



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Alfabetización científica en la escuela: propuesta de una nueva metodología

Nº PROYECTO: 2016-1-ES01-KA201-025282

Scientific literacy at the school: improving
strategies and building new practices of science
teaching in early years education (SciLit)



«El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no constituye un respaldo a los contenidos, que son de responsabilidad exclusiva de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en el mismo».

El entusiasmo de leer las primeras historias, encontrar los primeros amigos y hacer nuestros primeros descubrimientos como verdaderos científicos será parte de nuestros recuerdos, que permanecerán junto al nombre de nuestros primeros amigos y de nuestro primer maestro.



Socios del proyecto SciLit.

ISBN: 978-84-09-03196-2

Alfabetización científica en la escuela: mejorando estrategias y construyendo nuevas prácticas para la enseñanza de la ciencia en las primeras etapas de la educación

Título original del proyecto:

Scientific literacy at the school: improving strategies and building new practices of science teaching in early years education (SciLit)

ISBN: 978-84-09-04172-5

Alfabetización científica en la escuela: propuesta de una nueva metodología

Título original:

Scientific literacy at school: a proposal of a new methodology

<http://www.csicenlaescuela.csic.es/scilit/scilit.html>

Coordinadora General del Proyecto Alfabetización Científica en la Escuela (Scientific Literacy at the school)

(Proyecto nº: 2016-1-ES01-KA201-025282)

M.ª JOSÉ GÓMEZ DÍAZ (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)

Socio coordinador:

El CSIC en la Escuela (CSIC)

España

José M.ª López Sancho

M.ª José Gómez Díaz

Salomé Cejudo Rodríguez

María Ruiz del Árbol Moro

Esteban Moreno Gómez

M.ª Carmen Refolio Refolio

Pilar López Sancho

Irene Cuesta Mayor

Martín Martínez Ripoll

Socios participantes:

CPR Gijón-Oriente

Gijón, España

Juan José Lera González

Jorge Antuña Rodríguez

KPCEN

Bydgoszcz, Polonia

Justyna Adamska

Krystyna Karpińska

Mariola Cyganek

Grażyna Szczepańczyk

Jan Szczepańczyk

CESIE

Palermo, Italia

Ruta Grigaliūnaitė

Rita Quisillo

Escuela Infantil “Zilvitis”

Kėdainiai, Lituania

Regina Jasinskiene

Ina Gustienė

Gitana Juodienė

Agnė Milašienė

Colegio Público San Francisco

Pamplona, España

Victoria López Gimeno

Escuela Infantil “Asunduse Lasteaed”

Tallin, Estonia

Siiri Kliss

Eneli Kajak

Kristel Kukk

Julia Bondar

Annela Ojaste

Escuela Infantil P34 “Mali Odkrywcy”

Bydgoszcz, Polonia

Ewa Tomasik

Beata Zawada

Anna Widajewicz

Barbara Krakowska

Con la colaboración de

Isabel Gómez Caridad

Alfredo Martínez Sanz

ÍNDICE

PAGE

INTRODUCCIÓN.....	9
PRIMERA PARTE:	
Un nuevo concepto de alfabetización científica.....	13
1.1. Percepción social de la ciencia en Europa: la alfabetización científica.....	15
– La era de la información.....	15
– La necesidad del conocimiento científico en la sociedad.....	16
– La ciencia y las humanidades.....	17
– La Tierra es plana.....	18
– Percepción social de la ciencia.....	19
1.2. El propósito de este proyecto: un cambio de mentalidad que considere la alfabetización científica como una misión de la escuela.....	20
– La alfabetización científica.....	20
– ¿Cómo se define la alfabetización científica en este proyecto?.....	21
– ¿Qué tipo de conocimiento tenemos que enseñar a nuestros estudiantes?.....	22
– ¿Cómo enseñamos la Naturaleza de la Ciencia (NOS) en el aula?.....	23
– Lo que los maestros deben saber.....	26
– La evaluación de la formación.....	28
– Un ingrediente importante en la alfabetización científica: el papel de los docentes.....	29
SEGUNDA PARTE:	
Estado del arte de la educación científica en la UE.....	31
2.1. Introducción.....	33
2.2. La educación científica en las escuelas infantiles y de educación primaria en la UE.....	33
– Marco legal.....	33
– Formación inicial del profesorado en la educación científica en la UE.....	34
– Formación continua del profesorado en la educación científica.....	35
2.3. La educación científica en Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia.....	36
2.4. Estructura de los planes de estudio en Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia.....	39

	PAGE
2.5. Formación del profesorado en Italia, España, Polonia, Lituania y Estonia.....	42
2.6. Participación de las mujeres en la educación científica en Italia, España, Lituania, Estonia y Polonia.....	45
2.7. Informe PISA.....	50
2.8. Conclusiones.....	52
TERCERA PARTE:	
Propuesta para la mejora de la educación científica en las primeras etapas.....	55
3.1. Panorama histórico.....	57
3.2. La Naturaleza de la Ciencia (NOS) en las primeras etapas de la educación: estudio del caso específico de Polonia.....	61
3.3. Propuesta metodológica: más allá de la NOS.....	68
– La aplicación de la metodología para el proyecto <i>De qué está hecho el mundo</i>	70
– Ejemplo de concreción metodológica: <i>Arqueología en el aula</i>	73
– La ciencia en el contexto del Patrimonio Cultural Europeo (European Heritage).....	76
CUARTA PARTE:	
Recomendaciones para la mejora del aprendizaje de la ciencia en las etapas tempranas de la educación.....	79

