

# revista de **e**EDUCACIÓN

Nº 383 ENERO-MARZO 2019



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

**Assessment of pre-service teachers' Science knowledge: the case of Valencian Community in Spain**

José Javier Verdugo Perona  
Joan Josep Solaz Portolés  
Vicente Sanjosé



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y FORMACIÓN PROFESIONAL



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

## Assessment of pre-service teachers' Science knowledge: the case of Valencian Community in Spain

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2019-383-404

José Javier Verdugo-Perona

*Florida Universitaria*

Joan Josep Solaz-Portolés

Vicente Sanjosé

*Universitat de València*

### Resumen

La alfabetización científica es en uno de los objetivos principales de la educación obligatoria, pero difícilmente se puede conseguir esta alfabetización si los profesores de enseñanza primaria tienen un pobre conocimiento científico (Appleton, 2003). Algunos estudios sugieren que, en España, el profesorado de educación primaria presenta carencias en su formación científica (Cañal, 2000 y 2008; Porlán, 2010). Por este motivo, 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, aunque de pequeño tamaño, en el conocimiento analizado. También evidencian necesidades formativas no suficientemente bien atendidas en el Grado universitario.

*Palabras clave:* Enseñanza de las ciencias; conceptos científicos; procesos de la ciencia; maestros/as en formación; evaluación.

### **Abstract**

Scientific literacy is one of the main objectives in compulsory education, but this literacy can hardly be achieved if primary teachers have a low level of scientific knowledge (Appleton, 2003). In Spain, some studies suggest that primary education teachers show deficiencies in their scientific training (Cañal, 2000 y 2008, Porlán, 2010). For this reason, an assessment of pre-service elementary school teachers' knowledge on basic science is developed with enough external validity (sampling error about 5%). The scope of the study is the Valencian Community in Spain. Conceptual and procedural knowledge are assessed independently before as well as after the science subjects in the specific Degree of pre-service teacher training at University. Prior studies and their branch are taken into account in some descriptions and analyses. The possible effects of the more or less hours devoted to science by the three public universities in the considered Region, are also studied. Results show significant improvements in the levels of conceptual and procedural knowledge along the Degree, but of little effect size. Outcomes suggest that some teachers' educational needs are not yet sufficiently met at the considered universities.

*Keywords:* Science Education; Science Concepts; Science Processes skills; Preservice teachers, Assessment.

## **Introducción**

La alfabetización científica se ha convertido en uno de los objetivos principales de la educación obligatoria y, de hecho, es un concepto mencionado en las últimas reformas educativas. Entre sus diferentes finalidades (Acevedo, 2004) está que los ciudadanos desarrollen un espíritu crítico sobre 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).

Durante la educación primaria se deben sentar las bases para una adecuada formación de los ciudadanos (Lloyd, Smith, Fay, Khang, Wah y Sai, 1998), y ello hace este periodo particularmente relevante para la meta de aumentar la AC de toda la ciudadanía. Sin embargo, difícilmente se puede conseguir esta alfabetización si los profesores de enseñanza primaria tienen un pobre conocimiento científico (Appleton, 2003) y, consecuentemente, un conocimiento didáctico del contenido inapropiado para enseñar ciencias (Kang, 2007). Este aspecto se ve confirmado, por ejemplo, en diversas investigaciones que ponen de manifiesto que los profesores de primaria de ciencias sostienen ideas sobre algunos conceptos científicos que difieren de las defienden la comunidad científica (errores conceptuales) y, además, coinciden con las que (erróneamente) sostiene su propio alumnado (Krugar, Summers y Palacio, 1990; Harlen y Holroyd, 1997; Papageorgiou, Stamovlasis y Johnson, 2010; Summers y Krugar, 1992). Una deficiente formación científica de los maestros es causa de inseguridad y falta de confianza a la hora de abordar la enseñanza de las ciencias con los niños en las aulas de Primaria (Jarvis y Pell, 2004; García-Ruiz y Sánchez, 2006; Murphy y Smith, 2012) y, probablemente, genera en los niños actitudes negativas hacia la ciencia (Harlen y Holroyd, 1997; Jurievi, Glaar, Puko y Devetak, 2008).

Todo parece indicar que si se pretende mejorar la eficacia del proceso de alfabetización científica de los ciudadanos la formación del profesorado debería ser revisada, comenzando por la de los/as maestros/as de primaria. En particular, se debería pensar, en garantizar que sus niveles de dominio de conocimiento científico básico son adecuados.

En el ámbito español Cañal (2000 y 2008) y Porlán y colaboradores (2010) hacen referencia a las carencias en la formación científica de los maestros, así como a sus concepciones alternativas en diversos temas científicos. Subrayan la imposibilidad de construir, en este caso, un

conocimiento didáctico del contenido adecuado para poder conducir con éxito los procesos de enseñanza/aprendizaje en las aulas de primaria.

No obstante, los estudios realizados con maestros españoles, tanto en ejercicio como en formación, focalizan su atención en las concepciones sobre la naturaleza de la ciencias y la enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Guisasola y Morentin, 2007; Martínez-Chico, Jiménez Liso y López-Gay, 2015; Mellado Jiménez, 1996); a propuestas formativas (Criado y García-Carmona, 2011; García Barros, Martínez Losada, Vega y Mondelo, 2000; Rivero et al., 2013; y a estudios que recogen la (auto)valoración de su experiencia formativa inicial en la Universidad (Cantón, Cañón y Ariás, 2013; García Barros, Bugallo y Fuentes, 2013). No se encuentran estudios relativamente recientes donde se evalúen sus conocimientos científicos básicos, aunque sí se pueden encontrar estudios donde se evalúan sus conocimientos matemáticos (Gómez y Gutiérrez-Gutiérrez, 2014; Sáenz Castro, 2007).

Ante la inexistencia datos actualizados sobre los niveles de conocimiento científico básico de los maestros de primaria en España, parece interesante abordar un estudio empírico que permita evaluarlo. En el presente trabajo, centraremos la atención en los maestros y maestras en formación inicial para, más adelante, abordar a los/las profesionales en ejercicio.

## Objetivos de investigación

El objetivo principal de este trabajo es la evaluación de los niveles de conocimiento conceptual y procedimental 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. La intención fue que el estudio alcanzase suficiente validez externa y orientase 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.

Asociado con este objetivo principal está la preocupación por averiguar si la formación en ciencias ofrecida en el Grado de Maestro de Primaria es suficiente y ayuda a mejorar significativamente dichos niveles, al menos de aquellas personas que los tuvieran realmente bajos al comienzo de dicho Grado. Algunos factores pueden condicionar tanto los niveles iniciales

de acceso al Grado como los finales. Entre ellos, consideraremos el tipo de estudios previos o titulación de acceso al Grado, y la especialidad de dichos estudios previos (ciencias experimentales en comparación con otras opciones de ciencias sociales y humanidades). Algunos análisis sobre conocimientos científicos al acceder a la universidad muestran resultados muy pobres y poco dependientes del título pre-universitarios de los estudiantes (Pérez de Landazábal, Benegas, Cabrera, et al., 2010). Sin embargo, estos estudios involucran sólo estudiantes de la especialidad de ciencias experimentales. En el caso presente, los estudiantes presentan heterogeneidad tanto en el tipo (título pre-grado) como en la especialidad (ciencias experimentales-otros) de los estudios anteriores al Grado. Por ejemplo, Glaser (1995; ver también Bransford, Brown y Cocking, 1999) identifican hallazgos en investigación que nos informan sobre la mejor estructura y diseño de entornos de aprendizaje. Uno de ellos sostiene: *“El conocimiento previo relevante y la intuición del aprendiz son... una fuente importante de destrezas cognitivas que puede sostener y conducir el nuevo aprendizaje...”* (p. 18. Traducido del inglés original).

También la cantidad de formación en ciencias ofrecida en el Grado podría condicionar los niveles finales alcanzados. No todas las universidades ofertan la misma cantidad de créditos obligatorios en ciencias experimentales, ya que la normativa permite a cada universidad ajustar el currículo a sus necesidades o metas. La importancia de este objetivo está en la reclamación secular de más carga lectiva para ciencias en los Grados (una reclamación que se hace en todas las áreas, por otro lado). Tener datos concretos y fiables sobre este asunto es crucial para la toma de decisiones en las universidades, especialmente cuando el aumento de créditos en una materia implica, necesariamente, la disminución en otras.

## 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. Unos cuestionarios muy similares usan los Eurobarómetros (Special Eurobarometer 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 el conocimiento científico declarativo 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.

## Metodo

### Diseño del estudio

Para abordar los objetivos el conocimiento científico fue articulado en dos componentes: a) conocimiento del contenido, de naturaleza conceptual, y; b) conocimiento procedimental, asociado a los procesos intelectuales implicados en la ciencia. Se definieron las siguientes variables dependientes:

- (a) Conocimiento conceptual sobre ciencias a nivel de educación primaria.
- (b) Conocimiento sobre procesos científicos básicos.

En lo posible se procuró que cada componente no interfiriera en la evaluación del otro (no fuera requisito o condición para el otro). Para ello, se eligieron con cuidado los instrumentos para su evaluación (ver más adelante).

Se siguió un diseño *ex-post facto* factorial mixto, de carácter sincrónico, con un factor entre-sujetos, denominado “Fase” o Momento de la formación en ciencias durante el Grado, con dos niveles: inmediatamente antes/ inmediatamente después de toda la formación obligatoria en ciencias o en didáctica de las ciencias, dentro del Grado.

De un modo complementario, se analizaron los resultados asociados con diferentes “Bloques conceptuales” o “Categorías procedimentales” específicas del conocimiento a estudiar (factores intra-sujetos). A partir de los documentos oficiales analizados, en el conocimiento conceptual se



diferenciaron 4 bloques de contenidos: I) el entorno y su conservación<sup>1</sup>; II) diversidad de los seres vivos; III) salud y desarrollo personal; y IV) materia y energía. En el conocimiento procedimental se diferenciaron 5 categorías de procesos básicos: I) identificar y controlar variables; II) establecer hipótesis; III) definir operacionalmente; IV) interpretar gráficas y datos; y V) diseñar experimentos.

