considerar situaciones acotadas y simplificadas. Por ello, el presente trabajo analiza la posible estructura del CDC de ciencias escolares que muestran los futuros maestros antes de adquirir experiencia profesional. Dos estudios independientes fueron desarrollados con sendas muestras de maestros de primaria en formación inicial en dos años distintos. El CDC en ciencias escolares fue evaluado mediante *CoRE*, un instrumento utilizado en estudios internacionales. Los resultados del análisis de estructura muestran una estructura estable subyacente, con dos factores asociados con "Análisis didáctico" y "Acción didáctica" respectivamente. Las relaciones entre componentes del CDC en ciencias obtenidas fueron conceptualmente similares a las observadas en estudios empíricos anteriores.

Un Análisis Estructural del Conocimiento Didáctico del Contenido Científico Escolar en futuros Maestros de Primaria

9.1.-Introducción

El conocimiento didáctico del contenido en ciencias (CDC en adelante) es el tipo de conocimiento que distingue a un profesor de un científico. En su núcleo está la manera en que transforma los contenidos científicos para enseñarlos (Shulman, 1987). De la importancia del CDC da idea el abundante número de artículos publicados sobre dicho constructo desde la década de los 90, que pueden leerse en muchas de las revistas de alto índice de impacto en Educación (ver por ejemplo Hashweh, 2005; Abell, 2008; Park y Oliver, 2008; Kind, 2009).

Los investigadores educativos han utilizado el CDC como un objeto conceptual útil tanto para mejorar al profesorado en activo, como para formar a los futuros profesores. Sin embargo, el CDC es un conocimiento tácito (Kind, 2009) y, consecuentemente, difícil de determinar. Sin embargo, establecer qué elementos hacen que un profesor sea más eficiente que otros, ayudaría a mejorar la alfabetización científica en la sociedad.

Aunque el concepto está aceptado por la comunidad científica, su definición no muestra aún total convergencia. Prueba de ello son las variadas definiciones del CDC que se han propuesto (ver, por ejemplo, Ball, Thames, y Phelps, 2008; Magnusson, Krajcik, y Borko, 1999; Loughran, Milroy, Berry y Gunstone, 2001; Hashweh, 2005; Park y Oliver, 2008). También hay variabilidad en las propuestas para la operativización del concepto, concebido como un conjunto de componentes en interacción (Grossman, 1990; Marks, 1990; Van Driel, Verloop, y De Vos, 1998; Park y Oliver, 2008; Magnusson, Krajcik, y Borko, 1999). Entre esos componentes, generalmente se propone conocimiento sobre el currículum, sobre los estudiantes, orientaciones para la enseñanza de las ciencias, conocimiento sobre estrategias

instruccionales y sobre evaluación. A partir de las diversas concepciones operacionales ha surgido variados instrumentos para su evaluación: cuestionarios de lápiz-y papel (Mavhunga y Rollnick, 2011), entrevistas individuales (Park y Chen, 2012), y mixtos (Morrison y Luttenegger, 2015).

El propósito del presente trabajo es indagar si más allá de la multiplicidad de propuestas para definir y operacionalizar el CDC, sugeridas por criterios expertos, se oculta una estructura estable (relaciones entre componentes), identificable a partir de indicadores empíricos. Si diferentes estudios empíricos replicasen una misma estructura en este constructo, éste se podría considerar válido más allá de los instrumentos usados para su medición y evaluación. En ese caso, los esfuerzos podrían concentrarse en los aspectos subyacentes más fundamentales. Algunos trabajos precedentes han obtenido evidencias de interacciones entre componentes del CDC (Kaya, 2009; Padilla y Van Driel, 2011; Park y Chen, 2012; Aydin y Boz, 2013) lo que apoyaría la existencia del constructo CDC, pero sin definir con claridad su estructura subyacente.

9.1.1.-Propósito de este trabajo

Dada la complejidad del CDC en ciencias, manifestada por la cantidad de componentes que se asocian con él, parece conveniente comenzar por considerar situaciones simplificadas. En este trabajo nos centraremos en el CDC en ciencias elementales que manifiestan los maestros de primaria en formación inicial. Por tanto, no consideraremos la aportación de la experiencia profesional, que se sumaría como factor adicional en estudios posteriores.

9.2.-Metodología

Se desarrollaron dos estudios empíricos independientes con el fin de evaluar componentes del CDC en ciencias escolares de maestros en formación inicial, establecer su posible estructura subyacente y estudiar la estabilidad de la misma.

9.2.1.-Muestras

Ambas muestras se formaron a partir de grupos intactos de estudiantes de Magisterio tras su formación en contenido en ciencias, en didáctica de las ciencias

experimentales y en didáctica general. La primera muestra se compuso de 185 sujetos de ambos sexos con un promedio de edad de 20.3 años. Un total de 56 sujetos de similares características, con una edad promedio de 20.1 años, participaron en el estudio 2.

9.2.2.-Instrumentos y medidas

Uno de los instrumentos más sencillos y fáciles de aplicar para evaluar el CDC es *CoRE* (Eames, Williams, Hume y Lockley, 2011). Este instrumento muestra un fenómeno o situación del mundo natural típica del estudio de las ciencias y, a partir de ella, propone preguntas abiertas relacionadas con componentes propios del CDC. La relevancia creciente de *CoRe* en la investigación queda reflejada en el gran número de trabajos que lo han empleado desde su aparición (ver por ejemplo Bertram, 2012; Chapoo, Thathong y Halim, 2014; Alvarado, Cañada, Garritz y Mellado, 2015), también en contextos de habla hispana (Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016). En este trabajo se utilizó una adaptación a maestros de primaria españoles del instrumento, tras el cual las preguntas para los componentes quedaron formuladas del siguiente modo (muy similar al original):

- 1) ¿Qué intentarías que los niños aprendiesen sobre esta situación particular (objetivos)?
- 2) ¿Por qué crees importante que los estudiantes aprendan lo que has expuesto anteriormente (relevancia del tema o situación)?
- 3) ¿Conoces las posibles dificultades de aprendizaje de los niños o sus ideas alternativas sobre esta situación?
- 4) ¿Conoces las dificultades o limitaciones en la enseñanza de los aspectos mencionados antes?
- 5) ¿Qué metodología de enseñanza utilizarías para obtener un mayor aprendizaje de los estudiantes en el caso planteado? ¿Qué actividades concretas plantearías?
- 6) ¿Cómo evaluarías si los estudiantes han alcanzado realmente los objetivos planteados al principio?

El participante debe escribir todo cuanto sepa para responder, siempre respecto a la situación propuesta al comienzo. Cada uno de los 6 aspectos se puntuó del modo más sencillo posible. Por cada idea completa relacionada con el aspecto didáctico preguntado se asignó 1 punto. Por cada idea incompleta pero correcta se asignó 0,5

puntos. La puntuación total en cada apartado fue la suma de todas las ideas puntuadas. No se limitó el máximo valor para cada apartado ni se hizo ninguna ponderación entre apartados.

El instrumento *CoRE* presenta una clara limitación: explora CDC de una situación científica particular. El conocimiento previo de los sujetos sobre la situación concreta planteada podría dar lugar a diferencias importantes en sus respuestas. Con el fin de que se pudieran manifestar los efectos sobre la posible estructura del CDC debidos al mayor o menor conocimiento previo, en el segundo estudio se propusieron situaciones que habían sido tratadas previamente en las clases de didáctica de las ciencias, por lo que eran mejor conocidas por los participantes (mayor conocimiento previo: flotación; fases de la luna) que en el estudio 1 (menor conocimiento previo: órbita de la Luna; combustión de alcohol). Si la hipotética estructura subyacente del CDC cambiase por esta razón, no podríamos aceptarla como válida, pues estaría asociada fuertemente a temas concretos.

9.2.3.-Procedimiento

Tras solicitar y obtener los permisos oportunos, se acudió a cada grupo intacto en horario de clase normal. Se informó que la participación era voluntaria y los datos destinados a mejorar la futura formación de maestros de primaria en ciencias. Se repartieron individualmente las instrucciones escritas y el instrumento en papel. En la primera página se ofrecieron opciones sobre la situación científica a trabajar, a elegir por cada participante. Se leyeron en voz alta las instrucciones sobre la tarea a realizar y se subrayó la necesidad de ajustar las respuestas a la situación científica concreta elegida. Tras resolver algunas dudas los estudiantes comenzaron la tarea. El tiempo para ejecutarla se situó entre los 45 y los 55 minutos típicamente. Dos jueces puntuaron independientemente un subconjunto de 50 participantes. El valor del indicador *Kappa* fue 0,76.

9.2.4.-Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de ecuaciones estructurales utilizando el software *Mplus* (Muthén y Muthén, 1998-2012), utilizándose máxima verosimilitud como método de estimación. Para valorar la calidad del modelo para reproducir los datos observados se utilizaron varios indicadores (Hu y Bentler, 1999). Como índices de ajuste absoluto se utilizaron los estadísticos X^2 de Pearson y la raíz promedio de los residuos estandarizados (SRMR; Hooper, Coughlan y Mullen, 2008). A su vez, se

valoró el indicador RMSEA que tiene en cuenta la parsimonia del modelo y los índices comparativos CFI (Bentler, 1990) y TLI (Tucker y Lewis, 1973).

9.3.- Resultados

El proceso de análisis de estructura y de su estabilidad se realizó siguiendo varios pasos. Cada uno de los componentes contemplados en el instrumento *CoRE* (Objetivos, Relevancia, Dificultades de aprendizaje, Dificultades de enseñanza, Actividades-Metodología, Evaluación) fue considerado como una variable observada. En primer lugar, se ajustó el modelo de medida (factorial) más sencillo compatible con los datos. Está representado en la Figura 9.1:

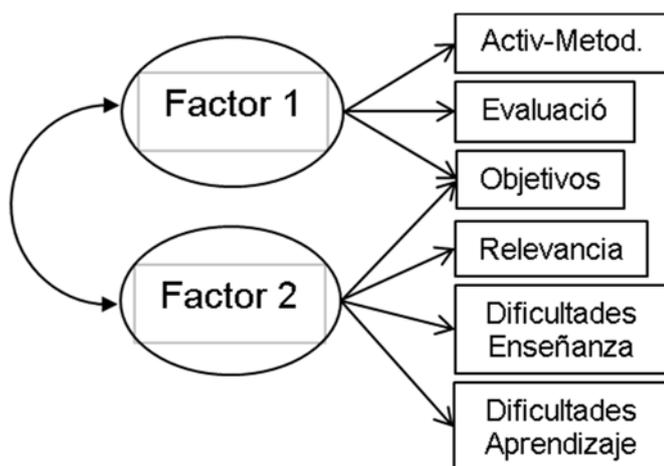


Figura 9.1: Modelo de medida

A continuación, se probó que el modelo ajustase correctamente en ambos grupos por separado (que la estructura factorial propuesta reproduzca correctamente las matrices de correlaciones de las dos muestras de estudio). Los datos mostraron un ajuste razonablemente bueno (con 40 parámetros a ajustar) en ambos grupos: $\chi^2(14)^1 = 21,14$, $p = 0,098$; RMSEA = 0,065, CFI = 0,948; TLI = 0,888 y SRMR = 0,042. Las medidas de ajuste indican que, conjuntamente, el modelo factorial es capaz de

¹ 14 grados de libertad iniciales = 54 parámetros observados (6 varianzas+ 15 covarianzas + 6 medias = 27 en cada grupo) – 40 parámetros estimados (12 pesos factoriales ya que 2 se fijan arbitrariamente para establecer la métrica de cada factor + 12 varianzas residuales + 12 interceptos + 2 medias de factores y 2 correlaciones entre factores).

reproducir bien ambas matrices de correlaciones. Asumiendo la existencia de dos factores, éstos pueden dar cuenta (explicar o reproducir) de forma correcta las relaciones observadas entre las variables.