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

Este trabajo es el resultado de una estrecha colaboración entre los ocho socios de este proyecto, de cinco países europeos, con sus diferentes valores y culturas, métodos de trabajo, necesidades, etc. Esta pluralidad refuerza lo que une a científicos y maestros: el amor por el conocimiento, que ambos grupos crean, adquieren y transmiten en un espacio intelectual común que supera cualquier tipo de fronteras. Queremos agradecer a este equipo de profesores y científicos su perseverancia e interés en la innovación que han mostrado a lo largo de todo el proyecto, lo que se refleja en las actividades educativas de los maestros y las aplicaciones pedagógicas desarrolladas en sus escuelas.

Estructura del documento

El documento se ha estructurado en cuatro partes:

En la primera parte se presenta **Un nuevo concepto de alfabetización científica**, donde se tiene en cuenta el reto de las nuevas tecnologías y su influencia en la escuela. Tras esta reflexión se presenta nuestra propuesta de nuevo método didáctico utilizado en este proyecto.

En la segunda parte, **La competencia científica de los profesores en los países del proyecto**, se analizan los diferentes sistemas educativos de estos países en relación a la competencia

científica, presente tanto en la formación inicial de los educadores como a lo largo de la formación continua que reciben posteriormente. Este análisis nos permite reflexionar sobre las coincidencias y divergencias observadas en los países participantes y que es fundamental a la hora de diseñar las aplicaciones para el aula de la nueva metodología.

La tercera parte, **Una propuesta para mejorar el aprendizaje de las ciencias en las primeras etapas**, comienza con una introducción histórica de los métodos de enseñanza de la ciencia utilizados en el pasado cercano, así como la descripción de la nueva metodología con la que El CSIC en la Escuela ha preparado a los maestros durante muchos años. Esta propuesta se desarrolla en dos casos específicos: *De qué está hecho el mundo* y *Arqueología en el aula*. También se incluye un estudio sobre el contexto social ideal para la enseñanza de la ciencia, enmarcado en el patrimonio cultural europeo.

El cuarto punto, **Recomendaciones para mejorar el aprendizaje científico en etapas tempranas**, contiene el resultado del análisis final, así como algunas sugerencias y recomendaciones para la mejora de la enseñanza de la ciencia en la escuela, considerándola como un ingrediente fundamental de la Herencia Cultural Europea, común en los países de la Unión.

PRIMERA PARTE

**UN NUEVO CONCEPTO
DE ALFABETIZACIÓN
CIENTÍFICA**



1. UN NUEVO CONCEPTO DE ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

1.1. PERCEPCIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA EN EUROPA: LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

La era de la información

Una de las características de la sociedad actual es la facilidad de acceso a la información, aunque, desafortunadamente, ni su calidad didáctica ni su veracidad esté siempre garantizada. Estas características son importantes puesto que incluso personas instruidas presentan lo que podríamos llamar el prejuicio de la palabra escrita, que en esta era digital se presenta en forma de respeto intelectual ante los documentos disponibles en teléfonos, tabletas y computadoras. Este prestigio constituye una reliquia de los primeros años de educación (no muy lejanos), cuando el aprendizaje se realizaba mediante libros, cuya información estaba perfectamente controlada. Por esta razón, los maestros no tenían necesidad de desarrollar en los estudiantes un fuerte espíritu crítico, innecesario al utilizar libros de texto oficiales, pero esencial al navegar por Internet.

Hoy en día, como todo el mundo sabe, la situación de la escuela en relación a la información está cambiando rápidamente, debido a la disminución de la edad a la que los alumnos tienen

acceso a Internet. A pesar de que es necesario que los niños aprendan a navegar por la WEB, tanto para dominar esta herramienta como para buscar información útil, los alumnos se exponen a ideas y mensajes que van mucho más allá de su preparación. En este sentido creemos importante el estudio de Lederman y Lederman¹, que revela el efecto de la nueva credibilidad en relación a Internet y los efectos indeseables que pueden producir en la formación de los ciudadanos. De acuerdo con el artículo citado, el informe PEW² indica que no menos del 50% de los ciudadanos creen en el espiritismo, el 40% en la astrología, el 45% en fantasmas y el 30% en brujas.



Lo leí en Internet, ¿tiene que ser verdad!

Por estas razones, en nuestra sociedad de WEBS y redes sociales, el desarrollo del espíritu crítico es de suma importancia. Pero este espíritu crítico necesita una gran cantidad de conocimiento previo, bien fundamentado e impregnado de valores éticos, imposibles de adquirir de una manera autodidacta y menos aún con sólo navegar por Internet. Esto nos lleva a una situación que recuerda al *eterno y grácil bucle*

¹ Lederman, N.G. & Lederman, J.S., 2016. *Lo leí en Internet, ¿tiene que ser verdad!* USA: The Association for Science Teacher Education. 27:795. Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s10972-016-9488-x>>.

² Pew Research Center. [online] Disponible en: <<http://www.pewresearch.org/>>.

de Hofstadter³, del que tenemos que aprender a escapar, ya que ambos, Internet y redes sociales, han llegado a nuestras vidas para quedarse un largo tiempo.