Para responder las preguntas de investigación secundarias se consideró otros factores entre-sujetos: “Titulación de Acceso al Grado” (Bachillerato y Grado o Licenciatura universitaria vs. ciclo formativo Superior de Formación Profesional); rama o “Especialidad de los estudios anteriores al Grado”, diferenciando únicamente Ciencias experimentales del resto; “Carga lectiva” de ciencias y didáctica de las ciencias obligatoria en el Grado.

En relación con la carga lectiva obligatoria en ciencias experimentales, las tres universidades públicas que imparten el Grado en Maestro/a de Educación Primaria en la Comunidad Valenciana, 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

---

<sup>(1)</sup> 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 (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.

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.

## 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 oficiales<sup>2</sup>. 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.

El muestreo se realizó en las 3 facultades de las universidades públicas de la Comunidad Valenciana consideradas.

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

TABLA I. 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%

Fuente: elaboración propia

<sup>(2)</sup> 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-clase. 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 del área 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.

Los porcentajes de alumnos presentes en los grupos de aula en cada universidad donde se tomaron los datos (alumnos presentes/alumnos matriculados en el grupo) fueron: 88% (Alicante), 91% (Castellón) y 97% (Valencia). 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 (cada instrumento consta de 30 ítems de 4 opciones), sólo se obtuvo datos bien sobre conceptos, o bien sobre procedimientos de cada estudiante. En cada grupo los cuestionarios de conceptos y de procedimientos fueron repartidos al azar entre los estudiantes.

**TABLA II.** Distribución de las muestras

	Fase I (antes de formación)				Fase 2 (después de formación)			
	Especialidad estudios previos				Especialidad estudios previos			
Titulación Acceso	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

Fuente: Elaboración propia

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

## Instrumentos

La medida del conocimiento de contenido 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 (Fórmula nº 20 de Kurder-Richardson;  $KR-20=,7$ ) dada la gran variabilidad en su contenido.

La característica importante de este instrumento es que permite evaluar todas las áreas científicas del currículum de Educación Primaria en España y 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 (ver sección Diseño del Estudio). Las correlaciones de Pearson entre todos los pares de bloques fueron significativas ( $,25 < r < ,34$ ;  $p < ,001$ ).

El conocimiento procedimental de los y las estudiantes se analizó mediante un cuestionario de fácil administración ya validado (Monde-Mónica, 2005), formado por 30 ítems de elección múltiple que no favorecen ninguna disciplina específica en el estudio de las ciencias. Los ítems no requieren conocimiento conceptual para contestarlos. La puntuación global en el instrumento también se obtiene por la suma de las puntuaciones en cada uno de los ítems, asignando 0/1 a las respuestas correctas/ incorrectas. Los ítems se agrupan en 5 categorías (ver Diseño del Estudio). Las distintas categorías, a excepción de “diseñar experimentos”, correlacionaron también de forma significativa entre sí ( $,28 < r < ,30$ ;  $p < ,001$  para todos los pares). “Diseñar experimentos” sólo apareció algo relacionado con “definir operacionalmente” ( $r = ,10$ ;  $p = ,028$ ).

El instrumento en su conjunto alcanzó también fiabilidad suficiente en nuestra muestra ( $KR-20 = ,7$ ).

En ambos instrumentos, y debido probablemente al escaso número de ítems implicados, ni en la puntuación de cada bloque conceptual por separado (entre 6 y 9 ítems), ni en la de cada categoría procedimental por separado (entre 3 y 8 ítems) se alcanzó consistencia interna suficiente ( $KR-20 < ,6$ ). Por tanto, las puntuaciones de cada bloque y las de cada categoría procedimental son sólo orientadoras del dominio de los participantes en cada temática o procedimiento particular. Los resultados y conclusiones que se deriven de dichas puntuaciones parciales tendrán fiabilidad limitada, todavía no suficientemente contrastadas y necesitadas de posteriores repeticiones. Sin embargo, los resultados y análisis asociados con puntuaciones globales de los instrumentos (colapsando bloques de contenido o categorías de procedimientos) sí tendrán fiabilidad suficiente.

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

El Anexo muestra ejemplos de ítems de ambos instrumentos.

## Procedimiento

Tras obtener los permisos oportunos en cada una de las Facultades implicadas, el primer autor acudió personalmente a cada grupo intacto para solicitar la participación voluntaria y, en su caso, obtener los datos de alumnos en situación inmediatamente antes de comenzar su formación en ciencias y tras finalizarla. En cada universidad, la toma de datos se realizó el mismo día para todos los participantes. No se tomaron datos en otros momentos intermedios de la formación en ciencias.

La toma de datos se realizó durante el horario de clases ordinarias situadas en la primera o segunda sesión de cada turno (mañana o tarde). Al comienzo se informó a los estudiantes del objetivo del estudio y sus fines puramente académicos, se explicó lo que se pedía de ellos y se solicitó explícitamente su participación voluntaria. El tiempo típico empleado en la toma de datos en cada grupo de clase fue de 40 minutos, con un máximo de casi 50 minutos (evaluación de procesos de la ciencia).

Los datos recogidos fueron ordenados con Excel y tratados estadísticamente con el programa SPSS v.22. El estadístico ANOVA fue usado en los contrastes asociados con los factores y sus combinaciones.

En un análisis complementario se utilizó el estadístico t-Student de grupos emparejados en la comparación antes/después de la formación de las puntuaciones de cada bloque de contenidos y cada categoría procedimental.

El nivel crítico de la significación para el rechazo de la hipótesis nula fue siempre  $p=,05$ .

## Resultados

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

TABLA III. 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. Procedimental	
	Fase I	Fase 2	Fase I	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)

Fuente: elaboración propia

## Evolución del Conocimiento Conceptual básico de Ciencias

En la Tabla III anterior se observa que el incremento global de la puntuación de conocimiento conceptual pasó de 0,50 a 0,60 en la muestra sobre un máximo de 1 punto. Ello implica que se obtuvo un incremento relativo, sobre el máximo posible, dado por:

$$\frac{(0,60 - 0,50)}{(1 - 0,50)} = 0,20$$

Es decir, se incrementó la puntuación sólo un 20% de lo que podría (teóricamente e idealmente) haberse incrementado.

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 que el aumento durante el Grado fue significativo y con un tamaño medio-alto del efecto ( $F(1, 557)=71,388$ ;  $p<,001$ ;  $\eta^2=,114$ ), lo cual añade significado al valor obtenido para el aumento relativo del 20% en la puntuación global.

Como información complementaria, la interacción “Fase X Bloque conceptual” no fue significativa ( $F(3, 555)= 1,958$ ;  $p>,10$ ), de modo que, con las reservas necesarias por la falta de fiabilidad en los promedios de cada bloque, el incremento de conocimiento fue estadísticamente similar en los diferentes bloques conceptuales.

## 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 III. El cambio en la puntuación global observado en este estudio fue de sólo 0,03 puntos (con puntuaciones máximas de 1 punto). El cambio relativo puede cuantificarse como sigue:

$$\frac{(0,68 - 0,65)}{(1 - 0,65)} = 0,086$$

Es decir, el cambio relativo fue cercano al 9% del total que podría (teóricamente; idealmente) haberse obtenido. 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, debido a que las mejoras antes/después fueron sistemáticas en la muestra ( $F(1, 592)=9,091$ ;  $p=,03$ ;  $\eta^2=,015$ ). Sin embargo, este efecto tuvo un tamaño del efecto muy pequeño, en coherencia con los valores pequeños de las mejoras observadas.

Un análisis multivariante complementario se realizó tomando como factor entre-sujetos la Fase y como factor intra-sujetos las cinco Categorías de procesos elementales de la ciencia. En este estudio de fiabilidad restringida, la interacción “Fase” X “Categoría” no fue significativa (Lambda Wilks:  $F(4, 589)=2,021$ ;  $p>,05$ ) lo que sugiere que todas las categorías procedimentales mostraron una mejora prácticamente equivalente en la comparación antes/después.

## **Efectos de la Especialidad de los estudios anteriores al Grado de Magisterio**

Antes de iniciarse la formación en ciencias, el promedio global en conocimiento conceptual mostró una dependencia significativa de la especialidad o rama de los estudios pre-grado, comparando Ciencias experimentales con el Resto ( $F(1,283)=18,960$ ;  $p<,001$ ;  $h^2=,063$ ) y con un tamaño del efecto medio-bajo.

Lo mismo sucedió con el conocimiento procedimental antes de la formación ( $F(1, 306)= 4,343$ ;  $p=,038$ ;  $\eta^2=,014$ ).

Al acabar la formación obligatoria en ciencias en el Grado, las diferencias en ambos tipos de conocimiento se mantuvieron significativas, tanto para conocimiento conceptual ( $F(1, 268)=22,950$ ;  $p<,001$ ;  $\eta^2=,079$ ) como procedimental ( $F(1, 284)=9,073$ ;  $p=,003$ ;  $h^2=,031$ ).

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 debidas a la especialidad de los estudios pre-Grado antes de la formación se mantuvieron tras la formación obligatoria en el Grado de Maestro de Primaria.



## **Efectos de la Titulación de acceso al Grado de Maestro de Primaria**

Se realizaron sendos ANOVA para las puntuaciones en conocimiento conceptual y procedimental en relación con el factor Titulación de acceso al Grado. 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.

## **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, y también en el modo en que se distribuyen en asignaturas, entre la Universidad de Valencia y las otras dos, Castellón y Alicante. En ambas fases de la formación los promedios fueron superiores en la universidad de Valencia que en las otras universidades conjuntamente Castellón y Alicante. Sin embargo, la interacción entre la Fase y la distinta carga en los currículos no fue significativa, ni para conocimiento conceptual, ni para el procedimental ( $p > ,10$  en ambos casos). Por tanto, el cambio antes/después de la formación fue similar con independencia de que la carga lectiva fuera mayor en Valencia y menor en Castellón y Alicante.

## **Discusión y Conclusiones**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar si los maestros en formación inicial en la Comunidad Valenciana están alfabetizados científicamente como para alfabetizar a su vez a quienes deben educar. Para ello, se atendió a los niveles de conocimiento 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. 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, para los que se utilizaron instrumentos previamente validados (Verdugo-Perona, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016; Monde-Mónica, 2005).