Seguidamente, se ajustó el modelo que impone pesos factoriales iguales en ambas muestras de estudio. Los resultados no mostraron un desajuste significativo del modelo (ahora con 35 parámetros a ajustar): $X^2(19) = 22,25$, $p = 0,272$; RMSEA = 0,038, CFI = 0,976; TLI = 0,963 y SRMR = 0,045. La diferencia en X^2 no fue significativa entre ambos modelos: $\Delta X^2(5) = 1,11$, $p = 0,953$. Por lo tanto, cabe concluir que el significado de los factores fue el mismo en las dos muestras, obteniéndose una validación cruzada del modelo factorial en dos muestras distintas.

En tercer lugar, se ajustó el modelo forzando que los interceptos fuesen iguales. Los resultados mostraron que ahora el modelo desajustó significativamente: $X^2(23) = 75,39$, $p < 0,001$; RMSEA = 0,137, CFI = 0,618; TLI = 0,501 y SRMR = 0,105. La diferencia en X^2 fue significativa: $\Delta X^2(4) = 53,14$, $p < 0,001$. El desajuste se produjo porque los promedios de las variables objetivos, actividades-metodología y dificultades de aprendizaje aumentaron en el segundo estudio respecto del primer estudio, mientras en las otras variables, evaluación, relevancia y dificultades de enseñanza, los promedios fueron similares en ambos estudios.

Las Tablas 9.1 y 9.2 muestran los datos de las soluciones factores para los estudios 1 y 2 respectivamente.

La correlación entre el Factor 1 y el Factor 2 fue de 0,385 en el estudio 1, y de 0,536 en el estudio 2, lo cual muestra que ambos factores están relacionados de forma moderadamente elevada.

Tabla 9.1: Solución factorial para el estudio 1

F1	Correlación factor- indicador	Error típico	Z	p-value
Activ-Metod	0,807	0,114	7,106	0,000
Evaluación	0,526	0,091	5,755	0,000
Objetivos	0,239	0,098	2,431	0,015
F2				
Relevancia	0,432	0,084	5,131	0,000
Dif. Enseñanza	0,462	0,084	5,470	0,000
Dif. Aprendizaje	0,635	0,087	7,309	0,000
Objetivos	0,352	0,101	3,476	0,001

Tabla 9.2: Solución factorial para el estudio 2

F1	Correlación factor- indicador	Error		
		típico	Z	p-value
Activ-Metod	0,492	0,115	4,267	0,000
Evaluación	0,778	0,135	5,754	0,000
Objetivos	0,202	0,085	2,363	0,018
F2				
Relevancia	0,351	0,093	3,787	0,000
Dif. Enseñanza	0,668	0,130	5,152	0,000
Dif. Aprendizaje	0,426	0,104	4,110	0,000
Objetivos	0,234	0,085	2,753	0,006

En resumen, se puede aceptar un modelo de 2 factores que establece pesos factoriales iguales en ambos grupos. Este es el modelo más parsimonioso que ajusta los datos.

9.4.-Conclusiones

Los resultados del análisis muestran que se puede suponer en ambos estudios la misma estructura con dos factores, que ajusta correctamente los datos: el Factor 1 explicaría las puntuaciones de las variables Objetivos, Actividades-Metodología y Evaluación. El Factor 2 explica las puntuaciones de las variables Objetivos, Relevancia, Dificultades de aprendizaje y Dificultades de enseñanza. Los pesos factoriales se pueden asumir iguales en ambos estudios, por lo que además de mantenerse la estructura factorial, también se mantuvo la intensidad de la relación del factor con sus variables observadas. Esto sugiere que el significado de los factores no se altera en ambos estudios, además de hallarse cierta estabilidad en la estructura bifactorial encontrada, lo cual aporta solidez al modelo obtenido.

En cuanto a la interpretación del modelo, el Factor 1 revelado parece dar cuenta de aspectos asociados con “Acción didáctica”, mientras el Factor 2 daría cuenta del “Análisis didáctico”. La variable observada ‘Objetivos’ apareció implicada en ambos factores, algo perfectamente explicable cuando se asume que el planteamiento de objetivos educativos es el componente base y la guía tanto para el análisis como para las acciones instruccionales.

Cuando se intentó asumir la igualdad de interceptos, el modelo desajustó. Por tanto, no se puede asumir que los promedios de las diferentes variables observadas cambiasen en la misma medida al comparar los estudios 1 y 2. Por tanto, parece que tener menor (estudio 1) o mayor (estudio 2) dominio del contenido en ciencias sobre el CDC provoca un aumento del promedio en algunas variables observadas, pero sin alteración significativa de la estructura subyacente. En concreto, un mayor conocimiento del contenido implicó más y mejores objetivos de aprendizaje planteados, más y mejores actividades para el aprendizaje del contenido, y una mejor conciencia de los posibles obstáculos de aprendizaje de los alumnos. Aunque la dependencia de la estructura del CDC con el conocimiento del contenido no puede establecerse a partir de los dos estudios implicados en este trabajo, el resultado obtenido matizaría las conclusiones de (Park y Chen, 2012) quienes afirmaron que la integración de componentes depende del (dominio del) tema que se trate.

Las correlaciones mayores en nuestros estudios se dieron en las parejas Objetivos/dificultades de Aprendizaje, Objetivos/ Actividades-Metodología y dificultades de Aprendizaje/ Actividades-Metodología. Las correlaciones menores se produjeron en las parejas Relevancia/ dificultades de Enseñanza, Relevancia/ Evaluación y dificultades de enseñanza/ Evaluación. Padilla y Van Driel (2011) obtuvieron que 'Orientaciones para la enseñanza' se vinculó con 'conocimiento de los Estudiantes' y con 'Estrategias de enseñanza'. Si estos componentes se pudieran hacer corresponder con los componentes Objetivos, dificultades de Aprendizaje y Actividades/ Metodología respectivamente, tal y como se contemplan en este trabajo, entonces se podría afirmar que hay convergencia en los resultados de nuestro estudio con los de Padilla y Van Driel (opus cit). Los componentes Objetivos, dificultades de Aprendizaje y Actividades-Metodología son los que presentaron mayor vinculación global con el resto de componentes (mayor correlación promedio), mientras dificultades de Enseñanza, Relevancia y Evaluación son los que mostraron menor vinculación global, coincidiendo en estos dos últimos con lo obtenido por Aydin y Boz (2013).

En futuros estudios se intentará replicar la estructura encontrada para el CDC en ciencias básicas, y se analizará si ésta se modifica substancialmente al considerar la experiencia profesional de los maestros.

Referencias

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1405-1416.
- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A. y Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chemical Education Research and Practice*, 16, 603-618. DOI: 10.1039/C4RP00125G
- Aydin, S y Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemical Education Research and Practice*, 14 (4), 615-624.
- Ball, D. L., Thames, M. H. y Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching. What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5), 389-407.
- Barnett, J. y Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Towards a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85 (4), 426-453.
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107 (2), 238-46.
- Bertram, A. y Loughran, J. (2012). Science Teachers' Views on CoRes and PaP-eRs as a Framework for Articulating and Developing Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*, 42, 1027–1047. DOI 10.1007/s11165-011-9227-4.
- Brines, A., Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V. (2016). A comparative exploratory study of pre-service and in-service high school teachers' pedagogical content knowledge in galvanic cells. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (2), 107-127. Recuperado en junio de 2016 de: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1758>.
- Chapoo, S., Thathong, K. y Halim, L. (2014). Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Thailand: Understanding & Practice. *Procedia-Social and Behavioural Sciences* 116, 442–447. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.01.237
- Eames, C., Williams, J., Hume, A., y Lockley, J. (2011). CoRe: A way to build pedagogical content knowledge for beginning teachers. *Wellington: Teaching and Learning Research Initiative (TLRI)*. Recuperado en mayo de 2016 de: http://www.tlri.org.nz/sites/default/files/projects/9289_summaryreport.pdf.

- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11 (3), 273–292.
- Hooper, D., Coughlan, J. y Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Journal of Business Research Methods*, 6, 53–60
- Hu, L. T. y Bentler, P. M. (1999). Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6 (1), 1-55.
- Kaya, O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of pre service science teachers: ‘Ozone layer depletion’ as an exemple. *International Journal of Science Education*, 31 (7), 961–988.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in Science Education*, 45 (2), 169-204,
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A. y Gunstone, R. (2001). Documenting science teachers’ pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31, 289–307.
- Magnusson, S., Krajcik, L. y Borko, H. (1999). *Nature, sources and development of pedagogical content knowledge*. En: J. Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41, 3–11.
- Mavhunga, M. E. y Rollnick, M. (2011). The development and validation of a tool for measuring topic specific pck in chemical equilibrium. ESERA conference 2011, Lyon, France (Proceedings). Recuperado en junio de 2016 de: http://www.esera.org/media/ebook/strand3/ebook-esera2011_MAVHUNGA-03.pdf
- Muthén, L. K. y Muthén, B. O. (1998-2012). *Mplus user’s guide*. Los Angeles: Authors.
- Morrison, A. D. y Luttenegger, K. C. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge Using Multiple Points of Data. *The Qualitative Report*, 20, (6), 804-

816. Recuperado en febrero de 2016 de:

<http://www.nova.edu/ssss/QR/QR20/6/morrison1.pdf>.

- Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science education*, 30 (10), 1281–1299.
- Padilla, K. y Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemical Education Research and Practice*, 1, 367–378, DOI: 10.1039/C1RP90043A
- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38 (3), 261-284.
- Park, S. y Chen, Y. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): examples from high school biology classrooms, *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (7), 922–941, DOI: 10.1002/tea.21022.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.
- Tucker L.R. y Lewis C. (1973). A reliability coefficient for maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, 38, 1-10.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., y De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 673–695.

Capítulo 10:

Conclusiones Generales

Conclusiones Generales, Problemas Abiertos y Futuro de la Investigación

10.1.-Introducción: ámbito, preguntas de investigación y retos afrontados en esta tesis

Esta tesis doctoral se desarrolló en el ámbito de la formación de futuros profesores de ciencias. En particular, esta tesis contiene una serie de estudios empíricos centrados en el análisis de la formación en ciencias que adquieren los futuros maestros y maestras de Educación Primaria en Universidades públicas de la Comunidad Valenciana. Esta formación puede articularse claramente (aunque ello no implica “separadamente”) en a) Conocimiento disciplinar en Ciencias y b) Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias.

Se formularon las siguientes **Preguntas de Investigación**:

P1.-¿Cuáles son los indicadores de dominio del contenido científico básico que pueden definirse de acuerdo con la literatura especializada, y utilizarse para la evaluación del mismo? ¿Qué instrumentos de evaluación existen o deberían crearse y validarse para ser usados en el ámbito de la formación inicial de futuros maestros de Primaria en ciencias?

P2.- ¿Cuál es el nivel de alfabetización científica que, en general, atesoran las personas que van a ser maestros en el próximo futuro, tanto al comienzo como al finalizar su formación académica en la universidad? ¿Es posible vincular el uso de los medios de comunicación digitales con el nivel de alfabetización científica? ¿Es suficientemente efectiva la formación recibida en el Grado? ¿Hay alguna relación entre los distintos componentes de la alfabetización científica que pudiera convertir en redundante el esfuerzo dedicado a alguno de ellos?

P3.- ¿Hay una estructura coherente subyacente al CDC? ¿Pueden diferenciarse componentes distintas de las ya definidas? ¿Cómo pueden definirse indicadores apropiados para evaluar el conocimiento didáctico del contenido en ciencias básicas de futuros maestros? ¿Cuál es la competencia didáctica de los futuros maestros de primaria al final de su formación en el Grado?

Abordar las respuestas a estas preguntas implicaba algunos retos inmediatos.