La necesidad del conocimiento científico en la sociedad

Por otra parte, aunque puede parecer una contradicción, esta sociedad del conocimiento acepta que la información contenida en Internet ayuda al desarrollo de la ciencia y la tecnología y, por lo tanto, al desarrollo económico y al progreso social. Esta creencia eleva el interés de la población por el conocimiento científico que tiene a su alcance, aunque sus descripciones se entiendan sólo de manera superficial.

En lo referente a la terminología y para simplificar las cosas, en esta guía nos referiremos a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y los conocimientos matemáticos (STEM) con el nombre genérico de *ciencia*. Al nivel en el que nos movemos es muy difícil (e incluso inútil) intentar distinguir los efectos de estos cuatro ingredientes a lo largo de la historia del conocimiento científico; son tan importantes las interconexiones entre ellos que es imposible separarlos.

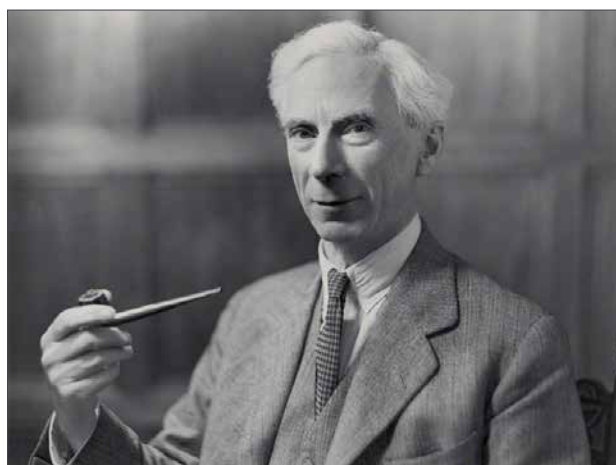
Una característica importante de las sociedades democráticas es la necesidad de que los ciudadanos posean los conocimientos científicos necesarios para discernir entre las diferentes opciones que la tecnología les ofrece, señalando sus preferencias por medio de sus votos. Energía nuclear, solar, eólica, geotérmica o combustibles fósiles; clonación animal;



El debate sobre la energía nuclear está siempre presente en la sociedad.

uso de transgénicos en la agricultura, etc., son ejemplos del tipo de cuestiones sobre las que los votantes deben manifestar su opinión.

A un nivel más elevado, los ciudadanos deben ser conscientes no sólo de las características de estas tecnologías, sino también de la *relación dinámica* entre ciencia y sociedad: las



Bertrand Russell, filósofo británico, matemático, lógico y escritor.

³ Hofstadter, Douglas R., 1987. *Gödel, Escher, Bach: un eterno y grácil bucle* (en la primera edición en español: *Gödel, Escher, Bach: una eterna trenza dorada*). New York, NY, USA ©1979: Basic Books, Inc.

tecnologías que decidan aplicar por medio de sus votos determinarán el tipo de sociedad que eligen para vivir; pero el tipo de sociedad elegida condiciona la cantidad de recursos que se destinarán al desarrollo de ciencia y tecnología. Por esta razón, es imperativo preparar a la ciudadanía para que disponga del conocimiento científico adecuado que les permita conocer y decidir entre las diferentes propuestas en los regímenes democráticos. En palabras de Bertrand Russell, mil veces citadas, la democracia es necesaria pero no suficiente. Esta capacidad de comprender la ciencia con la suficiente profundidad para formar una opinión propia recibió en los Estados Unidos, a mediados del siglo XX, el nombre de **alfabetización científica**. Este concepto, aunque nunca bien definido, a pesar de los varios intentos para conseguirlo⁴, se extendió rápidamente por todo el mundo occidental de manera que hoy es una expresión de uso universal. En este sentido propondremos, un poco más adelante, una nueva definición (más de acuerdo con la forma en la que los seres humanos aprenden), en torno a la cual se desarrollarán los tres productos intelectuales de este proyecto.

La ciencia y las humanidades

La comunicación intelectual entre el mundo de la ciencia y la sociedad, cuyos inicios hay que buscar en **los enciclopedistas** franceses, aumentó a mediados del siglo XIX bajo la iniciativa de los grandes científicos de la época. Estas actividades marcan el nacimiento de la divulgación científica o popularización de la ciencia.

Esta interacción de ambos mundos comenzó a declinar a principios del siglo XX, en el período entre las dos guerras mundiales, principalmente debido a la desaparición de los sabios universales característicos del siglo XIX, siendo sustituidos por los especialistas, con un campo de conocimiento más limitado y profundo, poco apropiado para atraer el interés del público. Esta situación cambió de nuevo a mediados de siglo con la introducción de la educación científica en la escuela y el resurgimiento del interés científico de la sociedad, como respuesta al Sputnik en 1957, en el comienzo de la Guerra Fría.



Carrera espacial durante la Guerra fría.

En ese momento los ciudadanos debían comprender la necesidad de comprometer inversiones importantes durante largos períodos para situarse y permanecer como primera potencia mundial a lo largo de la Guerra Fría, uno de cuyos frentes fue la carrera espacial. Simultáneamente a la divulgación científica surgió un movimiento intelectual puro, cuya finalidad era la integración de la ciencia en la *herencia cultural*.

⁴Holbrook, J., Rannikmae M., 2009. El significado de la cultura científica. *International Journal of Environmental & Science Education*, [online] Vol.4, N°3, pp. 275-288. Disponible en: <<https://www.pegem.net/dosyalar/dokuman/138340-20131231103513-6.pdf>>.