Los resultados indican que los futuros/as maestros/as de educación primaria acceden al Grado con unos conocimientos conceptuales de nivel general bajo si se tiene en cuenta que la evaluación se realizó sobre contenidos de ciencia básica, típicos de los currículos de Primaria (no de Bachiller ni de Universidad). Los promedios aumentaron significativamente tras la formación en el Grado pero los tamaños del efecto fueron medio en el conocimiento conceptual, o muy pequeño en el conocimiento procedimental.

El presente trabajo no permite conocer las razones del pequeño tamaño de la mejora en el caso del conocimiento procedimental, pero uno de los factores que debería tenerse en cuenta para futuros estudios podría ser la tradicional escasa relación de los estudiantes con el trabajo indagatorio durante el Grado de Maestro de Primaria, como también sucede en otros contextos (Vilches y Gil-Pérez, 2007; Abd-El-Khalick et al, 2004).

El conocimiento conceptual mostrado por los participantes arrojó promedios bajos, si se tiene en cuenta que la evaluación se realizó sobre contenidos de ciencia básica, típicos de los currículos de Primaria. El nivel promedio aumentó significativamente tras la formación obligatoria en el Grado, con un tamaño del efecto medio.

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, Solaz-Portolés y Sanjosé, 2016) implica mayor cantidad de conceptos que el empleado en FECYT. También es cierto que esa mayor dificultad es coherente con la formación que parece exigible a un futuro maestro de primaria. Los maestros en formación mostraron un nivel de dominio procedimental 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 (Monde-Mónica, 2005), lo cual permite mayor profundidad y fiabilidad en la evaluación.

El análisis de los resultados por bloques o categorías de contenidos permiten identificar aquellos con peores resultados y que requieren de especial atención. En cuanto a contenidos procedimentales, la categoría V (“Diseño de experimentos”) no solo ha obtenido los peores resultados, sino que las competencias de los estudiantes en esta categoría prácticamente no mejoran durante el Grado. Este resultado puede explicarse, primero, por la dificultad en adquirir competencias de este cariz, propias de investigadores y no de maestros, y, segundo, quizás porque durante el Grado no se tienen muchas oportunidades de trabajar el diseño de experimentos, que es una tarea que demanda mucho tiempo. A pesar de que desde hace décadas se viene proponiendo el uso de metodologías basadas en la indagación para la enseñanza de las ciencias (Osborne y Dillon, 2008), aún no hay mucho tratamiento de las competencias necesarias para ello en maestros en formación (Tierno, Gavidia y Tuzón, 2018; Haefner y Zembal-Saul, 2004). Por supuesto, debemos pensar que los profesores universitarios atienden problemas urgentes con sus estudiantes, como la escasa preparación conceptual específica, que obstaculizan un aprendizaje didáctico que vaya más allá de lo superficial. En nuestro estudio, los participantes mostraron un conocimiento conceptual básico en ciencias claramente mejorable, y con resultados especialmente bajos en el bloque III (“Salud e higiene personal”), al que tradicionalmente se destinan una gran cantidad de recursos que, al parecer, no están dando los resultados deseados. Se realizaron análisis complementarios de algunos factores que podrían

matizar los resultados generales obtenidos. El tipo de titulación de acceso al Grado de Magisterio (Bachillerato y otras Licenciaturas, frente al resto de opciones Módulos Formativos, Acceso Mayores, etc.) no produjo discriminación alguna en los resultados obtenidos, ni en conocimiento conceptual ni en procedimental. Esto indica que tanto quienes acceden desde los Módulos Formativos como quienes lo hacen por acceso de mayores, muestran niveles de conocimiento similares al alumnado que procede del Bachillerato.

Las diferencias estriban en la especialidad de los estudios, y no tanto en el tipo de estudios. En efecto, los alumnos con una formación pregrado especializada en ciencias experimentales iniciaron los estudios de Magisterio con un nivel de conocimientos significativamente mejor que el resto, 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 al finalizar la formación. Este efecto beneficioso del conocimiento previo es bien conocido y ha sido replicado en numerosos estudios educativos (Braasch y Goldman, 2010; Irrazabal, 2010) Por lo visto es necesario prestar una especial atención en el Grado a las personas con menor conocimiento previo en ciencias, y tratar de mejorar su motivación, esfuerzo, atención y goce hacia las ciencias.

Finalmente, en la universidad que oferta mayor número de créditos en la formación obligatoria de ciencias experimentales (la de Valencia), se mostró mayor nivel de dominio conceptual y procedimental que en las otras universidades estudiadas, tanto antes como tras la formación en el Grado. El mayor número de créditos no supuso un aumento mayor del conocimiento respecto de las otras dos universidades, en especial comparando con la de Alicante. Obviamente, el número de créditos ofertados y cursados durante el Grado no parece un factor suficiente para explicar el aprendizaje de los estudiantes. La metodología del profesorado, el modo en que gestionan sus recursos y el mayor o menor énfasis puesto en determinados contenidos (conceptuales, procedimentales o didácticos) son, seguramente, factores clave que no han sido contemplados en este estudio evaluativo.

Un factor que podría colaborar a una mayor eficiencia instruccional en Alicante respecto de Valencia es el hecho de que en aquella facultad los conocimientos disciplinares se imparten conjuntamente con los conocimientos didácticos. Sin duda “ponerse en el lugar del profesor

para explicar” provoca en los estudiantes un fenómeno metacognitivo, lo que mejora el conocimiento disciplinar. Este fenómeno ha sido puesto de relieve en varios estudios (Dignath y Büttner, 2008).

## Limitaciones del estudio

El presente estudio, aunque de suficiente validez externa y fiabilidad en cuanto a los resultados generales, 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 procedimental. 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 si las situaciones presentadas a los participantes implicasen también conceptos científicos.

En segundo lugar, los instrumentos empleados sólo garantizan fiabilidad suficiente en los promedios generales, pero no garantizan fiabilidad en las puntuaciones referidas a cada bloque conceptual o a cada categoría procedimental de la ciencia. Por tanto, y como se ha explicitado en su momento, las evaluaciones que se pretenda realizar de cada uno de esos bloques o categorías deben tomarse como meras aproximaciones u orientaciones. Hay que esperar a obtener suficientes replicaciones para aumentar esa fiabilidad, o utilizar instrumentos más específicos (por ejemplo, con mayor número de ítems bien cohesionados) para cada bloque conceptual o cada categoría procedimental.

En tercer lugar, queda pendiente la evaluación y análisis en esta misma población del conocimiento sobre Naturaleza de la Ciencia, que ha merecido mucha atención (Fernández, Gil, Carrascosa y Cachapuz, 2002; Irez, 2006; Guisasola y Morentin, 2007; Acevedo-Díaz, 2008).

También sería de interés evaluar el conocimiento didáctico en ciencias experimentales (Blanco, Mellado y Ruiz, 1995; Loughran, Mulhall y 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. DOI:10.1002/sce.10118
- 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 de: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.html>.
- 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.
- 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.
- Braasch, J. L. y Goldman, S. R. (2010). The role of prior knowledge in learning from analogies in science texts. *Discourse Processes*, 47(6), 447-479. DOI:10.1080/01638530903420960

- Bransford, J., Brown, A. y Cocking, R. (Eds.). (1999). How people learn. Washington, DC: National Academy Press.
- Brossard, D. y Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? *Science Communication*, 28(1), 47-63. DOI:10.1177/1075547006291345
- Dignath, C. y Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and Learning*, 3(3), 231-264. DOI:10.1007/s11409-008-9029-x
- Cantón, I., Cañón, R. y Arías, A. R. (2013). La formación universitaria de los maestros de Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1), 45-63.
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en Primaria. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 24, 46-56.
- Cañal, P. (2008). ¿Cómo orientar la formación inicial del profesorado de primaria en didáctica de las ciencias experimentales? En M. R. Jiménez Liso (Ed.). *Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 256-263). Almería: Ed. Univ. Almería.
- Criado, A. M. y García-Carmona, A. (2011). Las experiencias prácticas para el conocimiento del medio (natural y tecnológico) en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 74, 73-88.
- 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 de: [http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014\\_6347.pdf](http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014_6347.pdf).
- FECYT (2015). Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España. Madrid. Recuperado de: <http://www.fecyt.es/es/publicacion/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2014>.
- 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.
- García Barros, S., Bugallo, Á. y Fuentes, M. J. (2013). Los objetivos de las ciencias en primaria y las necesidades formativas, vistas por los maestros en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1460-1466.

- García Barros, S., Martínez Losada, C., Vega, P. y Mondelo, M. (2000). Propuesta de intervención para la formación inicial del profesorado de Educación Primaria en Ciencias Experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 38, 153-165.
- García-Ruiz, M. y Sánchez, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las Ciencias Naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos*, 114, 61-89.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Glaser, R. (1995). Application and theory: Learning theory and the design of learning environments. Paper presented at the 23rd International Congress of Applied Psychology, July 17-22, 1994, Madrid, Spain.
- Gómez, P. y Gutiérrez-Gutiérrez, A. (2014). Conocimiento matemático y conocimiento didáctico del futuro profesor español de primaria. Resultados del estudio TEDS-M. En M. T. González, M. Codes, D. Arnau y T. Ortega (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVIII* (pp. 99-114). Salamanca: SEIEM.
- 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.
- Haefner, L. A., y Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674. DOI:10.1080/0950069042000230709
- Harlen, W. y Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105. DOI:10.1080/0950069970190107
- 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
- Irez, S. (2006). Are we prepared? An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143. DOI:10.1002/sce.20156
- Irrazabal, N. (2010). La comprensión de textos expositivos en estudiantes universitarios: la función del conocimiento previo. *Revista de Psicología*, 12, 7-21.



- Jarvis, T. y Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26 (14), 1787-1811. DOI:10.1080/0950069042000243763
- Jurišević, M., Glažar, S. A., Pučko, C. R. y Devetak, I. (2008). Intrinsic Motivation of Pre-service Primary School Teachers for Learning Chemistry in Relation to their Academic Achievement. *International Journal of Science Education*, 30(1), 87-107.
- Kang, NH. (2007). Elementary teachers' teaching for conceptual understanding: learning from action research. *Journal of Science Teacher Education*, 18(4), 469-495. DOI: 10.1007/s10972-007-9050-y.
- Krugar, C., Summers, M. y Palacio, D. (1990) A survey of primary school teachers' conceptions of force and motion. *Educational Research*, 32(2), 83-95. DOI:10.1080/0013188900320201
- 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. DOI:10.1088/0963-6625/5/4/003
- Lloyd, J. K., Smith, R. G., Fay, C. L., Khang, G. N., Wah, L. L. K. y Sai, C. L. (1998). Subject knowledge for science teaching at primary level: a comparison of pre-service teachers in England and Singapore. *International Journal of Science Education*, 20(5), 521-532. DOI:10.1080/0950069980200502
- 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. DOI:10.1080/09500690802187009
- Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M. R. y López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-166. DOI:10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2015.v12.i1.10
- Mellado Jiménez, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- 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.

- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7(3), 203-223. DOI:10.1088/0963-6625/7/3/001
- 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 de: <http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/24239/dissertation.pdf?sequence=1>
- Murphy, C. y Smith, G. (2012). The impact of a curriculum course on pre-service primary teachers' science content knowledge and attitudes towards teaching science. *Irish Educational Studies*, 31(1), 77-95. DOI:10.1080/03323315.2011.634061
- 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). Recuperado 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. DOI:10.1080/09500690802186993
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation
- Papageorgiou, G., Stamovlasis, D. y Johnson, P. M. (2010). Primary Teachers' Particle Ideas and Explanations of Physical Phenomena: Effect of an in-service training course. *International Journal of Science Education*, 32(5), 629-652. DOI:10.1080/09500690902738016
- Pérez de Landazábal, M.C., Benegas, J., Cabrera, J.S., Espejo, R., Macías, A., Otero, J., Seballos, S. y Zavala, G. (2010). Comprensión de conceptos básicos de la Física por alumnos que acceden a la universidad en España e Iberoamérica: limitaciones y propuestas de mejora *Latin American Journal of Physics Education*, 4 (3), 655-668. Recuperado de: <http://www.lajpe.org>.
- Porlán, R.; Martín del Pozo, R.; Rivero, A.; Harres, J.; Azcárate, P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- Rivero, A., Hamed, S., Martín del Pozo R., Solís, E. Fernández, J., Porlán R., Rodríguez, F., Solís, C., Azcárate, P. y Ezquerro, Á. (2013). La formación

- inicial de maestros de primaria: qué hacer y cómo en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 3045-3050.
- 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 de: [https://www.researchgate.net/profile/Chun\\_Yen\\_Chang/publication/247156553\\_Are\\_you\\_SLiM\\_Developing\\_an\\_instrument\\_for\\_civic\\_scientific\\_literacy\\_measurement\\_SLiM\\_based\\_on\\_media\\_coverage/links/545972bd0cf2bccc4912bcee/Are-you-SLiM-Developing-an-instrument-for-civic-scientific-literacy-measurement-SLiM-based-on-media-coverage.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chun_Yen_Chang/publication/247156553_Are_you_SLiM_Developing_an_instrument_for_civic_scientific_literacy_measurement_SLiM_based_on_media_coverage/links/545972bd0cf2bccc4912bcee/Are-you-SLiM-Developing-an-instrument-for-civic-scientific-literacy-measurement-SLiM-based-on-media-coverage.pdf)
- Sáenz Castro, C. (2007). La competencia matemática (en el sentido de PISA) de los futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 355-366.
- Special Eurobarometer 43 (1990). Les Européens, la Science et la Technologie. Commission of the European Communities. Paris. Recuperado de: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/1988/yearTo/1990/surveyKy/101>].
- Special Eurobarometer 224 (2005). Europeans, Science and Technology. Commission of the European Communities. Brussels. Recuperado de: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/2004/yearTo/2007/surveyKy/447/p/3>].
- Special Eurobarometer 76 (1993). Europeans, Science and Technology. Commission of the European Communities. Brussels. Recuperado de: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/1991/yearTo/1993/surveyKy/131>]
- Summers, M. y Krugar, C. (1992). Research into English primary teachers' understanding of the concept of energy. *Evaluation and Research in Education*, 6, 95-111. DOI:10.1080/09500799209533321
- Tierno, S., Gavidia, V. y Tuzón, P. (2018). Radiografía de la enseñanza de las ciencias en las Facultades de Magisterio de España. Manuscrito en preparación.
- 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.

**Dirección de contacto:** José Javier Verdugo Perona. Florida Universitaria, Unidad de Educación. Carrer del Rei en Jaume I, 2, 46470 Catarroja, València. E-mail: javiverpe@gmail.com

## Anexo

### Instrumento usado para evaluar el conocimiento conceptual básico en ciencias

Los contenidos considerados son: Traslación; Galaxia; Fotosíntesis; Alveolos pulmonares; Uretra; Refracción; Ciclo lunar; Chimenea volcánica; Sépalos; Riñones; Sistema nervioso central; Energía renovable; Clima; Animales invertebrados; Vasos liberianos; Glóbulos rojos; Hígado; Cambios químicos; Mineral; Órganos; Virus; Cigoto; Glúcidos; Tono; Anemómetro; Función biológica de las flores; Células vegetales y animales; Intestino delgado; Filtración; Mezcla de colores

Algunos ítems:

PREGUNTAS	OPCIONES DE RESPUESTA
¿Qué nombre recibe el movimiento que la Tierra realiza alrededor del Sol?	a) Rotación b) Precesión c) Traslación* d) Circunferencia
¿Qué parte de un volcán es la chimenea volcánica?	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
¿Qué nombre reciben las hojas que forman el cáliz de una flor?	a) Sépalos* b) Estambres c) Pétalos d) Corola
¿Qué componente de la sangre se encarga de transportar el oxígeno?	a) Plasma b) Plaquetas c) Glóbulos blancos d) Glóbulos rojos*
¿Cómo se conoce al cambio de dirección que se produce en un rayo luminoso al pasar de un medio material a otro?	a) Reflexión b) Difracción c) Atenuación d) Refracción*

¿Qué clase de cambios causan las modificaciones en la composición de la materia?

- a) Los cambios físicos
- b) Los cambios químicos\*
- c) Los cambios biológicos
- d) Ninguno de ellos, la materia no varía

## Instrumento empleado para evaluar el conocimiento sobre procesos de la ciencia

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>

Algunos ítems:

PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA
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 <b>NO</b> afecta a la producción de espuma del jabón en polvo?	<ul style="list-style-type: none"><li>a) La cantidad de tiempo usado para agitar el agua</li><li>b) La cantidad de agitación realizada</li><li>c) El tipo de cuenco utilizado*</li><li>d) El tipo de jabón en polvo utilizado</li></ul>
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?	<ul style="list-style-type: none"><li>a) Los campos que reciben más agua tienen el césped más largo*</li><li>b) Los campos que tienen el césped más corto son más adecuados para jugar al fútbol</li><li>c) Cuantas más piedras hay en el campo, más difícil es cortar el césped</li><li>d) Los campos que absorben más dióxido de carbono tienen el césped más largo</li></ul>

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?

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?

- 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\*
- 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\*

# Assessment of pre-service teachers' Science knowledge: the case of Valencian Community in Spain

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

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2019-383-404

José Javier Verdugo-Perona

*Florida Universitaria*

Joan Josep Solaz-Portolés

Vicente Sanjosé

*Universitat de València*

### Abstract

Scientific literacy is one of the main objectives in compulsory education, but this literacy can hardly be achieved if primary teachers have a low level of scientific knowledge (Appleton, 2003). In Spain, some studies suggest that primary education teachers show deficiencies in their scientific training (Cañal, 2000 y 2008, Porlán, 2010). For this reason, an assessment of pre-service elementary school teachers' knowledge on basic science is developed with enough external validity (sampling error about 5%). The scope of the study is the Valencian Community in Spain. Conceptual and procedural knowledge are assessed independently before as well as after the science subjects in the specific Degree of pre-service teacher training at University. Prior studies and their branch are taken into account in some descriptions and analyses. The possible effects of the more or less classroom hours devoted to science by the three public universities in the considered Region, are also studied. Results show significant improvements in the levels of conceptual and procedural knowledge along the Degree, but of little effect size. Outcomes suggest that some teachers' educational needs are not yet sufficiently met at the considered universities.

*Key words:* Science Education; Science Concepts; Science Processes skills; Preservice teachers, Assessment.



## Resumen

La alfabetización científica es en uno de los objetivos principales de la educación obligatoria, pero difícilmente se puede conseguir esta alfabetización si los profesores de enseñanza primaria tienen un pobre conocimiento científico (Appleton, 2003). Algunos estudios sugieren que, en España, el profesorado de educación primaria presenta carencias en su formación científica (Cañal, 2000 y 2008; Porlán, 2010). Por este motivo, 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, aunque de pequeño tamaño, en el conocimiento analizado. También evidencian necesidades formativas no suficientemente bien atendidas en el Grado universitario.

*Palabras clave:* Enseñanza de las ciencias; conceptos científicos; procesos de la ciencia; maestros/as en formación; evaluación.

## Introduction

Scientific literacy has become in one of the main goals in compulsory education. In fact, this concept is mentioned in the last reforms of the educational laws. One of the aims of Scientific Literacy is developing citizens' critical thinking (Acevedo, 2004) especially concerning decisions to be made on daily life socio-political issues involving basic scientific knowledge (Gil & Vilches, 2006). The National Research Council (NRC) in USA defines Scientific Literacy (SL onwards) as "...the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity" (NRC, 1996, p. 22). NRC suggests Inquiry as the best instructional approach to achieve these goals. In good agreement, Hurd (1998) has conceived SL 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).

The basis for an appropriate citizen education should be established in Primary Education (Lloyd, Smith, Fay, Khang, Wah & Sai, 1998), an important period to increase people's SL. However, poor teachers' scientific knowledge (Appleton, 2003) and then, a teachers' inefficient pedagogical content knowledge in sciences have been found as main causes of low levels of SL in citizens (Kang, 2007). In fact some conceptual errors, similar to the ones in their students, have been found in different samples of Primary teachers (Krugar, Summers & Palacio, 1990; Harlen & Holroyd, 1997; Papageorgiou, Stamovlasis & Johnson, 2010; Summers & Krugar, 1992). Probably, ineffective pre- and in-service teacher education programmes are in the origin of these problems, causing teachers' insecurity and lack of confidence when teaching children (Jarvis & Pell, 2004; García-Ruiz & Sánchez, 2006; Murphy & Smith, 2012). Other possible consequences of this poor teaching are children's negative attitudes towards science (Harlen & Holroyd, 1997; Jurievi, Glaar, Puko & Devetak, 2008).