En primer lugar, el estudio riguroso de las competencias asociadas con la formación científica de los futuros maestros requiere establecer una definición operativa de su contenido, es decir, saber qué queremos evaluar, con qué criterios hemos de hacerlo y cuál es el nivel adecuado que deben presentar los estudiantes en cada uno de los aspectos a considerar. Esto supuso el primer reto de esta tesis.

Con el fin de converger con otros criterios de expertos internacionales, se realizó una búsqueda en la bibliografía de estudios sobre formación científica en personas adultas. Dada la profusión de trabajos encontrados alrededor del término, adoptamos el concepto de Alfabetización Científica como referencia para evaluar la formación en ciencias de cualquier ciudadano y, en particular de los futuros maestros.

La premisa asumida es: *todo educador debe alfabetizar científicamente a sus alumnos y, por tanto, él mismo debe estar científicamente alfabetizado. Y, avanzando un poco más en un criterio operativo: un maestro debe alcanzar, al menos, el nivel de alfabetización científica que se exige a los estudiantes al final de la educación primaria.*

Naturalmente, no se defiende que éste sea el nivel que deben tener los futuros maestros o que sea el nivel que se les debe proponer en el Grado. Lo que se expresa aquí es que, en un análisis como el presente, el mínimo exigible sin temor a exagerar la demanda es aquel que los alumnos a quienes enseñen van a tener que demostrar. En resumen, la valoración del nivel de dominio científico de futuros maestros se limitó conscientemente a la alfabetización científica que debería atesorar un ciudadano al finalizar la etapa de enseñanza primaria.

Desde sus inicios la definición operativa del concepto de alfabetización científica (AC en lo sucesivo) ha generado gran controversia y no parece haber un acuerdo generalizado en ello. Sin embargo, y tras el hallazgo de convergencias parciales entre investigadores en la literatura especializada, en esta tesis adoptamos el modelo propuesto por Miller (1989) para estructurar la AC. Este autor propuso tres dimensiones o componentes de la AC de modo que, de acuerdo con ellas, para que

una persona sea considerada alfabetizada científicamente ha de presentar cierto nivel de conocimientos en cuanto a: conceptos científicos, procesos de la ciencia y la relación que se establece entre ciencia y sociedad.

Decidimos por tanto evaluar el conocimiento científico que presentan los estudiantes de magisterio usando una factorización en distintos componentes que habrían de satisfacer las dimensiones de Miller. Así pues, se decidió evaluar el conocimiento sobre el contenido científico básico (fundamentalmente conceptual); el conocimiento sobre los procesos intelectuales que la elaboración y aplicación de las ciencias involucra; el conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia (cómo se elabora y se valida la ciencia y sus modelos para representar la realidad); y las actitudes hacia la ciencia que, aunque no es propiamente conocimiento científico, puede influir grandemente en la atención prestada, aprovechamiento, contacto, interés y aplicación que cualquier ciudadano haga de la ciencia en su vida futura. Por tanto, ha de tenerse en cuenta a la hora de considerar a una persona científicamente alfabetizada.

Para evaluar tales componentes se buscaron instrumentos ya existentes y validados en anteriores estudios similares. Se realizó una exhaustiva exploración acerca de investigaciones que trataran la evaluación de AC. Existen numerosos cuestionarios que ha sido propuestos y utilizados para evaluar el dominio de una persona del contenido científico, (FECYT, 2015; NSB, 2014; Rundgren, Rundgren, Tseng, Lin, y Chang, 2010; Brossard, y Shanahan, 2006; Commission of the European Communities, 2005; Laugksch y Spargo, 1996) y están definidos siguiendo distintos criterios dependiendo de los grupos de interés implicados (Laugksch, 2000). Sin embargo, se constató que son pocos los estudios que se centren en futuros maestros de Educación Primaria.

En particular, no se localizó ningún instrumento que evaluara el dominio conceptual básico en ciencias que pudiera adaptarse a nuestras necesidades, por lo que se tomó la decisión de elaborar y validar un instrumento propio basado en nuestro contexto de investigación. En el caso de habilidades procedimentales, sí se localizó y seleccionó un cuestionario validado para alumnos de secundaria, pero lo suficientemente sencillo como para parecer apropiado en nuestro contexto (Monica, 2005). Este instrumento presenta una característica rara y valiosa: evalúa las habilidades procedimentales integradas con independencia del dominio conceptual del sujeto. Ello permite factorizar e valorar independientemente el dominio conceptual de una persona y su dominio de los procesos de la ciencia. Para evaluar el conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia también se seleccionó un cuestionario ya validado (Vasques-Brandao, Solano-Araujo, Angela-Veit, y Lang de Silveira, 2011),

empleado para investigar las concepciones erróneas de los profesores sobre la ciencia y el modelado científico en el contexto de la física. También se localizó y empleó un cuestionario previamente validado (Ortega, Saura, Mínguez, García de las Bayonas, y Martínez, 1992) para evaluar las actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales.

Una vez seleccionados todos los instrumentos convenientes para evaluar el conocimiento disciplinar (y actitudinal) en ciencias, el trabajo se centró en la búsqueda de documentación relevante acerca del Conocimiento Didáctico del Contenido científico (CDC en lo sucesivo). Este tipo de conocimiento, introducido por Shulman (1986), es el que distingue el oficio de un profesor del de un científico y del de un profesional de la ciencia (meteorólogos, técnicos industriales, etc). La elevada cantidad de publicaciones realizadas desde la década de los 90 dan una idea de la gran relevancia que el CDC ha adquirido para formar a futuros docentes, mejorar el desarrollo profesional de aquellos que ya están en activo y comprobar su influencia sobre el aprendizaje de los estudiantes.

El conjunto de conocimientos que componen el CDC no está estrictamente definido y se han presentados diversos modelos de componentes. Una extensa revisión de la bibliografía especializada nos llevó a adoptar la propuesta de Magnusson, Krajcik y Borko (1999). Definidos los componentes del CDC, el siguiente paso que tomamos fue examinar las investigaciones que lo analizan y clasificarlas en función de los instrumentos empleados (cuestionarios de lápiz y papel; entrevistas y/o técnicas de observación; o la conjunción de los dos anteriores). Debido a la ausencia de un consenso general en cuanto a la definición de CDC y sus componentes, los instrumentos propuestos son muchos y muy variados. Sin embargo, se identificó uno ya validado, el *CoRE*, (Eames, Williams, Hume y Lockley, 2011) que destaca por el amplio número de investigaciones en los que ha sido utilizado. En este instrumento se propone un tema concreto de ciencias y se plantean una serie de preguntas relacionadas con los aspectos del CDC.

El *CoRE* ha sido utilizado para valorar CDC en educación secundaria o superior. Adaptar este instrumento al CDC de ciencias en primaria y al conocimiento profesional propio de los estudiantes del grado de Maestro de Primaria fue otro reto del presente trabajo. Las modificaciones introducidas habrían de ser las mínimas necesarias para darle completitud, simplificarlo y mejorar su comprensibilidad.

10.2.-Objetivos específicos

Las preguntas de investigación y los estudios realizados para definir los retos inmediatos, orientaron la formulación de los objetivos específicos que podrían alcanzarse:

- 1.- Diseñar y validar un instrumento para la evaluación del conocimiento de los maestros y maestras de Primaria en España sobre contenidos científicos básicos (fundamentalmente, conceptos). Identificar posibles concepciones erróneas, debilidades y fortalezas dentro de las diferentes áreas de ciencias escolares.
- 2.- Establecer la relación entre el contenido en ciencias de los principales periódicos digitales en España y el nivel de alfabetización científica básica de los futuros maestros y maestras de Primaria.
- 3.- Evaluar, con suficiente validez externa, los niveles de conocimiento conceptual y procesual en ciencia básica que presentan los y las estudiantes de la Comunidad Valenciana antes y después de su formación en el Grado de Maestro de Primaria.
- 4.- Estudiar de forma analítica hasta qué punto el conocimiento epistemológico sobre Naturaleza de la Ciencia en futuros maestros/as puede ser explicado por el conocimiento del contenido en ciencias, y por las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias.
- 5.- Adaptar y validar un instrumento para evaluar el Conocimiento Didáctico del Contenido en ciencias en futuros maestros y definir indicadores (a modo de “rubrics”) que nos permitan evaluar los datos obtenidos.
- 6- Valorar los efectos de una formación específica en didáctica de las ciencias experimentales, en comparación con la formación general proporcionada por las materias fundamentales de psico-socio-pedagogía y de didáctica general del currículo de Grado de Maestro de Primaria.
- 7.- Indagar si más allá de la multiplicidad de propuestas para definir y operacionalizar el CDC, sugeridas por criterios expertos, se oculta una estructura estable (relaciones entre componentes), identificable a partir de indicadores empíricos.

Para dar respuesta a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos planteados fue preciso revisar la bibliografía especializada y establecer una

fundamentación teórica (capítulos 2-3) que permitiera diseñar y elaborar una serie de estudios empíricos interrelacionados (capítulos 4-9).

Todos los estudios empíricos que componen esta tesis doctoral se han llevado a cabo con estudiantes del Grado en Maestro de Educación Primaria de universidades públicas de la Comunidad Valenciana, por lo que las conclusiones que aquí se presentan, sean éstas de mayor o menor generalidad, son propias del contexto en el que se ha realizado dicha tesis y circunscritas a sus limitaciones. Sin embargo, hay que destacar que los alumnos/as que han participado en estos estudios no presentan rasgos o características que les diferencie *a priori* del resto de alumnos españoles del mismo Grado universitario.

Teniendo todo esto en cuenta, seremos prudentes a la hora de presentar las conclusiones. Estas deberán ser tomadas como una visión panorámica de la situación actual, en cuanto a la formación científica de futuros maestros/as de Educación Primaria se refiere, sirviendo de referencia para posteriores investigaciones en formación de maestros y en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

10.3.-Conclusiones generales

Las conclusiones de esta tesis se siguen del modo en que los distintos objetivos han sido satisfechos. El primer objetivo definido en esta tesis doctoral fue el siguiente:

1.- Diseñar y validar un instrumento para la evaluación del conocimiento de los maestros y maestras de Primaria en España sobre contenidos científicos básicos. Identificar posibles concepciones erróneas, debilidades y fortalezas dentro de las diferentes áreas de ciencias escolares.

Este objetivo se abordó en el capítulo 4 de esta tesis, y persigue conocer la formación disciplinar en ciencias de los estudiantes del Grado en Maestro/a de Educación Primaria.

Tras una completa revisión del currículum para determinar las principales áreas de estudio que abarcan las ciencias en primaria en España, complementada luego por un análisis de libros de textos de las editoriales más reconocidas en España, se extrajo una larga lista de conceptos que cubrieron los cuatro bloques de contenidos curriculares: el entorno y su conservación, la diversidad de los seres vivos, ciencias de la salud y el desarrollo personal, materia y energía. Los conceptos seleccionados

en una primera fase sirvieron para elaborar un primer instrumento de 50 ítems. Se procuró de modo especial que no estuviera involucrado ningún otro tipo de conocimiento que no fuera el puramente conceptual para poder valorar este componente del conocimiento científico de modo singular. La validación siguió dos etapas: una de expertos y otra estadística. Los índices de dificultad y de discriminación de los ítems se mantuvieron en los rangos aceptados. Finalmente, el análisis de los distractores propuestos en cada uno de ellos aconsejó sustituir algunos (Verdugo-Perona, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016a y 2016b).

Tras un conjunto de entrevistas a los participantes, se valoró la conveniencia de reducir la longitud del instrumento para mantener la concentración de los sujetos participantes y evitar cansancio. Esto se realizó manteniendo la proporción de conceptos de cada bloque de acuerdo con su presencia en el currículo de Primaria. Esto dio lugar a un segundo instrumento de 30 ítems, que se volvió a validar de forma estadística con una muestra amplia de maestros en formación inicial. Un estudio Test-Retest dio suficiente consistencia interna a la puntuación global del instrumento y los análisis de ítems y distractores no sugirieron cambios posteriores.