Unos pocos años después del lanzamiento del primer satélite, apareció lo que podríamos llamar el *manifiesto* de esta nueva corriente de pensamiento: la conferencia de C. P. Snow analizando el fenómeno de *Las dos culturas*⁵. La visión crítica de Snow dio como resultado la necesidad de integrar ciencias y humanidades en una sola cultura. Esta idea ha impregnado desde entonces la sociedad intelectual, hasta el punto de que en la actualidad es impensable explicar una situación histórica (o prehistórica) sin tener en cuenta el papel del conocimiento científico (es decir, las STEM) en ese momento.

Estas ideas se extendieron a otros países, de manera que, en la actualidad, la popularización de la ciencia en la Unión Europea es una de las prioridades políticas, tal como se refleja en el *Programa Horizonte 2020 (2014 a 2020)* y en la iniciativa de la Comisión Europea *Europa necesita más científicos*.

El objetivo de estas acciones es aumentar la competitividad europea, que se soporta en tres pilares: *ciencia excelente, liderazgo industrial y solución de los retos sociales*, tal como se contempla en el programa *Ciencia con y para la Sociedad (SWAFS)*⁶.

La Tierra es plana

Vivimos en un *mundo plano*⁷, gracias a la falta de fronteras y barreras en la comunicación. Por ello el impacto de cualquier aportación nueva al conocimiento científico se transmite inmediatamente, pudiendo modificar el escenario socio-

económico de cualquier país que no se encuentre preparado para adaptarse a nuevas tecnologías. Por esta razón, los estudiantes deben recibir una educación suficientemente amplia que les permita asimilar cualquier innovación técnica o de ingeniería que surja.

Los resultados derivados de la investigación y la tecnología en cualquier lugar en el extranjero pueden ser útiles para la sociedad europea, de acuerdo con los objetivos de la RRI (Investigación e Innovación Responsable). Para ello, investigadores, políticos, organizaciones, empresas, etc. deben trabajar juntos, promoviendo la comprensión ciudadana de la RRI, de manera que no nos quedemos atrás en la rápida evolución futura⁸.



Las vocaciones científicas deben promoverse desde las primeras etapas de la educación.

Otro de los objetivos se refiere a las carreras científicas y tecnológicas, que deben ser atractivas para los estudiantes (sin diferencias de género). Para ello se debe promover la interacción entre las escuelas, centros de investigación, empresas

⁵ Wikipedia. La enciclopedia libre. *Las dos culturas*. [online] Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/The_Two_Cultures>

⁶ Comisión Europea. *Horizonte 2020*. Disponible en: <<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>>.

⁷ Friedman, T. L., 2005. *The world is flat: A brief history of the twenty-first century*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

⁸ Comisión Europea. *Horizonte 2020*. Disponible en: <<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/science-and-society>>.

y otras organizaciones involucradas en el conocimiento y la innovación. *Europa necesita más científicos*⁹ es una iniciativa de la Comisión para aumentar el número de científicos en Europa destacando, entre otras muchas cuestiones, la importancia de la etapa de la escuela primaria para alcanzar ese objetivo. La Unión Europea, en el Informe del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente, incluye la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología en línea con los currículos de los países de la Unión Europea¹⁰, algunas de las cuales serán discutidas en esta guía. Estos objetivos, desde nuestra propia perspectiva, *sólo pueden llevarse a cabo mediante la introducción de la ciencia en las primeras etapas de la educación*. Abordaremos esta cuestión más adelante.

Percepción social de la ciencia

Volviendo a la relación entre ciencia y sociedad, durante la Guerra Fría la percepción social de la ciencia se vio afectada en gran medida por proyectos tales como el desarrollo de las bombas atómicas y de hidrógeno, así como por otros proyectos militares. Estos hechos introdujeron argumentos de tipo ético en los debates sobre el desarrollo científico, con los consiguientes temores sobre las posibles consecuencias: reducción de la financiación y disminución de vocaciones científicas entre los jóvenes. Ello podría afectar los resultados de la investigación y, por lo tanto, de la productividad y competitividad de nuestra sociedad.

Como resultado y con el objeto de cuantificar estos efectos, se introdujeron métodos de análisis de percepción social de la ciencia. En un principio estos métodos estaban basados en los estudios de los patrones de consumo utilizados en los Estados Unidos hace unos 50 años, pero en la actualidad estas herramientas se han adaptado para medir de manera más concreta las actitudes del público hacia la ciencia, lo que en la actualidad se conoce como percepción social de la ciencia. En Europa, el Eurobarómetro responde a estos mismos objetivos.

Los resultados de estos análisis son diferentes para los distintos países europeos. Dinamarca y los Países Bajos se encuentran en las primeras posiciones, tanto de percepción social de la ciencia como de conocimientos científicos. España, Italia y Polonia, por el contrario, ocupan los niveles más bajos.

Para presentar un caso concreto, los resultados de percepción social de la Ciencia de un estudio de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT) revelan un hecho preocupante: el 59,8% confía en la acupuntura y el 52,7% confía en los productos homeopáticos. Lo que es peor, las personas con niveles más altos de educación se sitúan por encima del promedio en cuanto a confianza en estas prácticas cuya eficacia no tiene evidencia científica (encuesta de percepción social de la ciencia FECYT 2016). Esto indica que algo falla y que debemos poner remedio de forma inmediata.