Hence, there is some evidence suggesting that improving citizens' SL requires a deep revision of the teacher education programmes, in particular those of elementary pre-service teachers. One of the focuses of the revision should be to ensure higher enough levels of domain in elementary sciences.

In the Spanish context the lack of such domain in a variety of scientific subjects has been pointed out by Cañal (2000; 2008) and Porlán (2010). These authors highlighted the impossibility of constructing the appropriate Pedagogical Content Knowledge necessary to manage successful processes of learning and teaching in the classroom.

Despite the importance of the lack of scientific domain, most studies involving pre- and in-service Spanish teachers focused mainly on their epistemic conceptions on how Science is elaborated and validated, i.e. on the so-called Nature of Science (Guisasola & Morentin, 2007; Martínez-Chico, Jiménez-Liso & López-Gay, 2015; Mellado, 1996), on some educational approaches in teacher education (Criado & García-Carmona, 2011; García Barros, Martínez-Losada, Vega & Mondelo, 2000; Rivero, Hamed, Martín del Pozo, Solís, et al., 2013), or on the effects of teachers' self-assessment of their personal experience in pre-service education (Cantón, Cañón & Arías, 2013; García-Barros, Bugallo & Fuentes, 2013). Up to our knowledge there are no recent studies to assess teachers' elementary science knowledge, although this has been done with their

mathematical knowledge (Gómez & Gutiérrez-Gutiérrez, 2014; Sáenz-Castro, 2007).

Due to the lack of recent data, it seems interesting to conduct an empirical study aimed at evaluating Spanish pre-service elementary teachers' education in basic science, as it is done at the university. In-service assessment will be done later.

## Goals

Therefore, the main goal of the present study is to evaluate the conceptual and procedural levels of basic science in pre-service teachers, before and after receiving the science education included in the university degrees. We focused our study on the Valencian Community as a relevant example of Spanish political and cultural lands, with a great population in Spanish terms. We aimed at achieving high external reliability in this study, providing suggestions to make suitable changes in present pre-service teachers' science education programmes.

Related to this main goal is the intention of obtaining detailed information about the level of efficacy of the nowadays science education offered in the Valencian public university degrees in teacher education. Obtaining some suggestions on how to significantly increase the lowest initial levels of science domain along the degree will be good. This implies taking into account some factors which could influence the initial and final levels of science domain. In the present study we considered the prior degree with which the student enters to the pre-service teacher training university degree (baccalaureate, vocational or professional training, another university degree), and the academic branch or specialization in his/him pre-university education (science & technology vs social sciences & humanities). Glaser (1995; see also Bransford, Brown & Cocking, 1999) pointed on some relevant findings in educational research on how improve the design and structure of learning environments. One of the particular findings is that students' previous knowledge and intuition are an important source of cognitive skills, which may conduce to new learning. Therefore, the student prior knowledge should be taken into account.

Some previous research found poor results and hardly dependent on the students' pre-university degree (Pérez de Landazábal, Benegas,

Cabrera, et al., 2010). However, this research involved students in the experimental science branch only. In the present study the participants show heterogeneity in their degrees as well as in their academic branches in the pre-university education.

In addition to the previous education, the total amount of classroom hours offered in the degree programmes could also be a factor influencing the final levels of science domain achieved. In Spain there is some degree of freedom for the universities to determine the total amount of classroom hours in different subjects, in particular those of science and science education for teachers. In that way different universities can adjust their programmes to particular goals or needs. More classroom hours devoted to science in the degree, would cause a significant improvement in pre-service teachers' science knowledge? Having reliable and current data on the answer could help authorities at the universities to make difficult decisions, as the increasing the hours of one subject diminishes the hours of others.

## The assessment of the basic science knowledge

The present work takes the Miller's proposal of three dimensions for SL (1989): (1) Understanding of the processes and methods Science uses to test its models to explain reality; (2) basic vocabulary to properly name science and technology concepts; (2) some comprehension of the impact Science has or can have on nowadays society. The two first dimensions refer to the knowledge about Science (understanding and applications) and the third one implies the use of the science knowledge in social scenarios in a responsible way.

Some instruments have been designed based on these previous dimensions. For instance, Lauksch and Spargo (1996) developed the Basic Scientific Literacy Test made of 472 true/false items, covering 240 important ideas in science and attitudes towards science. This test is based on the Science for all Americans report (AAAS, 1989). Other instruments based on these dimensions have been used in different studies promoted and conducted by high quality institutions, as the National Science Foundation (NSF) in the US. In a long way international study on adult citizens' basic scientific culture (i.e. SL), a questionnaire made of 9 items was used to assess the factual knowledge in sciences (NSB, 2014). The

level of understanding of science processes was assessed by means of two questions on probability, and another additional open question on the meaning of an experimental scientific work. Similar questionnaires were used in the Eurobarometers (Special Eurobarometer 43, 76, 224) for assessing the factual science knowledge in Europe. In these studies, the level of comprehension of science processes were assessed with three questions about the experimental method, the role and use of control groups, and the concept of probability. In Spain, the Fundación para la Ciencia y la Tecnología (the Science and Technology Foundation; FECYT) took the European model as a reference to conduct their studies. After some changes made after initial studies, in 2014 the declarative science knowledge was evaluated using true/false items, and the science processes were evaluated with a single item on the role of a control group in a clinical study (FECYT, 2015).

Brossard and Shanahan (2006) focused on the second Miller's dimension, the understanding of science and technology terms and concepts, to elaborate their instrument. A total of 31 fill-in-the-blank items were validated. In each item, the definition of a particular concept is given, and the blank has to be filled-in with the correct term for this concept. The 31 concepts were extracted from the most frequent ones appearing in Mass Media. The authors compared the results obtained using this instrument to the ones obtained using the NSF questionnaire to assess SL. When age, gender and level of science education were controlled, the resulting correlation was considered high enough. In a similar vein, Rundgren, Rundgren, Tseng, Lin and Chang (2010) designed the instrument SLiM to assess SL. This questionnaire is made of 50 multiple option items. The most frequent science concepts in textbooks and newspapers in Taiwan were selected. SLiM showed good reliability with Taiwanese students from 7<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> grades.

The above studies and the instruments they used inspired the present work conducted in the Spanish context and focalised on pre-service Primary teachers (and not on the general adult population). Up to our knowledge, there is not any high reliability study of this type in recent times.

## Method

### Design

To achieve our goals, the basic conceptual knowledge was split into two components: (a) knowledge about the science content, of conceptual nature; (b) procedural knowledge, associated to the mental processes implied in building and validating Science. We defined the following dependent variables:

- 1) Science Conceptual knowledge at the level of primary school
- 2) Science Basic Procedural knowledge

We tried the two components not to interfere each other, so the knowledge about science knowledge was not a pre-requisite to procedural knowledge, or the other way round. Therefore, the instruments to assess both components were carefully selected (see below).

A factorial synchronic *ex-post facto* design was conducted, with a between-subjects factor, the Phase of the study with two levels: before/after receiving the compulsory education in science subjects in the university degree in pre-service teacher training.

Complementary, we also considered the possible effects related to other factors as the specific “conceptual blocks” or the “processual categories” which can be differentiated in the science knowledge, as within-subject factors. The Spanish educational legislation mentioned 4 conceptual blocks to be addressed in primary science: I) the Environment and its Preservation<sup>1</sup>; II) the Diversity of Life; III) Health and personal development; IV) Matter and Energy. Related to the basic processual knowledge, we considered 5 different categories: I) Identifying and Controlling Variables; II) Formulating Hypotheses; III) Operational definitions; IV) Interpreting Graphs and Data, V) Experimental Design.

In order to achieve our specific goals, we considered other between-subject factors: “prior degree used to access the pre-service teacher

---

<sup>(1)</sup> The science content included in “the Environment and its Preservation” was first included in the academic matter “the Knowledge about the Environment”, but nowadays it is included in the content block “the World where we all Live” in the matter “Social Sciences”, according to the legal Norm: Decreto 108/2014 (DOGV 7311/07.07.2014) for the Primary Education curriculum in the Valencian Community. As it is a content of social and experimental nature as well, we decided to maintain the block in the present study.

training degree”: Baccalaureate & other University degrees versus Other degrees); “prior academic branch of specialization”: Science & Technology versus Other specialities; “Compulsory curricular load in sciences” in the pre-service teacher training degree.

The three public universities in the Spanish Valencian Community offering the pre-service teacher training degree are: the University of Valencia, the University of Alicante and the University “Jaume I” in Castellón. However, at the moment of this study, the University of Valencia offered 180 classroom hours in science subjects versus the 120 classroom hours offered in universities of Alicante and Castellon. In addition, the distribution of these classroom hours was also different. At the University of Jaume I students had to pursue two compulsory science matters: Physics and Chemistry Education (60 hours; 2nd year) and Natural Sciences Education (60 hours; 2nd year). The University of Alicante also offered two compulsory science matters to their students: Teaching and learning Science I and II (both having 60 hours; in the first and the second half of the 2nd year). As the University of Valencia concerns, students had to pursue three different matters: Science for Teachers (90 hours; second year); Science Education I: Matter, Energy and Machines (45 hours, third year); Science Education II: Environment, Biodiversity and Health (45 hours; four year). In this last university, Science for Teachers was devoted to basic science content whereas the two Science Education matters focused on developing teaching skills. This division between disciplinary and teaching education in science did not appear in the other two universities, Alicante or Jaume I (Castellón).

## Sample

The populations considered were composed by all students in the pre-service Primary teacher training at the public universities in the Valencian Community (Spain). In particular, the populations in the present study were the subsets of students in the grades whereby the matters related to science initiate (Phase I: previous studying the first compulsory science matter at the degree) and ends (Phase II: just after the last compulsory science matter was pursued). The population sizes were computed from

the data given by the different universities in their official webs<sup>2</sup>. As a result, a total amount of 1210 male and female students made the target population in Phase 1. As the three public universities informed that their dropout rates were about 10 percent, the population in Phase 2 was estimated to be made of 1100 male and female students.

Sampling was made in the different pre-service teacher training faculties at the three public universities in the Valencian Community.

Table I shows the resulting samples associated to the two measures obtained in the present study (basic science conceptual knowledge / procedural knowledge) as well as the sampling error at the 95% confidence level.