Los resultados preliminares de su aplicación mostraron que los participantes en este estudio presentan unos bajos conocimientos sobre contenidos científicos básicos, sobre todo teniendo en cuenta que los contenidos presentes en el instrumento pertenecen al currículum español de Educación Primaria y que los participantes son futuros maestros y maestras. Además, como refleja el capítulo 4, se identificaron algunos contenidos elementales en donde son frecuentes las ideas equivocadas de los futuros maestros.

El siguiente paso fue tratar de determinar si el nivel de conocimientos de términos y conceptos científicos presentes en el currículo de Primaria se puede comparar con el nivel de dominio del contenido en ciencia que debería poseer una persona educada en nuestro tiempo. Se empleó para este fin un instrumento desarrollado y validado por Brossard y Shanahan (2006) que utiliza términos y conceptos científicos muy frecuentes en importantes periódicos internacionales.

La adaptación a nuestro contexto de este propósito nos llevó a concretar el segundo objetivo:

2.- Establecer la relación entre el contenido en ciencias de los principales periódicos digitales en España y el nivel de alfabetización científica básica de los futuros maestros y maestras de Primaria.

Este objetivo fue acometido en el capítulo 5 de esta Memoria.

Debido a que en la actualidad los medios de comunicación digitales están sustituyendo a los tradicionales, para este estudio se seleccionaron los tres periódicos digitales más leídos en España y se contabilizó la frecuencia de uso cada uno de los términos y conceptos científicos presentes en el cuestionario en las noticias publicadas en los últimos 5 años. Esta revisión mostró que algunos de los términos presentes en el cuestionario no son tan frecuentes en los periódicos digitales españoles seleccionados, por lo que se establecieron dos grupos, alta/baja frecuencia.

Los resultados de la evaluación mediante este instrumento indicaron que los futuros maestros de Educación Primaria presentan un bajo nivel de conocimiento de conceptos y términos científicos básicos. Estos resultados fueron similares y compatibles a los obtenidos en el estudio anterior (Verdugo, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016b). Por otro lado, la mayor o menor frecuencia con la que un término es utilizado en la prensa digital no correlacionó significativamente con el conocimiento que presentan los estudiantes, según el instrumento de Brossard y Shanahan. Esto es, no existe relación entre el contenido en ciencias de los principales periódicos digitales en España y el nivel de alfabetización científica básica de los futuros maestros y maestras de Primaria. El consumo de estos periódicos digitales puede no ser tan elevado como el esperado entre los estudiantes universitarios evaluados o, en caso de serlo, no lo hacen adecuadamente para mejorar su nivel de educación en ciencias.

Con el fin de evaluar con suficiente validez externa el dominio del contenido conceptual y procesual de ciencias en los futuros maestros, y el impacto de las enseñanzas recibidas durante la formación inicial en la universidad, se concretó el siguiente objetivo:

3.- Evaluar, con suficiente validez externa, los niveles de conocimiento conceptual y procesual en ciencia básica que presentan los y las estudiantes de la Comunidad Valenciana antes y después de su formación en el Grado de Maestro de Primaria.

Este objetivo se abordó en el capítulo 6 de esta tesis doctoral.

El estudio se llevó a cabo en las tres universidades públicas de la Comunidad Valenciana con alumnos y alumnas del Grado en Maestro/a de Educación Primaria. Para la evaluación, se emplearon dos instrumentos distintos, uno para el conocimiento conceptual y otro para el conocimiento procesual en ciencias básicas. El primero de ellos es el instrumento desarrollado y validado en el capítulo 4, con el que se pretendía alcanzar el objetivo 1. En cuanto a las habilidades científicas procesuales, se empleó para su evaluación un instrumento desarrollado y validado por Monica (2005). Este instrumento fue diseñado para poder ser utilizado en un amplio abanico de contextos y evalúa las habilidades científicas integradas (identificar y controlar variables; formular hipótesis; definir operacionalmente; interpretar gráficas y datos; diseñar investigaciones) que son aquellas que requieren procesos más complejos de pensamiento que las básicas (observar; inferir; medir; comunicar; clasificar; predecir).

La evaluación se realizó en dos fases, antes/después de la formación en ciencias recibida durante el Grado, y se consideraron otros factores como: la titulación de acceso al Grado; la especialidad de los estudios anteriores al Grado; y la “carga lectiva” obligatoria (en créditos ECTS) en cada una de las universidades.

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio, utilizando los instrumentos previamente elaborados y validados, nos acerca a las primeras conclusiones de esta tesis doctoral.

CONCLUSIÓN 1

Los futuros maestros/as de las universidades públicas de la Comunidad Valenciana inician el Grado con un nivel claramente mejorable de conceptos científicos básicos, y un nivel de conocimiento sobre procedimientos científicos que puede considerarse suficiente (en todo caso, superior al conceptual).

Una vez recibida la formación en ciencias propia del Grado, se produce un aumento significativo en los niveles de conocimiento en todos los alumnos y alumnas.

Aquellos con una formación previa en ciencias inician el Grado con un nivel de conocimientos conceptuales y procesuales significativamente superior al resto, y mantienen las diferencias tras finalizar la formación en el Grado. Esto indica que la falta de una educación previa en ciencias lastra su posterior aprendizaje, y que la formación que reciben durante el Grado no consigue homogeneizar el nivel de conocimientos de los estudiantes.

La titulación académica con la que acceden al Grado (Bachiller, Formación Profesional u otros títulos universitarios o formas de acceso) no resulta un factor relevante que marque diferencias significativas entre los estudiantes y favorezca o dificulte su formación científica.

CONCLUSIÓN 2

Las diferencias en el número de créditos dedicados por cada Universidad de la Comunidad Valenciana a la formación en ciencias experimentales, tampoco resulta ser un factor significativo que conduzca a un mayor incremento en el nivel de conocimiento científico. En la universidad de Valencia, el hecho de haber dispuesto una asignatura específica para la formación disciplinar en ciencias separada de las materias de formación didáctica, no supone una mejora en la formación científica de los alumnos una vez controlado el nivel de dominio cuando se accede al Grado. No se aprecia la suficiente rentabilidad de esos créditos extras que ofrece la Universidad de Valencia y sería recomendable revisar su eficiencia.

Evaluado el conocimiento conceptual y procedimental en ciencias, el siguiente objetivo que se determinó fue el siguiente:

4.- Estudiar de forma analítica hasta qué punto el conocimiento epistemológico sobre Naturaleza de la Ciencia en futuros maestros/as puede ser explicado por el conocimiento del contenido en ciencias, y por las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias.

Este objetivo se aborda en el capítulo 7 y forma, junto a los capítulos 4, 5 y 6, el Bloque Empírico I, dedicado a evaluar la formación disciplinar de los futuros maestros/as de Primaria.

Se trata de un estudio cuantitativo para determinar hasta qué punto, el conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental, junto a las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias, podían determinar el conocimiento sobre naturaleza de las ciencias en los futuros maestros. Para la evaluación del conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental se utilizaron los mismos instrumentos descritos anteriormente. El instrumento utilizado para evaluar las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias fue desarrollado y validado por Ortega, Saura, Mínguez, García de las Bayonas y Martínez (1992) y la comprensión sobre la naturaleza de la ciencia se evaluó con un instrumento desarrollado y validado por Vasques-Brandão, Solano-Araujo, Angela-Veit y Lang de Silveira (2011).

En general, las actitudes hacia el estudio de la ciencia alcanzaron valores promedio positivos. En cuanto al conocimiento epistemológico, muchos estudiantes mantuvieron creencias empiristas (el conocimiento procede del descubrimiento de lo que naturaleza esconde), o dogmáticas (la ciencia tiene un método infalible para alcanzar la verdad). Además, las dos partes contempladas en el instrumento (elaboración y validación de la ciencia en general/ comprensión de la elaboración y validación de modelos para explicar la realidad) no correlacionaron entre sí. De hecho, muchos sujetos mostraron posturas contrarias en ambas partes (por ejemplo, cercana a la postura epistemológica actual en una, pero claramente empirista en la otra parte). La sensación general es que los estudiantes no poseen todavía un adecuado nivel de conocimiento epistemológico básico sobre la ciencia.

Se intentó ajustar una regresión logística para los predictores y la variable predicha (conocimiento sobre naturaleza de la ciencia -en adelante NoS o NdC-). La comprensión de cómo se elaboran y validan los modelos científicos (una de las partes del instrumento usado para evaluar NoS) correlacionó significativamente con el conocimiento conceptual, aunque con intensidad demasiado baja como para extraer

conclusiones sobre una posible dependencia de los predictores. Sin embargo, no se encontró correlación significativa de esta misma parte de NoS con el conocimiento procedimental ni con las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia. Por otro lado, la comprensión de cómo se elabora y valida el conocimiento científico en general no correlacionó significativamente con el conocimiento conceptual ni con el conocimiento procedimental, ni con las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias. En cuanto a las relaciones entre predictores, un estudio correlacional previo permitió apreciar escasa co-linealidad, ya que la única correlación significativa se dio entre el conocimiento conceptual y los otros dos predictores: el conocimiento procedimental y las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia.

Alcanzado el objetivo 4, los resultados obtenidos nos conducen a la siguiente conclusión de esta tesis doctoral.

CONCLUSIÓN 3

En general, el conocimiento sobre naturaleza de la ciencia, que incluye cómo se elabora y valida el conocimiento y los modelos de los que se sirve la ciencia para explicar la realidad, no es una consecuencia predecible del conocimiento conceptual y procedimental en ciencias, ni tampoco de unas actitudes favorables a su estudio ni puede subsumirse en ellos. Únicamente el conocimiento conceptual relaciona positiva y significativamente, aunque con una intensidad baja, con una parte del conocimiento sobre NoS, aquella correspondiente a la elaboración y validación de los modelos científicos.

Por todo ello, una vez se acepta que el conocimiento sobre naturaleza de la ciencia forma parte de la alfabetización científica y, por tanto, es un conocimiento básico, requiere un tratamiento específico, especializado y continuado a lo largo de los currículos escolares.

Una vez evaluado el nivel de conocimientos en contenido científico de los maestros y las maestras en formación, así como la relación con su comprensión de la naturaleza de la ciencia y las actitudes que presentan hacia el aprendizaje de las ciencias, disponemos de información sobre las tres dimensiones que componen la alfabetización científica. Esto posibilita la concreción de una conclusión que se deriva de las anteriores.

CONCLUSIÓN 4

Los estudiantes del Grado en Educación Primaria deberían presentar un nivel de alfabetización científica adecuado no sólo para ejercer como ciudadanos, sino también para ejercer su labor como docentes, es decir, como futuros alfabetizadores. No obstante, las carencias que presentan en algunas dimensiones, como es el caso del conocimiento del contenido conceptual científico o las deficientes creencias epistemológicas que mantienen, siendo en algunos casos contrarias a las posturas aceptadas actualmente, impiden que se les pueda considerar suficientemente alfabetizados en ciencias para ejercer su labor.

Dado que, en general, presentan buenas actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias, no parece aceptable atribuir sus carencias en alfabetización a factores únicamente emocionales que afecten su motivación hacia el estudio de la ciencia.

Después de estudiar la formación científica de los estudiantes del Grado, los siguientes objetivos planteados en esta tesis se centraron en el estudio del Conocimiento Didáctico del Contenido, y forman el Bloque II de la tesis.

Los objetivos 5 y 6 se formularon del modo siguiente:

5.- Adaptar y validar un instrumento para evaluar el Conocimiento Didáctico del Contenido en ciencias en futuros maestros y definir indicadores (a modo de "rubrics") que nos permitan evaluar los datos obtenidos.