⁹ *European Commission Press Center*. Disponible en: <<https://ec.europa.eu/research/press/2004/pr0204en.cfm>>.

¹⁰ Confederación de Sociedades Científicas de España., 2011. *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar para edades tempranas en España*. Disponible en: <www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf>.

Por todas estas razones, es necesario reflexionar sobre la forma más apropiada que conduzca a aumentar la cultura científica de los europeos.

1.2. El propósito de este proyecto: un cambio de mentalidad que considere la alfabetización científica como una misión de la escuela

La alfabetización científica

Como dijimos anteriormente, el término *alfabetización científica* apareció por primera vez en la prensa estadounidense en 1957, justo después del lanzamiento del Sputnik, y se convirtió en un término de uso corriente tras el *boom* económico de Japón de los años 80. A partir de ese momento, se consideró que la democracia necesita una ciudadanía que entienda los problemas científicos y tecnológicos para que pueda elegir entre las diferentes propuestas presentadas por las diferentes opciones políticas. Como resultado, las instituciones nacionales relacionadas con la enseñanza y la investigación comenzaron a discutir el significado real de alfabetización científica para poder definirla y, sobre todo, aplicarla para alfabetizar a la sociedad.

Las primeras definiciones identificaron la alfabetización científica de una persona con los contenidos científicos que poseía, comenzando así lo que llamaremos período de los *benchmarks*, que consistían en listas de materias y contenidos científicos que una persona debía dominar para considerarse científicamente alfabetizada¹¹. Durante los años siguientes, la canti-

dad de contenidos que aparecían en esas listas se fue incrementado sin parar, hasta el punto de que algunas de esas listas eran claramente absurdas. Muy pronto se hizo evidente, como veremos en la tercera parte de esta guía, que los *benchmarks* no servían para determinar el grado de alfabetización alcanzado por un ciudadano ni la enseñanza de sus numerosos contenidos era útil como método de alfabetización de la sociedad. Se necesitaban definiciones que considerasen la cuestión de una manera más profunda y más práctica.

Y las instituciones americanas se centraron en encontrar nuevas definiciones que resultasen a la vez claras y operativas.

Para ilustrar este nuevo período basta con considerar dos de estas definiciones, correspondientes al principio y al final de esta etapa. El Centro Nacional de Estados Unidos de Estadísticas de Educación define alfabetización científica como *el conocimiento y comprensión de los conceptos y los procedimientos científicos necesarios para que una persona pueda tomar decisiones personales y pueda participar en los asuntos cívicos y culturales, así como en aquellos que sean relevantes para la productividad económica*¹². En cambio, el marco OCDE – PISA (2015) define la cultura científica como *la capacidad de involucrarse en cuestiones y problemas relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano con capacidad de reflexión en estas cuestiones*¹³. Como es evidente, este modelo de alfabetización científica

¹¹ American Association for the Advancement of Science. 1993. *Benchmarks for Science Literacy*. Oxford University Press.

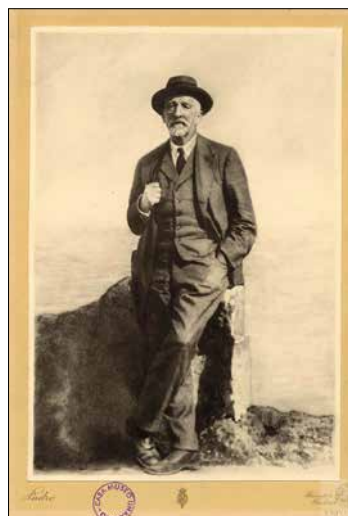
¹² National Academy of Sciences, 1996. *National Science Education Standards (Report)*. National Academy Press.

¹³ PISA, 2015. *Draft science framework*. Disponible en: <http://www.oecd.org/callsfortenders/Annex%20IA_%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>.

no puede decirse que esté bien definido. Por ello es difícil implementar mecanismos para su consecución¹⁴. En consecuencia, la búsqueda de una definición más apropiada se convirtió al final de los años 90 en un importante campo de investigación¹⁵.

¿Cómo se define la alfabetización científica en este proyecto?

Dado que este problema tiene grandes semejanzas con el de la alfabetización literal, vamos a seguir la línea de pensamiento establecida por los que trataron ese problema para intentar resolver el nuestro. Podemos considerar que la alfabetización en el campo de la lecto-escritura comenzó con la Reforma y se extendió durante un período, hasta finales del siglo XIX o principios del XX. El objetivo de esta alfabetización era, inicialmente, dotar al alumno de los conocimientos necesarios para leer y escribir en su lengua materna, a un nivel al que fuera capaz de comprender cualquier tipo de escritura y expresar sus pensamientos correctamente. Pero los pedagogos españoles fueron un paso más adelante, como se percibe en la genial definición de alfabetización de Bartolomé Cossío: *Cuando todos los ciudadanos no sólo sepan leer, que no es suficiente, sino que tengan el deseo de leer, disfrutar y divertirse, sí, divertirse leyendo, habremos logrado nuestro propósito*¹⁶. La principal contribución de Cossío a la definición de la alfabetización es, obviamente, el desarrollo de un gusto por la lectura y la escritura en la medida en que se domina el idioma.



Bartolomé Cossío, presidente de las Misiones Pedagógicas.