TABLE I. Population, simple and sampling error in Phases I and II.

Phase of the study	Population (N)	Concepts		Procedures	
		Sample	Sampling Error	Sample	Sampling Error
1 (before)	1210	289	5,0%	308	5,2%
2 (after)	1100	270	4,8%	286	5,0%

Source: authors' elaboration

The classroom group, and not the single student, was considered to be the sampling unit. At each university and in each involved grade the participant groups were selected and individual and voluntary information was requested in ordinary classroom sessions of science subjects.

The classroom groups of informants were not strictly selected at random, but the procedure contained the random factor associated to the day/hour chose to obtain the data at each university.

Looking at the days and hours the science lessons were given at each university, we select one particular day/hour at random to go and obtain the data. Thus, although we did not follow a strictly random procedure to choose the classroom groups, there were an at random factor in the

<sup>(2)</sup> University of Alicante: <http://cvnet.cpd.ua.es/webcvnet/planestudio/planestudiond.aspx?plan=C254#tramites>  
 University Jaime I : <http://ujiapps.uji.es/estudis/oferta/base/graus/2015/mestre-primaria/accedir/oferta-procediment-admissio/>  
 University of Valencia: <http://www.uv.es/uvweb/universitat/ca/estudis-grau/grau-1285846094474/Titulacio.html?id=1285847460730>



selection, as each different groups of students received their science lessons in different days/hours.

Percentages of informants present in the selected classrooms (i.e present / total students in the group) were: 88 percent in Alicante, 91 percent in Castellon, and 97 percent in Valencia. The sampling ratio of the classroom groups was close of 50 percent in both Phases. However, due to the time the teachers gave us and the informants' fatigue (both instruments have 30 items with 4 options), every participant was only assessed in concept knowledge or in procedural knowledge. The instruments to assess concept knowledge and to assess procedural knowledge were both randomly distributed among the students in every classroom.

The sample distributions are shown in Table II.

TABLE II. Sample distributions according to the factors considered.

	Phase I (before)				Phase 2 (after)			
	Prior Specialization				Prior Specialization			
Accessing Degree	Sci&Tech		Other		Sci&Tech		Other	
Bacc & Univ	M:10	W:33	M:57	W:147	M:12	W:36	M:36	W:137
Prof. Training & Other	M: 0	W: 2	M: 7	W: 27	M: 1	W: 4	M:10	W: 30

Source: authors' elaboration

M: men; W: women. Experimental mortality N=10

## Instruments

The instrument used to obtain the participants' basic science conceptual knowledge was developed and validated by Verdugo-Perona, Solaz-Portolés and Sanjosé (2016) for Spanish pre-service Primary teachers. A shortening, improvement and adaptation process was followed. First, items having extreme scores (more than 0,85 or less than 0,15 out of 1), or those having low discrimination indexes (less than 0,2) were taken off. The resulting 30 items questionnaire was reliable enough given the great variability in the concepts included (Kuder-Richardson's 20<sup>th</sup> formula; KR= ,7).

Three important features of this instrument are: a) the conceptual blocks considered in the Spanish curriculum for Primary Education are well represented; b) answering any of the items only requires having conceptual knowledge but not another type of knowledge; c) Only one concept is involved in each item. The second feature implied that memory is necessary to give the correct answer, but the 4 answer options minimize the influence of student's memory.

A 0/1 scoring is used for wrong/ correct answer in each item. Wrong options are not penalized and then, the total scoring is obtained by adding the individual item scores (max= 30 points).

Items in the questionnaire belong to the four content blocks and were elaborated after a deep study of the official normative documents and the analysis of the most popular and best sold textbooks (see the Design sub-section). The Pearson' correlations between pairs of content blocks were all significant ( $.25 < r < .34$ ;  $p < .001$ ).

The students' procedural knowledge was obtained using a different instrument elaborated and validated by Monde-Monica (2005) and of ease administration. This questionnaire is made of 30 multiple option items and it has two important features: a) the questionnaire is not biased towards any particular science (physics, biology, etc.); b) the correct answer for any item can be given without any specific science conceptual knowledge. The global score is also obtained by adding the individual item scores (0/1). Each item is associated to one of the 5 categories considered for the procedural knowledge (see the Design sub-section). Despite the "Experimental Design" category, the other categories significantly correlated ( $.28 < r < .30$ ;  $p < .001$ ). "Experimental Design" only weakly correlated with "Operational definitions" ( $r = .10$ ;  $p = .028$ ).

Global reliability of this instrument was considered good enough as well (KR-20= .7).

In both instruments used the individual scores for each conceptual block (in the questionnaire assessing the science conceptual knowledge) or for each procedural category (in the questionnaire assessing the science procedural knowledge) did not reach good reliability (KR-20 < .6 in any case). This was probably due to the low amount of items involved in each block (6-9 items) or category (3-8 items). Hence the scores of single conceptual blocks or single procedural categories can only suggest trends about the students' knowledge in each one. Conclusions brought out from these scores will have limited reliability and they will need

further confirmation. However, the outcomes and analyses made from global scores of both instruments will have enough reliability.

In some analyses and in order to compare blocks or categories with different number of items, the scores were normalized to the 0-1 rank.

The Appendix shows some examples of items in both instruments.

## Procedure

After permissions obtained from the implied Education schools in each university, one of the authors (JJVP) went to every selected intact group and ask students voluntary participation. The same day the data about conceptual and procedural knowledge were obtained before and after the compulsory science education subjects were pursued. No other data were obtained in intermediate moments or phases in the science education process at the university degree.

Data collection took place in the first or second hour in the normal schedule of the classroom sessions in the morning or the evening shift. At the beginning students were informed about the main academic goals of the present study and their voluntary participation was requested. The typical time for completion in the case of the science concepts questionnaire was 40 min, and 50 min in the case of the science processes questionnaire.

Data collected were organized using Excel, and were processed for statistical analyses with SPSS v.22. ANOVA was used to evaluate the effects caused by single or joined factors on the dependent variables (the scores). As a complementary analysis, the paired-t test (Student's test) was also used for Phase1/ Phase2 comparisons.

The confidence level for rejecting the null hypothesis was  $p = ,05$  in any analysis.

## Results

Table III gives the main mean values and standard deviations (in brackets) of the scores obtained for the conceptual and also for the procedural science knowledge (both maximum values= 1).

**TABLE III.** Mean values (SD) for basic science conceptual and procedural knowledge, according to the factors considered.

Factors	Conceptual knowledge		Procedural knowledge	
	Phase I	Phase 2	Phase I	Phase 2
Global	0,50 (0,14)	0,60 (0,12)	0,65 (0,13)	0,68 (0,12)
Block/Category				
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)
Prior Speciality				
Experimental Science	0,58 (0,14)	0,67 (0,11)	0,69 (0,13)	0,72 (0,10)
Other fields	0,49 (0,14)	0,58 (0,12)	0,65 (0,13)	0,67 (0,13)
Prior degree				
Baccalaureate & other University degrees	0,50 (0,14)	0,60 (0,13)	0,65 (0,13)	0,69 (0,12)
Other Degrees	0,49 (0,14)	0,58 (0,12)	0,65 (0,14)	0,65 (0,13)
Curricular load				
Univ. Valencia	0,53 (0,15)	0,64 (0,11)	0,66 (0,13)	0,71 (0,10)
Univ. Castellón & Alicante	0,48 (0,14)	0,57 (0,13)	0,65 (0,13)	0,67 (0,13)

Source: authors' elaboration

## The evolution of the basic science conceptual knowledge

In Table III the global score for conceptual knowledge increasing from 0,50 in Phase 1 (before the science education in the degree) to 0,60 in Phase 2 (after the science education in the degree) of the study. This implies a relative gain (out the maximum possible) of:

$$\frac{(0,60 - 0,50)}{(1 - 0,50)} = 0,20$$

If the maximum possible (ideal) improvement was 0,50, the obtained improvement was only the 20 percent of this quantity (0,10 is 20 percent of 0,50).

ANOVA for the global score taking the Phase (1/2) of the study as the within-subjects factor, showed this increasing was significant with a medium-to-high effect size ( $F(1,557)= 71,388$ ;  $p < ,001$ ;  $\eta^2 = ,114$ ). This is an additional meaning to the 20 percent of relative gain.

As a complementary information, the Phase X Block was not significant (Wilks' Lambda:  $F(3,555)= 1,958$ ;  $p > ,10$ ). Keeping in mind that the average score for each of the concept blocks was not reliable enough, this result suggested that the increases in the conceptual knowledge of the different concept blocks were statistically similar.

### The evolution of the basic science procedural knowledge

The different types of procedural skills considered also showed changes in their mean scores from Phase 1 to Phase 2. The global change was only of 0,03 points (from 0,65 to 0,68) meaning a relative gain of:

$$\frac{(0,68 - 0,65)}{(1 - 0,65)} = 0,086$$

Therefore, the relative gain was near 9% of the maximum, ideal gain (0,35 points).

ANOVA computed for the global average score with the Phase (1/2) as the within-subjects factor showed that this change was also significant due to the systematic gains in the sample, although the effect size was very small ( $F(1,592)= 9,0091$ ;  $p = ,03$ ;  $\eta^2 = 0,015$ ).

A complementary multivariate analysis with the Phase and the procedural Category as the factors showed a non-significant Phase X Category interaction, (Wilks' Lambda:  $F(4,589)= 2,021$ ;  $p > ,05$ ). With the caution due to the lack of reliability of the average scores for each procedural category, this result suggested that the changes observed in the different procedural categories were similar (and very small) in statistical terms.

## Effects due to the academic Branch previous to the pre-service teacher training

Before receiving the science subjects at the degree (Phase 1), the science conceptual knowledge showed a significant dependence from the speciality or branch of the previous studies (Science& Technology/ Other), as ANOVA confirmed ( $F(1,283)= 18,960$ ;  $p<,001$ ;  $\eta^2= 0,63$ ) with a medium-small effect size.

The same happened with the science processual knowledge before the science subjects pursued at the university degree ( $F(1,306)= 4,343$ ;  $p= ,038$ ;  $h^2= 0,014$ ) although the effect size was clearly small.