6- Valorar los efectos de una formación específica en didáctica de las ciencias experimentales, en comparación con la formación general proporcionada por las materias fundamentales de psico-socio-pedagogía y de didáctica general del currículo de Grado de Maestro de Primaria.

Estos dos objetivos se abordan de manera conjunta en el capítulo 8 del Bloque II.

En lo que respecta al objetivo 5, el instrumento finalmente seleccionado, *CoRE* ya había sido validado en anteriores estudios en secundaria (Eames, Williams, Hume y Lockley, 2011), por lo que únicamente se llevó a cabo una validación de constructo, y también se desarrolló pequeña prueba piloto que permitió obtener información para adaptar este instrumento a nuestro contexto de estudio. Posteriormente (ver objetivo 7) un estudio estadístico sobre la estructura de los datos obtenidos de los estudiantes,

permitió validar el constructo contenido en el instrumento adaptado, y su adecuación a la muestra.

El instrumento original plantea una serie de preguntas muy generales sobre aspectos definitorios del CDC, lo que dificultaba su evaluación. Esto nos llevó a definir una serie de indicadores que nos permitieran realizar un diagnóstico exhaustivo sobre este tipo de conocimiento en los futuros maestros y, por ende, evaluar hasta qué punto la formación impartida en el Grado es suficiente. En primer lugar, se asignaron indicadores fácilmente identificables por expertos y, posteriormente, de las respuestas dadas por los estudiantes se fueron definiendo y ajustando nuevos indicadores.

Todas las aportaciones de los estudiantes al cumplimentar el cuestionario versaron sobre conocimiento didáctico del contenido. Además, los indicadores definidos pudieron dar cuenta del 100% de las ideas aportadas por la muestra, lo que pone de manifiesto la validez de este instrumento para nuestro estudio.

Con el instrumento ya adaptado y definidos los indicadores, abordamos el objetivo 6 a partir del que se pretendió analizar el efecto de la instrucción en didáctica específica en el Grado. Se presentaron a las participantes situaciones que nunca habían analizado desde el punto de vista del CDC, pero con diferencias: un grupo de ellas pertenecían a temas que ya se habían tratado durante el Grado, y otro grupo a temáticas que, si bien se habían visto en la parte dedicada a la formación científica, no se habían tratado en la formación didáctica específica. En el primer caso los estudiantes deberían realizar un transfer cercano de conocimientos didácticos, pero en el segundo los estudiantes debían realizar un transfer lejano para aplicar sus conocimientos pedagógicos y didácticos adquiridos en otros temas o en otras asignaturas a las situaciones propuestas.

Aunque los resultados no son generalizables y requieren validación adicional, la comparación de los resultados obtenidos en ambos grupos de situaciones de ciencias nos permite establecer las siguientes conclusiones provisionales:

CONCLUSIÓN 5

Los indicadores definidos para evaluar cada aspecto del CDC contemplado en el instrumento CoRe son capaces de recoger exhaustivamente todas las ideas explicitadas por los sujetos participantes. Constituyen un conjunto de elementos propios de dichos aspectos que facilitan una evaluación más precisa del CDC.

CONCLUSIÓN 6

La formación en didáctica de las ciencias experimentales parece producir un aprendizaje específico que es necesario en los futuros maestros y maestras. Los participantes con formación específica en didáctica de las ciencias presentan ideas y actividades más concretas para el estudio de un determinado tema que aquellos que se enfrentan a él sin haber recibido previamente formación didáctica específica. Además, estos estudiantes muestran mayores habilidades para superar los errores conceptuales o ideas alternativas de los futuros estudiantes y, su formación didáctica en ciencias, reduce e incluso elimina por completo los errores conceptuales que puedan tener los propios maestros.

El último objetivo de esta tesis, el objetivo 7, está muy relacionado con el estudio anterior y se formuló de la siguiente manera:

7.- Indagar si más allá de la multiplicidad de propuestas para definir y operacionalizar el CDC, sugeridas por criterios expertos, se oculta una estructura estable (relaciones entre componentes), identificable a partir de indicadores empíricos.

Este objetivo se aborda en el capítulo 9. El estudio cuantitativo realizado contempló los aspectos de CDC plasmados en *CoRE*, empleándose una situación simplificada en la que no se tiene en cuenta la experiencia profesional. Se reanalizaron los datos obtenidos en los estudios anteriores y se puntuó numéricamente cada apartado de acuerdo a los indicadores definidos en el estudio anterior. Tras esto, se acometió un análisis de estructura de los datos (Verdugo-Perona, Olmos, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016c).

Ambos estudios pudieron ajustarse al mismo modelo con dos factores, que explican adecuadamente las relaciones observadas entre los componentes del CDC. Se comprobó estadísticamente que el modelo de dos factores ajusta perfectamente en los dos grupos por separado: asignar pesos factoriales iguales en ambas muestras no produjo desajuste significativo, lo que indica que el significado de los factores fue el mismo en las dos muestras y con ello se obtiene una validación cruzada del modelo factorial. Por último, se ajustó el modelo forzando que los interceptos fuesen iguales y se comprobó que, en este caso, el modelo desajusta significativamente debido a que los promedios de unas variables (objetivos, actividades-metodología y dificultades de aprendizaje) aumentaron en el segundo estudio respecto del primer estudio, mientras

que los promedios de otras variables (evaluación, relevancia y dificultades de enseñanza) fueron similares en ambos estudios. Estas diferencias se deben al mayor o menor dominio en temas más o menos conocidos, que fueron propuestos a ambas muestras.

CONCLUSION 7

Los datos obtenidos y la propuesta de valoración realizada en este trabajo permiten evidenciar una estructura subyacente en el CDC que coincide con el conocimiento experto, lo cual contribuye a la validación del instrumento mejorado propuesto en esta tesis. Aparecen dos factores que agrupan los datos, y que se vinculan a los diferentes aspectos contemplados en el instrumento *CoRE*. El primer factor integra aspectos asociados con el “Análisis Didáctico” (formado por las variables: formulación de Objetivos, Relevancia del tema, determinación de Dificultades de Aprendizaje y de Enseñanza), mientras que el segundo factor se relaciona con los aspectos asociados con la “Acción Didáctica” (en el que se incluyen las variables: formulación de Objetivos, Actividades-Metodología y Evaluación).

10.4.-Limitaciones y estudios pendientes

Como en todo trabajo de investigación que pretenda elaborar un conocimiento de tipo científico y no dogmático, en esta tesis se han asumido limitaciones y restricciones que, en algunos casos, proceden de factores ajenos a nuestra voluntad, pero otras veces proceden de nuestras propias limitaciones, de las imposiciones del contexto y de la imposibilidad para acceder a determinados datos.

A continuación, se explicitan **limitaciones** que hemos detectado durante el desarrollo de este largo trabajo, pero sin duda, hay otras que personas con diferente experiencia podrán definir.

- a) Los instrumentos suponen siempre una limitación, ya que los datos podrían cambiar si se usaran distintos instrumentos.
- b) El contexto es limitado: sólo la Comunidad Valenciana.
- c) La separación o factorización del conocimiento científico en aspectos conceptuales y aspectos procedimentales no es habitual y puede ser criticado. Sin embargo, para los objetivos 1-4 de esta tesis era importante separa ambas contribuciones, aunque fuera de un modo artificial “de laboratorio”.

- d) Todos los estudios realizados en esta tesis sobre CDC, al realizarse con maestros en formación, no tuvieron en cuenta el importante factor de la experiencia profesional en el CDC. Según los investigadores, el CDC evoluciona y se beneficia de la experiencia profesional, de modo que los datos obtenidos únicamente se refieren al estado de los graduados en magisterio antes de emprender su camino profesional, es decir, el estado con el que se egresa de la universidad.
- e) El modo de asignar una puntuación a los aspectos del CDC es revisable, Debe revisarse y estudiar si ello afecta al análisis de estructura del CDC.

En cuanto a los **temas pendientes** que podrían ser abordados en el próximo futuro, destacamos:

- a. Repetir los estudios realizados en esta tesis para futuros profesores de secundaria de diversas especialidades de ciencia, estudiantes del Máster en Profesor de Educación Secundaria.
- b. Extender los estudios sobre alfabetización científica de maestros al comienzo del Grado universitario y al finalizar el mismo en otras universidades fuera del ámbito de la Comunidad Valenciana.
- c. Replicar con mayor muestra y, por tanto, mayor validez externa, los estudios realizados para evaluar CDC en futuros maestros.
- d. Relacionar el CD con el CDC y analizar hasta qué punto el primero es necesario para el segundo.
- e. Analizar el origen de las inconsistencias detectadas en ideas sobre naturaleza de la ciencia (NOS) en un grupo significativo de participantes. Comparar con el pensamiento de científicos expertos de diversas especialidades.
- f. Mejorar la adaptación del instrumento para evaluar procedimientos integrados de la ciencia a estudiantes de Magisterio y otros universitarios.
- g. Validar las puntuaciones de cada bloque conceptual dentro del instrumento desarrollado en esta tesis para evaluar el conocimiento conceptual de ciencia básica.
- h. Proponer cambios curriculares necesarios para optimizar los recursos y mejorar la eficacia de la formación científica que se consigue actualmente en los estudios de Grado de Maestro/a de Primaria.

Referencias

- Brossard, D. y Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? Building a scientific literacy measurement instrument based on Science media coverage *Science Communication*, 28(1), 47-63.
- Commission of the European Communities (2005). *Europeans, Science and Technology*. Special Eurobarometer 224. Brussels.
- Eames, C., Williams, J., Hume, A., y Lockley, J. (2011). CoRe: A way to build pedagogical content knowledge for beginning teachers. *Wellington: Teaching and Learning Research Initiative (TLRI)*.
- FECYT: Fundación Española Ciencia y Tecnología 2014 (2015). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España*. Madrid.
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94
- Laugksch, R.C. y Spargo, P. (1996). Construction of a paper-and- pencil test of basic scientific literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331–359.
- Magnusson, S., Krajcik, L. y Borko, H. (1999). *Nature, sources and development of pedagogical content knowledge*. En: J. Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 95-132.
- Miller, J. D. (1989). Scientific literacy. Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, San Francisco.
- Monde-Monica, K. M. (2005). Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training learners. (Master's thesis). Hatfield, South Africa: University of Pretoria.
- National Science Board (2014). Science and Technology: Public attitudes and understanding. En *Science and Engineering Indicators 2014 (7.20-7.23)*. Arlington VA: National Science Foundation (NSB-14-01).
- Ortega, P., Saura, J. P., Mínguez, R., García de las Bayonas, A. & Martínez, D. (1992). Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 295-303.
- Ortega, P., Saura, J. P., Mínguez, R., García de las Bayonas, A. & Martínez, D. (1992). Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 295-303.

- Rundgren, C.-J., Rundgren, S.-N. C., Tseng, Y.-H., Lin, P.-L. y Chang, C.-Y. (2010). Are you SLiM? Developing an instrument for civic scientific literacy measurement (SliM) based on media coverage. *Public Understanding of Science*, 20(10), 1–15.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Vasques-Brandão, R., Solano-Araujo, I., Angela-Veit, E. y Lang de Silveira, F. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 61(1), 43-61.
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2016a). Development and validation of the firsts versión of a questionnaire for measuring pre-service primary teachers' science content knowledge. *Periódico Tchê Química*, 13 (26), 140-150.
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2016b). Pre-service primary school teachers' science content knowledge: an instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 24(2), 37-51.
- Verdugo-Perona, Olmos, Solaz-Portolés y Sanjosé, (2016c). Un Análisis Estructural del Conocimiento Didáctico del Contenido Científico Escolar en futuros Maestros de Primaria. Manuscrito pendiente de evaluación en *Interciencia*.