En el caso de la formación científica, aunque el concepto es un poco más complejo, seguiremos la misma línea de pensamiento. El objetivo es que los alumnos y alumnas comprendan la forma en que se genera el conocimiento científico, la forma en que se modifica y qué tipo de representación mental se utiliza. El nuevo tipo de alfabetización debe ser enseñado de tal manera que los estudiantes disfruten con la realización de los experimentos, descubriendo leyes de comportamiento e ideando modelos de la naturaleza, así como con la lectura sobre cualquier tema científico en el que se sientan interesados.

Aunque parece difícil de conseguir para una persona apartada de la enseñanza, para un profesional de las primeras etapas es una tarea relativamente sencilla. Para ello, sólo necesita estar en posesión de la cultura científica necesaria, como veremos más adelante.

¹⁴ Durant, J., 1994. What is scientific literacy? *European Review*, Vol. 2, Issue 1, pp. 83-89. DOI: 10.1017/S1062798700000922. Disponible en: <<https://www.cambridge.org/core/journals/european-review/article/what-is-scientific-literacy/D9FC3C75784F0E39327DD9A5533C8D39>>.

¹⁵ Abd-El-Khaalick et al. *Science Education*, Vol. 82, Issue 4, pp. 417-436.

¹⁶ Jiménez-Landi, A., 1996. *La Institución Libre de Enseñanza y su ambiente: Período de expansión influyente*. Barcelona: Edicions Universitat.

¿Qué tipo de conocimiento tenemos que enseñar a nuestros estudiantes?

La primera pregunta se refiere al tipo de conocimiento científico que debemos enseñar para alcanzar los objetivos de nuestra definición. Y la respuesta es que tienen que aprender los suficientes contenidos (que ellos mismos tienen que descubrir por medio de experimentos en sus aulas), que les permita desvelar la estructura de lo que se conoce con el nombre de Naturaleza de la Ciencia¹⁷.

El constructo *Naturaleza de la Ciencia* responde a las preguntas acerca de la forma en que se adquiere, se organiza y modifica el conocimiento científico. El conocimiento se adquiere por medio de observación y posterior experimentación, tras un proceso de identificación de las magnitudes relevantes. Estas magnitudes son los conceptos adecuados para la descripción del fenómeno, tales como presión, temperatura, etc. La característica fundamental de las magnitudes es que presentan la propiedad de que se pueden medir, pesar o contar, de acuerdo con la definición que aparece en los libros elementales de ciencia.

Esta es la primera característica que delimita la parte del mundo susceptible de ser estudiada por métodos científicos: la formada exclusivamente por magnitudes. Este requisito deja fuera de nuestro campo la parte posiblemente más interesante del mundo, la compuesta por la belleza, la justicia, el amor, etc., conceptos

demasiado complicados para ser tratados por la ciencia.

Si meditamos sobre la naturaleza de las magnitudes como caso especial de los conceptos, llegamos a la conclusión de que la medida de cualquier magnitud produce siempre un número (a veces más de uno, como en las magnitudes vectoriales). Pero los números son siempre fáciles de manejar por medio de operaciones aritméticas simples o con ayuda de fórmulas matemáticas. Estas fórmulas matemáticas son, en ciencia, ecuaciones entre medidas, por medio de las cuales enunciamos las *leyes de la naturaleza*, relaciones entre las magnitudes que siempre se cumplen. El principio de Arquímedes y las leyes de Newton son un magnífico ejemplo. Estas leyes pueden conducir a modelos, como en el caso de la teoría molecular o del modelo estándar¹⁸, que siempre son susceptibles de ser



Maestras en Bydgoszcz contando gotas (aplicando las matemáticas).

¹⁷ National Research Council, 2000. *Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning*. Washington DC: National Academic Press.

¹⁸ Frigg, R. and Hartmann, S., 2006 (revised 2012). Models in Science. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, [online]. Disponible en: <<https://plato.stanford.edu/entries/models-science/>>.

modificadas si los resultados experimentales posteriores así lo requieren. La estructura de este proceso corresponde, lo decimos una vez más, a lo que hemos llamado la *Naturaleza de la Ciencia*¹⁹.

También es esencial que los maestros conozcan los ingredientes básicos del mundo físico, en realidad bastante limitados: la energía y la materia, el espacio y el tiempo y, por último, la información. Todos estos ingredientes son susceptibles de ser estudiados a través de procesos experimentales realizando medidas, ya que todos ellos son magnitudes.

De la misma manera que la enfermedad no se puede estudiar sin el paciente, no es posible entender la ciencia sin situarla en el contexto social en el que aparece y se desarrolla. Por ello una persona alfabetizada debe comprender la interrelación entre la ciencia conocida por una sociedad en un momento dado de su historia y las características de su forma de vida, posibilidades, etc., así como la manera en la que evolucionan en el tiempo.

¿Cómo enseñamos la Naturaleza de la Ciencia (NOS) en el aula?

La siguiente cuestión es la de cómo se debe enseñar la ciencia en las aulas de manera que resulte fácil descubrir su naturaleza. Como todos sabemos, es difícil (si no imposible) definir el significado de una palabra o procedimiento sólo con palabras, sin utilizar un caso particular como ejemplo, y nuestro caso no es una excepción. Por lo tanto, utilizaremos como

ejemplo una parte de los contenidos que se han utilizado en el desarrollo de este proyecto.