When all the compulsory science subjects were carried out (Phase 2), the differences caused by the prior specialization in both types of science knowledge were still significant for the conceptual knowledge ( $F(1,268)= 22,950$ ;  $p<,001$ ;  $\eta^2= 0,079$ ) as also for the procedural one ( $F(1,284)= 9,073$ ;  $p= ,003$ ;  $\eta^2= 0,031$ ).

The Phase X Prior Speciality was not significant for both types of science knowledge ( $F<1$ ). Hence, the observed "Science-Other" differences in Phase 1 were of similar magnitude than the observed in Phase 2, after all the compulsory science subjects were pursued in the pre-service teacher training at the university.

## Effects due to the prior degree

The corresponding ANOVA for the average scores in science conceptual and procedural knowledge were computed taking the type of prior degree as a between-subjects factor. We considered Baccalaureate & other University degrees *versus* Other degrees. There were not significant differences between these two types of prior degrees in Phase 1 or in Phase 2 ( $p> ,10$  in both cases). And neither was for the Phase X Prior Degree interaction ( $p> ,10$ ). Globally speaking, the knowledge of students entering in the teacher training degree from Baccalaureate or other university degree was similar to the improvement of students entering from professional training degrees or other possibilities.

## Effects due to the different amount of classroom hours for science subjects

As mentioned before, there are differences among the three considered universities in the total amount of classroom hours devoted to compulsory science subjects. In the university of Valencia, the curricular load in science subjects is greater than in the other two (Jaume I in Castellon, and University of Alicante). The distribution of these hours is different too. In both Phases of the study the average science knowledge scores were higher in the university of Valencia than in the other two universities together. However, the gain between Phase 1 and Phase 2 was of similar magnitude in statistical terms. In fact, the Phase X Curricular load in science (Valencia vs. Castellon & Alicante) was not significant neither for the conceptual knowledge nor for the procedural knowledge ( $p > .10$  in both cases).

## Discussion and Conclusions

The goal of this study was to assess whether pre-service primary school teachers in the Valencian Community were scientifically literate enough to make literate to their pupils. For that purpose, this study considered the level of basic scientific knowledge that undergraduates in pre-service teacher education degree from the Valencian Community present before and after they coursed the compulsory science education subjects. Results in this Community do not have to be identical to those in other Spanish communities, but they may provide us an indication about the level of scientific literacy in Spanish pre-service primary teachers. In the present study the sampling error was about  $\pm 5$  percent (at the 95 percent of confidence level), quite similar to the study conducted by FECYT (2015) for the Valencian Community ( $\pm 5,03$  percent). Two of the Miller's (1998) scientific literacy dimensions were taken into account to assess SL: knowledge in basic scientific concepts and the understanding of scientific processes. These two dimensions were assessed using validated instruments (Verdugo-Perona, Solaz-Portolés & Sanjosé, 2016; Monde-Monica, 2005).

Results showed that most future primary teachers accessed to the degree with poor conceptual knowledge, considering that the assessment was made only on basic science content commonly found in Primary

school textbooks (neither secondary school nor university). The score averages increased significantly after the science training received at University but effects size were medium in conceptual knowledge and very small in procedural knowledge.

This work does not let us know the reasons why this improvement in procedural knowledge is so small. Even so, one of the factors that it should be borne in mind for future studies could be the traditional lack of students' work based on inquiry learning throughout the pre-service training degree, as it has been found in other contexts as well (Vilches & Gil-Pérez, 2007; Abd-El-Khalick et al, 2004).

The conceptual knowledge showed by participants yielded low averages, considering that the evaluation was about basic science contents, which are typical in Primary School Syllabus. The average increased significantly after mandatory training in the degree programme, with a medium effect size.

In the current study, the levels of conceptual knowledge were similar to those obtained in previous general studies (Eurobarometer 224). However, they are considerably lower than the ones obtained in the study conducted by FECYT (2015). The differences may be due to the level of difficulty of the questions used in both studies. On one hand, FECYT uses items made up of complete ideas that participants must "recognise" as true or false. In our research participants must discriminate the correct option among other three distractors belonging to the same conceptual field. On the other hand, the questionnaire used in this article (Verdugo-Perona, Solaz-Portolés & Sanjosé, 2016) involves a larger number of concepts than the one used by FECYT. However, this greater difficulty is coherent with the target population of the instrument used: future primary teachers.

Trainee teachers also showed a higher level of science procedural domain compared to the one showed by general population in FECYT's study. This latest study is based on one only fundamental and general item ("To understand the importance of comparing experimental groups with control groups"). Unlike this study, and according to the more specific features of our participants (university students, trainee teachers), the present study used a validated questionnaire covering a variety of situations (Monde-Monica, 2005), which allowed a deep and reliable assessment.



The analysis of the results by content blocks or by procedural categories enabled the identification of those with poorer outcomes, thus requiring special attention. As regards the science procedures, category V (“Experimental Design”) obtained the lower scores, and the students’ competence in this category hardly improved in the degree. This result could be explained, first because of the difficulty in acquiring competences of this type, inherent to researchers and not to teachers; and second, perhaps because during the degree programme they did not have many opportunities of working on experimental designs, that it is a time-consuming task. Despite the fact that the use of inquiry-based methodologies for teaching science has been proposed for decades (Osborne y Dillon, 2008), the competences needed for this are not usually addressed in teacher training so far (Tierno, Gavidia y Tuzón, 2018; Haefner & Zembal-Saul, 2004). Of course, we should be aware of the urgent problems university teachers deal with, as their students’ poor conceptual knowledge for instance, that strongly limits students’ teaching education in science methods to shallow approaches. In the present study participants showed a basic conceptual knowledge that was clearly improvable, and an especially low score in block III (“Health and personal development”), traditionally receiving a large amount of resources that, do not produce the expected results.

Additional analyses were made involving some factors that could clarify the global results obtained. The type of prior degree used to access to the pre-service teacher training degree (baccalaureate and other university graduates, versus other options as vocational training degrees, special access for people over 25, 40, 45 y.o., etc.) did not significantly influence the results obtained in conceptual knowledge or in procedural knowledge. This suggests that students who access to the university from vocational training or access as mature students show a level of knowledge similar to students entering with a baccalaureate.

However, the prior speciality or academic branch caused significant differences in the scores. Indeed, students accessing from science & technology prior degrees initiated the pre-service teacher training degree with a significantly better knowledge than the other students, both in science concepts and science processes. These students took more profit from the science education received in the teacher training programme and achieved higher levels of science knowledge than the other students at the end of the training. This beneficial impact of the previous knowledge

is well known and has been replicated in multiple educational studies (Braasch & Goldman, 2010; Irrazabal, 2010). This means that particular attention should be put on students entering the teacher training degree with the lower levels of science knowledge, trying to help them improve their motivation, effort, attention and enjoyment of science.

Finally, in the university of Valencia, the one with the highest number of classroom hours devoted to compulsory science subjects, students showed higher conceptual and procedural domain than students in the other two public universities considered here. This happened before and also after the science subjects were pursued in the different university degree programmes. However, the greatest amount of hours did not cause a greater gain in knowledge. This was especially true when comparing the universities of Valencia and Alicante. Obviously, the amount of classroom hours offered in the degree do not seem enough to explain students' learning. Teachers' instructional methodology, the way they manage their resources and the more or the less emphasis they place on some contents (conceptual, procedural or educational contents) are probably key factors as well, and they have not been addressed in the present evaluative study.

A factor that could contribute to explain the greater instructional efficiency of the university of Alicante compared to the university of Valencia is of instructional nature: in the university of Alicante students learn disciplinary science knowledge together with pedagogical science knowledge. Instead, students in Valencia course science content and science teaching in different matters. Placing the students in the role of teachers might cause a metacognitive effect, improving disciplinary science knowledge. This phenomenon has been raised in many studies (Dignath & Büttner, 2008).

## Limitations of the study

Although it has enough external validity and reliability in terms of general results, this study includes some features defining its limitations.

First, the two considered components of scientific knowledge, conceptual and procedural knowledge, were independently assessed. While this may be technically important to conclude about those components separately, there is no doubt that scientific knowledge and

its daily life application are based on concepts and processes together, necessary to describe, understand or predict natural phenomena. The fact that the instrument for assessing the conceptual knowledge involved the student's memory could have some influence the low average obtained, even at the end of the training programme. Similarly, the instrument used to assess the knowledge of science processes does not involve specific conceptual knowledge, so the results obtained could be different if scientific concepts were included in the situations presented to the participants in the items.

Second, the instruments used here only ensure enough reliability in the global scores, but not in the particular scores of each scientific concept block or procedural category. Thus, as explained before, the results assessing each block or category should be considered as mere guidelines. Reliability could be only increased after sufficient replications or using more specific instruments for specific conceptual blocks or procedural categories (e.g. with largest number of well-cohered items).

Third, the assessment of the students' knowledge about the nature of science is still pending in this same population. This type of knowledge has received considerable attention (Fernández, Gil, Carrascosa & Cachapuz, 2002; Irez, 2006; Guisasola & Morentin, 2007; Acevedo-Díaz, 2008). It would be also interesting to assess pre-service teachers' pedagogical content knowledge in science (Blanco, Mellado & Ruiz, 1995; Loughran, Mulhall & Berry, 2008; Nilsson, 2008). Both types of knowledge are important to the future development of the citizens' scientific literacy.

The last remarkable limitation is the choice of a synchronous study, instead of a diachronic cross-sectional one, which would diminish the variance error by using the same informants throughout the research.

## References

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Tuan, H. L. (2004). Inquiry in Science Education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. DOI:10.1002/sce.10118

- 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*. Retrieved from: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>.
- 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.
- Blanco, L. J., Mellado, V. & Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en Ciencias Experimentales y Matemáticas y Formación de Profesores. *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- Braasch, J. L. & Goldman, S. R. (2010). The role of prior knowledge in learning from analogies in science texts. *Discourse Processes*, 47(6), 447-479. DOI:10.1080/01638530903420960
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (Eds.). (1999). How people learn. Washington, DC: National Academy Press.
- Brossard, D. & Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? *Science Communication*, 28(1), 47-63. DOI:10.1177/1075547006291345
- Dignath, C. & Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and Learning*, 3(3), 231-264. DOI:10.1007/s11409-008-9029-x
- Cantón, I., Cañón, R. & Arías, A. R. (2013). La formación universitaria de los maestros de Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1), 45-63.
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en Primaria. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 24, 46-56.
- Cañal, P. (2008). ¿Cómo orientar la formación inicial del profesorado de primaria en didáctica de las ciencias experimentales? En M. R. Jiménez Liso (Ed.). *Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 256-263). Almería: Ed. Univ. Almería.