BIBLIOGRAFÍA
GENERAL
REFERENCIADA EN ESTA TESIS

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. (2006) Preservice and experienced biology teachers' global and specific subject matter structures: Implications for conceptions of pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 1-29.
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107.
- Abd-El-Khalick, F. y Boujaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., y Tuan, H. L. (2004). Inquiry in Science Education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Abell, S. K., Rogers, M. A. P., Hanuscin, D. L., Lee, M. H. y Gagnon, M. J. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: A model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77-93
- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 133-169.

- Acevedo, J. A., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, F., y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140.
- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1, 3-16.
- Aiken, L. R. (2003). *Psychological testing and assessment (11th ed.)*. Boston: Allyn and Bacon.
- Alexander, P. (2000). *An investigation into teacher and student teacher confidence in their own understanding and abilities to teach science and technology in primary schools in Northern Ireland* (Doctoral dissertation). Queen's University of Belfast, Belfast, Northern Ireland.
- Alonzo, A. C., Kobarg, M., y Seidel, T. (2012). Pedagogical content knowledge as reflected in teacher–student interactions: Analysis of two video cases. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(10), 1211–1239.
- Altun-Yalçın, S., Açışlı, S. y Turgut, Ü. (2011). Determining the levels of pre-service science teachers' scientific literacy and investigating effectuality of the education faculties about developing scientific literacy. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 783–787.
- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A. y Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chemical Education Research and Practice*, 16, 603-618.
- Álvarez, P. (2007). La prensa como recurso en educación ambiental: análisis de una experiencia. *Comunicar*, 29, 165-172.
- American Association for the Advancement of Science. AAAS (1989). Project 2061: Science for all Americans.
- American Association for the Advancement of Science. AAAS (1993). Benchmarks for science literacy.
- American Association of Colleges for Teacher Education-ACCTE (2008). *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. New York: Routledge.
- American Association of Colleges for Teacher Education-ACCTE (2008). *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. New York: Routledge.

- Aparici, R. (2005). Medios de Comunicación y Educación. *Revista de Educación*, 338, 85-99.
- Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: Is more science knowledge necessary to improve self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369.
- Appleton, K. (2003). How do beginning Primary School teachers cope with Science? Toward an understanding of Science teaching practice. *Research in Science Education*, 33(1), 1-25.
- Appleton, K. (2008). Developing Science Pedagogical Content Knowledge Through Mentoring Elementary Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523-545.
- Aufderheide, P. y Firestone, C.M. (1993). *Media literacy: a report of the national leadership conference on media literacy*, Washington DC, Aspen Institute.
- Aydin, S y Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemical Education Research and Practice*, 14 (4), 615-624.
- Aydin, S., Friedrichsen, P. M., Boz, Y. y Hanuscin, D. L. (2014). Examination of the topic-specific nature of pedagogical content knowledge in teaching electrochemical cells and nuclear reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 658-674.
- Baker, R. (1994). Teaching science in primary schools: What knowledge do teachers need? *Research in Science Education*, 24(1), 31-40.
- Ball, D. L., Thames, M. H. y Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching. What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- Barberá, O. (2006). Aproximación histórica a los currículos de ciencias en la educación secundaria española: un análisis. Documento de trabajo para el informe "Ciencias y educación (2006), encargado por la Fundación española para la Ciencia y la Tecnología (FECyT).
- Barnett, E. y Friedrichsen, P. J. (2015). Educative Mentoring: How a Mentor Supported a Preservice Biology Teacher's Pedagogical Content Knowledge Development. *Journal of Science Teacher Education*, 26(7), 647-668.
- Barnett, J., y Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Towards a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85 (4), 426-453.

- Baroody, A. J., Feil, Y. y Johnson, A. R. (2007). An alternative reconceptualization of procedural and conceptual knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 115–131.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Bektas, O., Ekiz, B., Tuysuz, M., Kutucu, E. S., Tarkin, A., y Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2013). Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge of the nature of science in the particle nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 201-213.
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107 (2), 238-46.
- Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. London: Routledge Press.
- Bertram, A. (2012). Getting in touch with your PCK: A look into discovering and revealing science teachers' hidden expert knowledge. *Teaching Science*, 58(2), 18-23.
- Bertram, A. y Loughran, J. (2012). Science Teachers' views on CoRes and PaP-eRs as a framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. *Research in Science Education*, 42(6), 1027–1047.
- Bindernagel, J. A. y Eilks, I. (2009). Evaluating roadmaps to portray and develop chemistry teachers' PCK about curricular structures concerning sub-microscopic models. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 77–85.
- Bisard, W. J., Aron, R. H., Francek, M. A. y Nelson, B. D. (1994). Assessing selected physical science and earth science misconceptions of middle school through university preservice teachers. *Journal of College Science Teaching*, 24(1), 38–42.
- Blanco, L. J., Mellado, V. y Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en Ciencias Experimentales y Matemáticas y Formación de Profesores. *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(1), artículo 7.
- Bond-Robinson, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 83-103.

- Bonil, J. y Márquez, C. (2011). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias?: implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, (354), 307-309.
- Borko, H., Eisenhart, M., Brown, C. A., Underhill, R. G., Jones, D., y Agard, P. C. (1992). Learning to teach hard mathematics: Do novice teachers and their instructors give up too easily?. *Journal for research in mathematics education*, 23(3), 194-222.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Brígido, M., Bermejo, M. L., Conde, C., Borrachero, A. B. y Mellado, V. (2010). Estudio longitudinal de las emociones en Ciencias de estudiantes de Maestro. *Revista galego-portuguesa de psicoloxía e educación*, 188 (2), 161-179.
- Brines, A., Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (2), 107-127
- Brossard, D. y Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? Building a scientific literacy measurement instrument based on Science media coverage *Science Communication*, 28(1), 47-63.
- Brown, James A. (1998). Media literacy perspectives. *Journal of Communications*, 48, 1, 44-56.
- Butler-Songer, N. y Linn, M C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.
- Bybee, R. (2015). Scientific literacy. *Encyclopedia of Science Education*, 944-947.
- Caillods F., Gottelmann-Duret, G. y Lewin K. M. (1997). *Science Education and Development; Planning and Policy Issues at Secondary Level*. Paris: Pergamon/International Institute of Educational Planning.
- Campanario, J. M. (1998) ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias?: Una revisión de estudios recientes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 121-140.
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en primaria. *Alambique*, 24, 46-56.
- Carey, S. y Smith, C. (1993). On understanding the nature of science of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251.

- Carlsen, W. S. (1993). Teacher knowledge and discourse control: quantitative evidence from novice biology teachers' classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 471–481.
- Carter, K. (1990). *Teachers' knowledge and learning to teach*. En: Houston, W. R. y Sikula, M. H. J. (Eds.). *Handbook of research on teacher education*. New York: Macmillan, 291-310.
- Casero, A. (2012). Más allá de los diarios: el consumo de noticias de los jóvenes en la era digital. *Comunicar*, 39, 151-158.
- Cavas, P. H., Ozdem, Y., Cavas, B., Cakiroglu, J., & Ertepinar, H. (2013). Turkish pre-service elementary science teachers' scientific literacy level and attitudes toward science. *Science Education International*, 24(4), 383-401.
- Chabalengula, V. M., Mumba, F. & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(3), 167-176.
- Chapoo, S., Thathong, K. y Halim, L. (2014). Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Thailand: Understanding & Practice. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 116, 442 – 447.
- Chiappetta, E. L. & Koballa Jr, T. R. (2010). *Science instruction in the middle and secondary schools: Developing fundamental knowledge and skills for teaching* (7th Ed.). Columbus OH: Pearson.
- Chin, C. C. (2005). First-year Pre-service Teachers in Taiwan—Do they enter the teacher program with satisfactory scientific literacy and attitudes toward science? *International Journal of Science Education*, 27(13), 1549-1570.
- Cho, M. -H., Lankford, D. M. y Wescott, D. J. (2011). Exploring the relationships among epistemological beliefs, nature of science, and conceptual change in the learning of evolutionary theory. *Evolution: Education and Outreach*, 4(2), 313-322.
- Cochran, K. F., Deruiter, J. A. y King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263–272.
- Cochran, K. F., Deruiter, J. A. y King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263–272.
- Commission del Communautés Europeennes (1990). *Les Europeens, la Science et la Technologie*. Special Eurobarometer 43. Paris.

- Commission of the European Communities (2005). *Europeans, Science and Technology*. Special Eurobarometer 224. Brussels.
- Commission of the European Communities. (1993). *Europeans, Science and Technology*. Special Eurobarometer 76. Brussels.
- Cortés, A.L., Gándara, M., Calvo, J.M., Martínez, M.B., Ibarra J., 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.
- Crocker, L. y Algina, J. (2006). *Introduction to classical and modern test theory*. Ohio: Cengage Learning.
- Cross, D. y Lepareur, C. (2015). *PCK at stake in teacher-student interaction in relation to students' difficulties*. En: Grangeat, M. (Ed.). *Understanding science teachers' professional knowledge growth*. Rotterdam: Sense Publishers, 47-61.
- Davis, E. A. y Petish, D. (2005). Real-World applications and instructional representations among prospective elementary Science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 16 (4), 263–286.
- De Berg, K. C. y Greive, C. (1999). Understanding the siphon: An example of the development of pedagogical content knowledge using textbooks and the writings of early scientists. *Australian Science Teachers' Journal*, 45(4), 19-26.
- De Jong., O., Van Driel, J. y Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.
- De Pro, A. y Miralles, P. (2009). El currículum de conocimiento del medio natural, social y cultural en la educación primaria. *Educatio Siglo XXI*, 27(1), 59-96.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching*, 37(6), 582-601.
- Diamond, B. S., Maerten-Rivera, J., Rohrer, R. y Lee, O. (2013). Elementary teachers' science content knowledge: Relationships among multiple measures. *Florida Journal of Educational Research*, 51, 1-20.
- DiBattista, D. y Kurzawa, L. (2011). Examination of the Quality of Multiple-choice Items on Classroom Tests. *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 2(2), Article 4.

- Dogan, N. y Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112.
- Downing, J. E. & Filer, J. D. (1999). Science process skills and attitudes of preservice elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 11(2), 57-64.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: the importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.
- Eames, C., Williams, J., Hume, A., y Lockley, J. (2011). CoRe: A way to build pedagogical content knowledge for beginning teachers. *Wellington: Teaching and Learning Research Initiative (TLRI)*.
- Eraut, M. (1994). *Developing Professional Knowledge and Competence*. London: Falmer Press.
- Espinosa-Bueno, J. S. (2011). Pedagogical Content Knowledge of Inquiry: An Instrument to Assess It and Its Application to High School In-Service Science Teachers. *US-China Education Review*, 8(5), 599-614.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6, artículo 020110.
- European Commission. (2004). Europe needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology. Brussels. European Commission.
- Faikhanta, C. y Clarke, A. (2013). A Self-Study of a Thai Teacher Educator Developing a Better Understanding of PCK for Teaching about Teaching Science. *Research in Science Education*, 43(3), 955-979.
- FECYT: Fundación Española Ciencia y Tecnología 2014 (2015). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España*. Madrid.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., y Cachapuz, A. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernandez-Balboa, J. M. y Stieh, J. (1995) The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. *Teaching and Teacher Education*, 11(3), 293-306.

- Fleer, M. (2009). Supporting scientific conceptual consciousness or learning in 'a roundabout way' in play-based contexts. *International Journal of Science Education*, 31(8), 1069-1089.
- Foulds, W. & Rowe, J. (1996). The enhancement of science process skills in primary teacher education students. *Australian Journal of Teacher Education*, 21(1), 16-23.
- Friedrichsen P. M., Van Driel J. H. y Abell S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358–376.
- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M. y Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 357-383.
- García-Carmona, A. y Acevedo, J. A. (2016). Concepciones de estudiantes de profesorado de educación primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Una evaluación diagnóstica a partir de reflexiones en equipo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21 (69), 583.
- García-Carmona, A., Vázquez Alonso, Á. y Manassero Mas, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29 (3), 403-412.
- García-Ruiz, M. y Sánchez Hernández, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles educativos*, 28 (114), 61-89.
- Gardner, A. L. y Gess-Newsome, J. A (2011). PCK rubric to measure teachers' knowledge of inquiry based instruction using three data sources. En: Annual Meeting of The National Association for Research in Science Teaching, Orlando, FL, Orlando: NARST.
- Garritz, A., Lorenzo, M. G. y Daza-Rosales S. F. (2014). *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Germany: Editorial Académica Española.
- Gavidia Catalán, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 22, 53-66.
- Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C. y Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.