Comenzamos observando la evolución de un charco o de la ropa colgada para que se seque. La primera conclusión a la que llegan los niños es que el agua del charco y el que moja la ropa se evapora al cabo de un cierto tiempo; lo mismo ocurrirá si humedecemos las baldosas del suelo con una fregona o mojamos la superficie de un cristal con un algodón húmedo. Además, los alumnos saben, por sus experiencias desde que eran bebés, que las cosas nunca desaparecen; a lo sumo, se ocultan de la vista, pero pueden encontrarse si se buscan en el sitio adecuado. Por ello reconocen enseguida que el agua ha tenido que ir a algún sitio, que no puede ser otro que el aire de la atmósfera. Al poner este pensamiento en palabras se ha logrado el primer objetivo de cualquier científico: han enunciado una ley de la naturaleza, una verdadera píldora del conocimiento.



Los niños en la investigación de la evaporación.

¹⁹ Lederman, N.G., 1986. *Understanding of students and teachers on the Nature of Science: a re-evaluation*. School Science and Mathematics, Vol. 86, pp. 91-99.



Los maestros experimentan durante la formación del proyecto SciLit en Madrid.

Si pensamos ahora en las consecuencias de esta ley, utilizando la lógica del niño y las habilidades del profesor, debemos llegar a la conclusión de que el agua del charco, de la ropa tendida, de las baldosas del suelo o del vidrio humedecido se encuentran en el aire bajo alguna forma en la que no podemos verla.

Cualquiera que haya jugado con un niño sabe que las preguntas aparecen de forma natural. Lo único que tenemos que hacer es guiar su curiosidad, como Platón nos dice que Sócrates hizo con el joven esclavo de su amigo Menón. Hemos comprobado que los niños mayores de dos años y medio aceptan la idea de que el agua está en el aire en forma de partículas muy pequeñas, demasiado pequeñas para que podamos verlas con los ojos.



Representación de moléculas realizada por una niña de 5 años.

Con este sencillo proceso han descubierto su primera ley y han elaborado su primer modelo científico. Este modelo les permitirá imaginar en su mente procesos imposibles de percibirse con los sentidos, pero necesarios para explicar el fenómeno que observamos con nuestros ojos. Como veremos en la guía *De qué está hecho el mundo*, muy pronto se convierten en expertos en el manejo del modelo como herramienta de comprensión, elemento esencial del conocimiento, y así lo demuestran los dibujos que ilustran sus cuadernos de laboratorio, que elaboran como verdaderos científicos. Es más que natural que pregunten cómo se llaman esas pequeñas partículas; están acostumbrados a aceptar los nombres que los adultos dan a las cosas nuevas que descubren y pronto utilizarán con acierto el curioso nombre de *moléculas*. A continuación, para practicar en el nuevo arte de utilizar un modelo mental y acostumbrarse a su uso, los presentamos con el caso de la condensación del vapor de agua sobre la superficie de una lata de refresco muy fría, colocada sobre un plato. La



Los niños observando la condensación de vapor de agua sobre la superficie de un bote, junto a una de las representaciones que hacen de este fenómeno en sus cuadernos.

superficie de la lata, inicialmente seca, pronto se llena de pequeñas gotas de agua que aparecen sin saber cómo y que se deslizan hacia el plato formando un pequeño charco. Cuando se les pide que expliquen y representen en sus cuadernos lo que ha sucedido utilizando el modelo molecular (o teoría, ya que no hay diferencia entre ambos conceptos al nivel en que nos movemos), absolutamente todos los niños fueron capaces de utilizar el modelo y representar el proceso de condensación como una agrupación de las recién descubiertas moléculas hasta adquirir un

tamaño visible para el ojo. Y todo el mundo disfrutó con el regocijo que produce entender cómo ocurren las cosas, jugando a evaporar agua que se acumula en el aire y a recuperarla después condensándola en la lata fría, en un ciclo de asimilación piagetiana que podemos repetir cuantas veces queramos.

Llegados a este punto entendieron la necesidad de modificar la primera ley que habían descubierto, completándola con una segunda parte: el agua se evapora de los objetos a temperatura ambiente pasando al aire, pero cuando encuentran objetos fríos el agua del aire se condensa sobre su superficie. Afortunadamente, en ciencia nada es inamovible y podemos modificar las leyes cuando es necesario, cuando descubrimos nuevos procesos que así lo requieren, en un proceso que Piaget llamó acomodación, pues adapta nuestra representación mental a la nueva situación/realidad recién descubierta. Después de estos ejercicios en los que aprendemos a manejar un modelo como lo hacen los científicos, es muy sencillo explicar a los alumnos el ciclo del agua en la Tierra. No es más que una extensión del juego de pasar agua al aire y recuperarlo después con el bote frío, en un proceso que ocurre de forma natural, sin que nosotros hagamos nada. Y todos se imaginan las moléculas que se evaporan de charcos, ríos y mares y pasan al aire. Cuando el aire está muy frío, como ocurre en las alturas, se condensa formando nubes, de las cuales vuelve a la Tierra en forma de gotas de agua. Y así lo representan en sus cuadernos.