- Criado, A. M. & García-Carmona, A. (2011). Las experiencias prácticas para el conocimiento del medio (natural y tecnológico) en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 74, 73-88.
- 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. Retrieved from: [http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014\\_6347.pdf](http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014_6347.pdf).
- FECYT (2015). Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España. Madrid. Retrieved from: <http://www.fecyt.es/es/publicacion/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2014>.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J. & Cachapuz, A. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 477-488.
- García Barros, S., Bugallo, Á. & Fuentes, M. J. (2013). Los objetivos de las ciencias en primaria y las necesidades formativas, vistas por los maestros en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, special number, 1460-1466.
- García Barros, S., Martínez Losada, C., Vega, P. & Mondelo, M. (2000). Propuesta de intervención para la formación inicial del profesorado de Educación Primaria en Ciencias Experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 38, 153-165.
- García-Ruiz, M. & Sánchez, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las Ciencias Naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos*, 114, 61-89.
- Gil, D. & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Glaser, R. (1995). Application and theory: Learning theory and the design of learning environments. Paper presented at the 23rd International Congress of Applied Psychology, July 17-22, 1994, Madrid, Spain.
- Gómez, P. & Gutiérrez-Gutiérrez, A. (2014). Conocimiento matemático y conocimiento didáctico del futuro profesor español de primaria. Resultados del estudio TEDS-M. In M. T. González, M. Codes, D. Arnau & T. Ortega (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVIII* (pp. 99-114). Salamanca: SEIEM.

- 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.
- Haefner, L. A. & Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674. DOI:10.1080/0950069042000230709
- Harlen, W. & Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105. DOI:10.1080/0950069970190107
- 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
- Irez, S. (2006). Are we prepared? An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143. DOI:10.1002/sce.20156
- Irrazabal, N. (2010). La comprensión de textos expositivos en estudiantes universitarios: la función del conocimiento previo. *Revista de Psicología*, 12, 7-21.
- Jarvis, T. & Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26 (14), 1787-1811. DOI:10.1080/0950069042000243763
- Jurišević, M., Glažar, S. A., Pučko, C. R. & Devetak, I. (2008). Intrinsic Motivation of Pre-service Primary School Teachers for Learning Chemistry in Relation to their Academic Achievement. *International Journal of Science Education*, 30(1), 87-107.
- Kang, NH. (2007). Elementary teachers' teaching for conceptual understanding: learning from action research. *Journal of Science Teacher Education*, 18(4), 469-495. DOI: 10.1007/s10972-007-9050-y.
- Krugar, C., Summers, M. & Palacio, D. (1990) A survey of primary school teachers' conceptions of force and motion. *Educational Research*, 32(2), 83-95. DOI:10.1080/0013188900320201
- 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

- Lloyd, J. K., Smith, R. G., Fay, C. L., Khang, G. N., Wah, L. L. K. & Sai, C. L. (1998). Subject knowledge for science teaching at primary level: a comparison of pre-service teachers in England and Singapore. *International Journal of Science Education*, 20(5), 521-532. DOI:10.1080/0950069980200502
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320. DOI:10.1080/09500690802187009
- Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M. R. & López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-166. DOI:10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2015.v12.i1.10
- Mellado Jiménez, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- 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.
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7(3), 203-223. DOI:10.1088/0963-6625/7/3/001
- Monde-Monica, K.M. (2005). Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training learners. Master Thesis. University of Pretoria, South Africa. Retrieved from: <http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/24239/dissertation.pdf?sequence=1>
- Murphy, C. & Smith, G. (2012). The impact of a curriculum course on pre-service primary teachers' science content knowledge and attitudes towards teaching science. *Irish Educational Studies*, 31(1), 77-95. DOI:10.1080/03323315.2011.634061
- National Research Council. (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press. Retrieved from: <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* (7.20-7.23). Arlington VA: National Science Foundation (NSB-14-01).

- Retrieved from: <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. DOI:10.1080/09500690802186993
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation
- Papageorgiou, G., Stamovlasis, D. & Johnson, P. M. (2010). Primary Teachers' Particle Ideas and Explanations of Physical Phenomena: Effect of an in-service training course. *International Journal of Science Education*, 32(5), 629-652. DOI:10.1080/09500690902738016
- Pérez de Landazábal, M.C., Benegas, J., Cabrera, J.S., Espejo, R., Macías, A., Otero, J., Seballos, S. & Zavala, G. (2010). Comprensión de conceptos básicos de la Física por alumnos que acceden a la universidad en España e Iberoamérica: limitaciones y propuestas de mejora *Latin American Journal of Physics Education*, 4 (3), 655-668. Retrieved from: <http://www.lajpe.org>.
- Porlán, R.; Martín del Pozo, R.; Rivero, A.; Harres, J.; Azcárate, P. & Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- Rivero, A., Hamed, S., Martín del Pozo R., Solís, E. Fernández, J., Porlán R., Rodríguez, F., Solís, C., Azcárate, P. & Ezquerro, Á. (2013). La formación inicial de maestros de primaria: qué hacer y cómo en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 3045-3050.
- 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 from: [https://www.researchgate.net/profile/Chun\\_Yen\\_Chang/publication/247156553\\_Are\\_you\\_SLiM\\_Developing\\_an\\_instrument\\_for\\_civic\\_scientific\\_literacy\\_measurement\\_SLiM\\_based\\_on\\_media\\_coverage/links/545972bd0cf2bccc4912bcee/Are-you-SLiM-Developing-an-instrument-for-civic-scientific-literacy-measurement-SLiM-based-on-media-coverage.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chun_Yen_Chang/publication/247156553_Are_you_SLiM_Developing_an_instrument_for_civic_scientific_literacy_measurement_SLiM_based_on_media_coverage/links/545972bd0cf2bccc4912bcee/Are-you-SLiM-Developing-an-instrument-for-civic-scientific-literacy-measurement-SLiM-based-on-media-coverage.pdf)
- Sáenz Castro, C. (2007). La competencia matemática (en el sentido de PISA) de los futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 355-366.



- Special Eurobarometer 43 (1990). Les Européens, la Science et la Technologie. Commission of the European Communities. Paris. Retrieved from: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/1988/yearTo/1990/surveyKy/101>].
- Special Eurobarometer 224 (2005). Europeans, Science and Technology. Commission of the European Communities. Brussels. Retrieved from: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/2004/yearTo/2007/surveyKy/447/p/3>].
- Special Eurobarometer 76 (1993). Europeans, Science and Technology. Commission of the European Communities. Brussels. Retrieved from: <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/yearFrom/1991/yearTo/1993/surveyKy/131>]
- Summers, M. & Krugar, C. (1992). Research into English primary teachers' understanding of the concept of energy. *Evaluation and Research in Education*, 6, 95-111. DOI:10.1080/09500799209533321
- Tierno, S., Gavidia, V. & Tuzón, P. (2018). Radiografía de la enseñanza de las ciencias en las Facultades de Magisterio de España. Manuscrito en preparación.
- 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.
- Vilches, A. & 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.

**Contact address:** José Javier Verdugo Perona. Florida Universitaria, Unidad de Educación. Carrer del Rei en Jaume I, 2, 46470 Catarroja, València. E-mail: javiverpe@gmail.com

## Annex

### Instrument to assess basic scientific conceptual knowledge

The contents considered are: Revolution; Galaxy; Photosynthesis; Pulmonary alveolus; Urethra; Refraction; Lunar cycle; Volcano's conduit; Sepals; Kidneys; Central nervous system; Renewable energy; Climate; Invertebrate animals; Phloem; Red cells; Liver; Chemical changes; Minerals; Organs; Virus; Zygote; Carbohydrates; Pitch; Anemometer; Flowers' vital function; Plant and animal cells; Small intestine; Filtration; Mixed colours

Some of the items are:

QUESTIONS	ANSWER OPTIONS
What is the movement of the Earth around the Sun called?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rotation</li> <li>b) Precession</li> <li>c) Revolution*</li> <li>d) Circumference</li> </ul>
What part of a volcano is the conduit?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Underground pool where magma resides temporary</li> <li>b) Orifice connecting volcano to the exterior</li> <li>c) Pipe by which magma flows up*</li> <li>d) Rocks and solid material formed when lava gets cold</li> </ul>
What is the name given to the leaves that form the calyx of a flower?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sepals*</li> <li>b) Stamens</li> <li>c) Petals</li> <li>d) Corolla</li> </ul>
Which blood component has the function of carrying oxygen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Plasma</li> <li>b) Platelets</li> <li>c) White cells</li> <li>d) Red cells*</li> </ul>
What is the bending of light rays called when they pass from a fast medium to a slower one?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Reflexion</li> <li>b) Diffraction</li> <li>c) Attenuation</li> <li>d) Refraction*</li> </ul>
What kinds of changes modify the composition of matter?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Physical changes</li> <li>b) Chemical changes*</li> <li>c) Biological changes</li> <li>d) None. Matter does not change</li> </ul>

## Instrument used to assess science process skills knowledge

The entire instrument is available at the following Web address:  
<http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/24239/dissertation.pdf?sequence=1>

Some items are:

QUESTION	ANSWER OPTIONS
<p>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.</p> <p>Which of the factors below is NOT likely to affect the production of foam by powdered soap?</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>a) The amount of time used to stir the water.</li><li>b) The amount of stirring done.</li><li>c) The type of basin used*</li><li>d) The type of powered soap used</li></ul>
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>a) The fields that receive more water have longer grass*</li><li>b) Fields that have shorter grass are more suitable for playing football</li><li>c) The more stones there are in the field, the more difficult it is to cut the grass.</li><li>d) The fields that absorb more carbon dioxide have longer grass.</li></ul>
<p>A learner wanted to know whether an increase in the amount of vitamins given to children results in increased growth. How can the learner measure how fast the children will grow?</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>a) By counting the number of words the children can say at a given age.</li><li>b) By weighing the amount of vitamins given to the children</li><li>c) By measuring the movements of the children</li><li>d) By weighing the children every week*</li></ul>

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?

- 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\*