- Generalitat Valenciana (2014). Decreto 108/2014, de 4 de julio, del Consell, por el que establece el currículo y desarrolla la ordenación general de la educación primaria en la Comunitat Valenciana. [2014/6347]. Publicado en DOGCV, num 7311/07 07 2014, p 16510.
- George, D. y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N. G. (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Boston: Kluwer.
- Gil, D. y Vilches, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Gipps, C. (1999). Sociocultural Aspects to Assessment. *Review of Research in Education*, 24(1), 353–392.
- Goodnough, K. y Hung, W. (2009). Enhancing pedagogical content knowledge in elementary science. *Teaching Education*, 20(3): 229–242.
- Grangeat, M. (2015). *Understanding science teachers' professional knowledge growth*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Guerra-Ramos, M. T. (2012). Teachers' ideas about the nature of science: A critical analysis of research approaches and their contribution to pedagogical practice. *Science & Education*, 21 (5), 631-655.
- 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.
- Hackling, M., Peers, S. y Prain, V. (2007). Primary Connections: Reforming science teaching in Australian primary schools. *Teaching Science*, 53(3), 12-16.
- Hagevik, R., Veal, W., Brownstein, E. M., Allan, E., Ezrailson, C. y Shane, J. (2010). Pedagogical content knowledge and the 2003 science teacher preparation standards for NCATE accreditation or state approval. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 7-12.

- Haidar, A. H. (1999). Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21(8), 807-822.
- Halim, L. y Meerah, S. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Hanuscin, D. L. (2013). Critical Incidents in the Development of Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science: A Prospective Elementary Teacher's Journey. *Journal of Science Teacher Education*, 24(6), 933-956.
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27(3), 323-337.
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y educación en ciencias basada en la indagación: aspectos de la política y la práctica*. Trieste. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Harlen, W. (Ed.). (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- Henze, I., Van Driel, J. H. y Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Hill, H. C., Rowan, B. y Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406.
- Hobbs, R. y Jensen, A. (2009). The past, present and future of media literacy education. *Journal of Media Literacy Education*, 1, 1-11.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Sense Publishers.

- Hooper, D., Coughlan, J. y Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Journal of Business Research Methods*, 6, 53–60
- Hu, L. T. y Bentler, P. M. (1999). Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6 (1), 1-55.
- Hume, A. C. (2010). CoRes asTools for Promoting Pedagogical Content Knowledge of Novice Science Teachers. *Chemistry Education in New Zealand*, 121, 13-19.
- Hume, A. C. y Berry, A. (2011). Constructing CoRes—a Strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355.
- Hume, A. C. y Berry, A. (2013). Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers Through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers. *Research in Science Education*, 43(5), 2107-2136.
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational leadership*, 16 (1), 13-16.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.
- Ingber J. (2009). *A comparison of teachers' pedagogical content knowledge while planning in and out of their science expertise*. Tesis (Doctorado) - Columbia University, NY, USA.
- Ingle, H. T. (1974). *Communication Media and Technology: A Look at Their Role in Non-formal Education Programs*. Washington, D.C.: Information Center on Instructional Technology. Academy for Educational Development, Inc.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa - INE - (2013). PIRLS–TIMSS 2011. Estudio Internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. IEA. Volumen I: Informe español. Madrid. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa – INE - (2014). Informe PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe Español. Madrid. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Irez, S. (2006). Are we prepared? An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143.

- Isaacs, A., Daintith, J. y Martin, E. (1999). *A dictionary of science*. Oxford: Oxford University Press.
- Jang, S. J. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, 61(6), 663–678.
- Jarrett, L., Ferry, B. y Takacs, G. (2012). Development and validation of a concept inventory for introductory-level climate change science. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 20(2), 25-41.
- Johnston, J. y Ahtee, M. (2006). Comparing primary student teachers' attitudes, subject knowledge and pedagogical content knowledge needs in a physics activity. *Teaching and Teacher Education*, 22(4), 503–512.
- Jüttner, M. y Neuhaus, B. J. (2013). Validation of a Paper-and-Pencil Test Instrument Measuring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge by Using Think-Aloud Interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2), 113-125.
- Jüttner, M., Boone W., Park S. y Neuhaus B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment Evaluation and Accountability*, 25 (1), 45-67.
- Kaptan, F. y Korkmaz, H. (2001). Primary school preservice teachers' misconceptions about heat and temperature in science teaching. *Hacettepe University Journal of Education*, 21, 59-65.
- Käpylä, M., Heikkinen, J. P. y Asunta, T. (2009). Influence of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395-1415.
- Kaya O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of pre-service science teachers: 'Ozone layer depletion' as an example, *International Journal of Science Education*, 31(7), 961–988.
- Keles, Ö., Ertas, H., Uzun, N. y Cansiz, M. (2010). The understanding levels of preservice teachers' of basic science concepts' measurement units and devices, their misconceptions and its causes. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 390-394.
- Kelly, T. L. (1939). Selection of upper and lower groups for the validation of test items. *Journal of Educational Psychology*, 30(1), 17-24.

- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Kind, V. (2014). *Science teachers' content knowledge*. En Hamsa Venkat, Marissa Rollnick, John Loughran and Mike Askew (Eds), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge. Windows into teacher thinking* (pp. 15-28). New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- Kleickmann, T; Richter, D; Kunter, M; Elsner, J; Besser, M; Krauss, S, y Baumert, J. (2013). The Role of Structural Differences in Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 64 (1), pp. 90-106.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S., y Baumert, J. (2015). Content knowledge and pedagogical content knowledge in Taiwanese and German mathematics teachers. *Teaching and Teacher Education*, 46, 115-126.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science education*, 85 (3), 291-310.
- Krauss, S., Baumert, J. y Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *ZDM Mathematics Education*, 40(5), 873-892.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, J., y Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100, 716-725.
- Krauss, S.; Baumert, J.; Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *ZDM Mathematics Education*, 40(5), 873-892.
- Küçük, M. (2008). Improving Preservice Elementary Teachers' Views of the Nature of Science Using Explicit-Reflective Teaching in a Science, Technology and Society Course. *Australian Journal of Teacher Education*, 33(2).
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. y Hachfeld, A. (2013). Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805– 820.

- Lange, K., Kleickmann, T., y Möller, K. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge and student achievement in science education. En *ESERA-Conference, Lyon, France*
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94.
- Laugksch, R.C. y Spargo, P. (1996). Construction of a paper-and-pencil test of basic scientific literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331-359.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of research on science education*, 2, 831-879.
- Lee, E. y Luft, J. A. (2008). Experienced Secondary Science Teachers' Representation of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343-1363.
- Lenhart, S. T. (2010) *The Effect of Teacher Pedagogical Content Knowledge and the Instruction of Middle School Geometry*. Tesis (Doctorado) - Liberty University, Lynchburg, Va, USA.
- Lewthwaite, B. y MacIntyre, B. (2003) Professional knowledge, interest and self-efficacy: a vignette study. *STER papers: science and technology education research papers*, 161-188.
- López, P. (Coord.). *La prensa escrita, recurso didáctico*. Madrid. Ministerios de Educación, Cultura y Deporte; CIDE, 2003.
- Lord, F. M. (1952). The relation of the reliability of multiple-choice tests to the distribution of item difficulties. *Psychometrika*, 17(2), 181-194.
- Loughran J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R. y Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307.

- Loughran, J., Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2nd Edition. Rotterdam: Sense Publishers.
- Loughran, J., Berry, A., y Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301–1320.
- Loughran, J., Mullhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370–391.
- Macdonald, D. y Hoban, G. (2009) Developing science content knowledge through the creation of slowmations. *The International Journal of Learning*, 16(6), 319-330.
- Magnusson, S., Krajcik, L. y Borko, H. (1999). *Nature, sources and development of pedagogical content knowledge*. En: J. Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 95-132.
- Malcolm, S. A. y Mavhunga, E. (2015). *The Development and Validation of an Instrument Measuring Topic Specific PCK in Stoichiometry: Preliminary Findings*. En: 23RD Annual Conference of The Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education, Maputo, Mozambique. Maputo: SAARMSTE.
- Manizade, A. G. y Mason, M. M. (2011). Using Delphi methodology to design assessments of teachers' pedagogical content knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 76(2), 183-207.
- Marcon, D. (2013). *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. A Integração dos Conhecimentos do Professor para Viabilizar a Aprendizagem dos Alunos*. Caxias do Sul, RS: Educs.
- Maries, A. y Singh, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), artículo 020120.

- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3–11.
- Marshman, E. (2015). Improving the Quantum Mechanics Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge of Physics Graduate Students. Tesis (Doctorado) - University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA.
- Martisson, J. (2009). *The role of media literacy in the governance reform agenda*. Washington, DC: World Bank Communication for Governance and Accountability Program.
- Mavhunga, M. E. y Rollnick, M. (2012). *The development and validation of a tool for measuring topic specific pck in chemical equilibrium*. En: Bruguiere, C.; Tiberghien, A.; Clément, P. (Eds.). E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Lyon, France: European Science Education Research Association.
- McComas, W., Almazroa, H., y Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- McComas, W., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (3-39). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mdachi, S. J. M. (2012). Giving Thought to Students' Alternative Conceptions in Stereochemistry: One Teacher's Basis for Pedagogical Content Knowledge Improvement. *Journal of Turkish Science Education*, 9(4), 22-34.
- Mellado, V. (1997). Preservice teacher's classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6(4), 331-354.
- Mellado, V. (1998). La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales. En E. Banet y A. de Pro (eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Vol. I. Ed. DM. Murcia, 272-283.
- Mellado, V., Blanco, L.J., y Ruiz, C. (1998). A framework for learning to teach Science in initial primary teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9 (3), 195-219.
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, 30(4), 159-167.

- Miles, E. (2010). *In-service elementary teachers' familiarity, interest, conceptual knowledge, and performance on science process skills*. (Unpublished master's thesis). A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science in Education, Southern Illinois University, Department of Curriculum and Instruction in the Graduate School, Carbondale.
- Millar, R. y Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future: A report with ten recommendations*. London, UK: King's College London, School of Education.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112, 29-48.
- Miller, J. D. (1989). Scientific literacy. Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, San Francisco.
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7 (3), 203-223.
- Milner-Bolotin, M., Antimirova, T., Noack, A. y Petrov, A. (2011). Attitudes about science and conceptual physics learning in university introductory physics course. *Physical Reviews Special Topics-Physics Education Research*, 7(2), 020107.
- Monde-Monica, K. M. (2005). Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training learners. (Master's thesis). Hatfield, South Africa: University of Pretoria.
- Morgan, A. (2012). 'Me as a Science Teacher': Responding to a Small Network Survey to Assist Teachers with Subject-Specific Literacy Demands in the Middle Years of Schooling. *Australian Journal of Teacher Education*, 37 (6).
- Morrison, A. D. y Luttenegger, K. C. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge Using Multiple Points of Data. *The Qualitative Report*, 20(6), 804-816.
- Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O. y De Villiers, R. (2015). Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in the Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1140-1165.
- Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O. y De Villiers, R. (2015). Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in the Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1140-1165.

- Mugaloglu, E. Z. y Bayram, H. (2010). A structural model of prospective science teachers' nature of science views. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 54(6), 597-614.
- Musikul, K. (2007). *Professional development for primary science teaching in Thailand: knowledge, orientations, and practices of professional developers and professional development participants*. (Tesis Doctoral). Faculty of the Graduate School. University of Missouri–Columbia.
- Muthén, L. K. y Muthén, B. O. (1998-2012). *Mplus user's guide*. Los Angeles: Authors.
- National Council for Accreditation of Teacher Education-NCATE. (2008). Professional Standards for the Accreditation of Teacher Preparation Institutions.
- National Research Council (Ed.). (1996). *National science education standards*. National Academy Press.
- National Science Board (2014). Science and Technology: Public attitudes and understanding. En *Science and Engineering Indicators 2014* (7.20-7.23). Arlington VA: National Science Foundation (NSB-14-01).
- National Science Teachers Association- NAST (2012). Knowledge Base Supporting the Standards for Science Teacher Preparation.
- Newton, L. D. y Newton, D. P. (2010). What teachers see as creative incidents in elementary science lessons. *International Journal of Science Education*, 32(15), 1989–2005.
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in preservice education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.
- Nilsson, P. y Loughran, J. (2011). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699–721.
- Nivalainen, V. et al. (2010). Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393–409.
- OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006.
- OECD (2012). *PISA 2012 Results*. Retrieved April, 7, 2016

- Olfos, R., Goldrine, T. y Estrella, S. (2014). How Much Is Teachers' Pedagogical Content Knowledge Related to Students' Understanding of Fractions? *Revista Brasileira de Educação*, 9(59), 913-944.
- Orleans, A. V. (2010). Enhancing Teacher Competence through Online Training. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(3), 371–386.
- Ortega, P., Saura, J. P., Mínguez, R., García de las Bayonas, A. & Martínez, D. (1992). Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 295-303.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” should be taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literatura and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1049-1079.
- Özden, M. (2008). The Effect of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The Case of Teaching Phases of Matters. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 8(2), 633-645.
- Özden, M., Usak, M., Ulker, R. y Sorgo, A. (2013). Effects of lesson preparation methods on prospective primary teachers pedagogical content knowledge. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 14 (3A), 1432–1442.
- Ozgelen, S. (2012). Exploring the relationships among epistemological beliefs, metacognitive awareness and nature of science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 7(3), 409-431.
- Padilla, K. y Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367–378.
- Padilla, K., Ponce-de-León, A. M., Rembado, F. M., y Garritz, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of ‘amount of substance’. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- Park, S. y Chen, Y-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941.

- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Park, S., Chen, Y-C. y Jang, J. (2008). *Developing measures of teachers' pedagogical content knowledge for teaching high school biology*. En: International Conference of The Association for Science Teacher Education, St. Louis, MI, USA, St. Louis: ASTE.
- Park, S., Jang, J. Y., Chen, Y. C. y Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching?: Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*, 41(2), 245-260.
- Peng, J. C.-Y., Lee, K. L. y Ingersoll, G. M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *The Journal of Educational Research*, 96(1), 3-14
- Peng, J. C.-Y., So, T.-S. H., Stage, F. K. y John, E. P. St. (2002). The use and interpretation of logistic regression in Higher Education Journals: 1988-1999. *Research in Higher Education*, 43(3), 259-293.
- Penso, S. (2002). Pedagogical Content Knowledge: how do student teachers identify and describe the causes of their pupils' learning difficulties? *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 30(1), 25-372.
- Perking-Gough, D. (2007). Understanding the Scientific Enterprise: A conversation with Alan Leshner. *Educational Leadership*, 64 (4), 8-15.
- Phelps, G. y Schilling, S. (2004). Developing measures of content knowledge for teaching reading. *Elementary School Journal*, 105(1), 31-48.
- Porter, A. y Brophy, J. (1988). Synthesis in Research on Good Teaching: Insights from the Work of the Institute of Research on Teaching. *Education Leadership*, 48(8), 74-85.
- Radford, D; Deture, L. y Doran, R. (1992). *A preliminary assessment of science process skills achievement of preservice elementary teachers*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (Boston, MA, March 1992)
- Rittel-Johnson, B. y Alibali, M. W. (1999). Conceptual and procedural knowledge of mathematics: Does one lead to the other? *Journal of Educational Psychology*, 91(1), 175-189.

- Roberts D (2007). Scientific literacy/science literacy. En: Abell S, Lederman N (eds) *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 729–780.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walweg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European commission. Community Research.
- Rollnick, M. y Mavhunga; E. (2016). *Can the Principles of Topic-Specific PCK Be Applied Across Science Topics? Teaching PCK in a Pre-Service Programme*. En: Papadouris, N.; Hadjigeorgiou, A.; Constantinou, C. P. (Eds.). *Insights from Research in Science Teaching and Learning*, 2. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 59-72.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Ronda, J. (2002). La formación de los docentes en comunicación desde la perspectiva de los comunicadores. *Comunicar*, 18, 143-147.
- Rozenszajn, R. y Yarden, A. (2014a). Mathematics and biology teachers' tacit views of the knowledge required for teaching: varying relationships between CK and PCK. *International Journal of STEM Education*, 1, artículo 11. Recuperado en noviembre de 2015 de: <<http://www.stemeducationjournal.com/content/1/1/11>>.
- Rozenszajn, R., y Yarden, A. (2014b). Expansion of Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) During a Long-Term Professional Development Program. *Research in Science Education*, 44(1), 189-213.
- Rudramamba, B. (2004). *Problems of teaching*. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation.
- Rundgren, C.-J., Rundgren, S.-N. C., Tseng, Y.-H., Lin, P.-L. y Chang, C.-Y. (2010). Are you SLiM? Developing an instrument for civic scientific literacy measurement (SLiM) based on media coverage. *Public Understanding of Science*, 20(10), 1–15.
- Sanders, L. R.; Borko, H. y Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 723–736.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.

- Sarieddine, D. y Boujaoude, S. (2014). Influence of teachers' conceptions of the nature of science on classroom practice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(2), 135-151.
- Schleicher, A. (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*. Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, France
- Schmelzing, S., van Driel, J. H., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A. y Neuhaus, B. J. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers' pedagogical content knowledge concerning the "cardiovascular system". *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1369-1390.
- Schoon, K. J. y Boone, W. J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82(5), 553-568.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. y Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Seung, E., Bryan, L. A. y Haugan, M. P. (2012). Examining Physics Graduate Teaching Assistants' Pedagogical Content Knowledge for Teaching a New Physics Curriculum. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 451-479.
- Shahali, E. H., Halim, L., Treagust, D. F., Won, M. y Chandrasegaran, A. L. (2015). Primary school teachers' understanding of science process skills in relation to their teaching qualifications and teaching experience. *Research in Science Education*, 1-25.
- Shallcross, T., Spink, E., Stephenson, P. y Warwick, P. (2002). How primary trainee teachers perceive the development of their own scientific knowledge: Links between confidence, content and competence? *International Journal of Science Education*, 24(12), 1293-1312.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Smith, D. C. y Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20.

- Smith, D. C. y Neale, D. C. (1991). *The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching*. En: Brophy, J. (Ed.). *Advances in research on teaching*, Vol. 2. Greenwich, CT, USA: JAI Press, 187-243.
- Smith, M. U. y Scharmann, L. (2008). A multi-year program developing an explicit reflective pedagogy for teaching pre-service teachers the nature of science by ostention. *Science & Education*, 17(2), 219–248.
- Solaz-Portolés, J. J., Sanjosé, V. y Caurín, C. (2011). Cambio en las actitudes hacia el estudio de las ciencias en alumnos universitarios: efectos de usar una metodología instruccional transmisiva o una constructivista. *Omnia*, 17(3).
- Solaz-Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto: una revisión. *Educación XXI*, 13(1), 65-80.
- Solbes, J., Vilches, A. y Gil, D. (2002). Formación del profesorado desde el enfoque CTS. En *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía* (163-175). Narcea.
- Šorgo, A., Usak, M., Kubiátko, M., Fančovičova, J., Prokop, P., Puhek, M., Skoda, J. y Bahar, M. (2014). A cross-cultural study on freshmen's knowledge of genetics, evolution, and the nature of science. *Journal of Baltic Science Education*, 13(1), 6-18.
- Staub, F. y Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344–355.
- Talanquer, V. (2005). Recreating a Periodic Table: A Tool for Developing Pedagogical Content Knowledge. *The Chemical Educator*, 10(2), 95–99.
- The Royal Society (1985). *The public understanding of science*. The Royal Society. London.
- Tichenor, P.J., Donohue, G.A. y Olien, C.N. (1970). Mass Media Flow and Differential Growth in Knowledge. *The Public Opinion Quarterly*, 34, 159-170.
- Tobin, K.; Tippins, D. J. y Gallard, A. J. (1994). *Research on instructional strategies for teaching science*. En: Gabel, D. L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan, 45-93.
- Torres, M. y Mercado, M. (2006). The need for critical media literacy in teacher education core curricula. *Educational Studies: A Journal of the American Educational Studies Association*, 39, 260-282.

- Trundle, K. C., Atwood, R. K. y Christopher, J. E. (2002). Preservice teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633-658.
- Tucker L.R. y Lewis C. (1973). A reliability coefficient for maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, 38, 1-10.
- Uitto, A. y Kärnä, P. (2014). *Teaching methods enhancing grade nine students' performance and attitudes towards biology*. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiu (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 2 (pp. 67-73). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.
- UNESCO (1999a). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Budapest (Hungría), 26 junio – 1 julio de 1999.
- UNESCO (1999b). Programa en Pro de la Ciencia: Marco general de actuación. Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Budapest (Hungría), 26 junio – 1 julio de 1999
- Uşak, M. (2009). Preservice Science and Technology Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Cell Topics. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 9(4), 2033-2046, 2009.
- Van Driel, J. H. y Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Van Driel, J. H., Verloop, N. y De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 673–695.
- Vasques-Brandão, R., Solano-Araujo, I., Angela-Veit, E. y Lang de Silveira, F. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 61(1), 43-61.
- Vázquez-Alonso, A., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (2013). Spanish secondary-school science teachers' beliefs about Science-Technology-Society (STS) Issues. *Science & Education*, 22(5), 1191–1218.

- Vázquez-Alonso, Á., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (2013). Science teachers' thinking about the nature of science: A new methodological approach to its assessment. *Research in Science Education*, 43(2), 781-808.
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2016a). Development and validation of the firsts versión of a questionnaire for measuring pre-service primary teachers' science content knowledge. *Periódico Tchê Química*, 13 (26), 140-150.
- Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2016b). Pre-service primary school teachers' science content knowledge: an instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 24(2), 37-51.
- Verdugo-Perona, Olmos, Solaz-Portolés y Sanjosé, (2016c). Un Análisis Estructural del Conocimiento Didáctico del Contenido Científico Escolar en futuros Maestros de Primaria. Manuscrito enviado a *Interciencia* para su publicación.
- Vilches, A., y Gil-Pérez, D. (2007). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85.
- Waller, L. I. (2012). *Math Intervention Teachers' Pedagogical Content Knowledge And Student Achievement*. Tesis (Doctorado) - Eastern Kentucky University, Richmond, KY, USA, 2012.
- Waller, L.I. (2012). *Math Intervention Teachers' Pedagogical Content Knowledge And Student Achievement*. Tesis (Doctorado) - Eastern Kentucky University, Richmond, KY, USA. Recuperado en junio 2015 de: <<http://encompass.eku.edu/etd/57>>. Recuperado en: 3 jun. 2015.
- Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919-944.
- Wellington, J. (1991) Newspaper science, school science: friends or enemies? *International Journal of Science Education*, 13, 363-372,
- Wilson, C.; Grizzle, A; Tuazon, R.; Akyempong K. y Cheung, Ch. (2011) *Alfabetización Mediática e Informacional Curriculum para profesoras*. París: Unesco.
- Wragg, E. C. (1998). *Improving literacy in the primary school*. Psychology Press.