Muy pronto, con ayuda de los maestros, los alumnos se dan cuenta de que el fin de la investi-

gación científica y de realizar experimentos en el aula, es el descubrimiento de leyes y la elaboración de modelos. Y, hábilmente dirigidos por sus docentes, adquieren consciencia del proceso por el cual se entienden los fenómenos con la ayuda de esos modelos mentales y de cómo se utilizan estos modelos para explicar nuevos fenómenos. Llegados a este punto podemos considerar que han entendido los fundamentos de la Naturaleza de la Ciencia. Se encuentran en pleno proceso de alfabetización científica.

Esta forma de imaginar el mundo físico en nuestra mente por medio de representaciones mentales muy simplificadas, representaciones que podemos utilizar para resolver problemas, no es sólo la forma en que los seres humanos construyen el conocimiento, es la única manera conocida de hacerlo. Los demás animales (al menos los que se han estudiado) y la inteligencia artificial en todas sus ramas, siguen este mismo esquema.

Lo que los maestros deben saber

Habiendo demostrado la capacidad innata de los niños para adquirir conocimientos científicos, debemos reflexionar sobre el conocimiento con el que los maestros deben contar para llevar a cabo su trabajo en el aula. Simultáneamente, deberíamos diseñar un método que nos permitiese evaluar el conocimiento y el grado de eficacia alcanzado por los profesores, de manera que podamos medir de una manera objetiva el resultado de nuestros métodos.

En nuestra opinión, los profesores deben ser conscientes no sólo de la forma en que el conocimiento científico se elabora a partir de la observación de los fenómenos naturales y la reproducción de estos fenómenos en nuestro laboratorio (experimentación), sino también de la forma en que este conocimiento cambia a lo largo de la historia de la ciencia.

Este proceso, que puede ser considerado como un fenómeno social entre científicos, fue estudiado por primera vez por Kuhn, a mediados del siglo pasado, y descrito como una generalización del modelo de construcción de conocimiento de Piaget, que se expondrá más adelante.

Otro punto que los maestros deben conocer es el relacionado con la existencia de un método científico concreto. Hemos descubierto que, con muy pocas excepciones, los profesores admiten la existencia de un **método**, lo cual constituye un error importante, como se demostró a lo largo del siglo pasado. Debemos hacer hincapié en la importancia de su deconstrucción, en el sentido que Derrida da a la palabra. La razón de este error es el deseo humano de encontrar un método para generar conocimiento que garantice la veracidad y validez de sus resultados a través del tiempo.

Descrito por primera vez por Bacon, ha sido llamado el **método científico**, y su existencia se mantuvo durante casi trescientos años. Pero, en la actualidad, ni los filósofos de la ciencia ni los científicos admiten su existencia²⁰. El método

²⁰ a) Feyerabend, P., 1993. *Against method*. New York: Verso. b) Bauer, H.H., 1994. *Scientific literacy and the myth of the scientific method*. USA: University of Illinois Press.

de Bacon no puede incluir la astronomía, ciencia no experimental por excelencia, y tampoco puede admitir la parte de la física desarrollada a base de los ingeniosos *experimentos mentales*, como los que Einstein²¹ hizo famosos, o los descubrimientos encontrados por serendipia, muchos de ellos transcendentales. Como dijo Feyerabend, en la ciencia *todo vale* con tal de que sea útil. Pero no hay que dar la idea de que el método de Bacon es incorrecto, se trata simplemente de un método más, útil para la construcción del conocimiento científico, pero ni mucho menos exclusivo. Y tuvo el enorme mérito de permitirnos, a científicos y profesores, escapar del bucle de la escolástica, por lo que siempre lo hemos mirado con simpatía.

Para que el conocimiento científico pueda evolucionar e incrementarse, los modelos y teorías se deben ir sustituyendo por otros más precisos o generales, con un campo más amplio de aplicación. Este mecanismo de sustitución de



La formación del profesor durante el proyecto SciLit en Madrid.

modelos en una sucesión sin fin es la única manera que nos permite (de acuerdo con el modelo de Kuhn, basado en el mecanismo de adaptación de Piaget) aumentar nuestro conocimiento.

Pero no debemos pensar que las teorías antiguas son inútiles y que deben ser desechadas. Por el contrario, muchas de ellas se siguen aplicando cuando el viejo modelo proporciona, con mayor sencillez, la precisión necesaria. Por eso seguimos utilizando la mecánica de Newton para colocar satélites en órbita o enviar personas a la Luna. Una de las pruebas PISA es evaluar la capacidad de los estudiantes para elegir el modelo más adecuado, entre los disponibles, para resolver un problema concreto.

Tan importante como la evolución de la ciencia es su organización interna. En ciencia las matemáticas son el ingrediente básico. Sus ecuaciones y las formas en las que se manipulan constituyen una forma de aplicar la lógica al mundo de las magnitudes. Forma la estructura lógica de todas las ciencias. Basada en las matemáticas, la disciplina más simple es la física. El resultado de las medidas de las magnitudes puede representarse por los símbolos matemáticos que forman sus ecuaciones. Las manipulaciones que nos permiten las matemáticas garantizan el correcto resultado de las transformaciones que se realizan de acuerdo con sus reglas.

²¹ Brown, J. R., Fehige, Y., 1996 (revisión 2014). *Thought experiments*. At: Stanford Encyclopedia of Philosophy. Disponible en: <<https://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment/>>.

Cualquier descubrimiento o avance en una ciencia inmediatamente afecta a las demás.

En este proyecto, para dejar clara la idea de permeabilidad entre las Ciencias, hemos utilizado procesos físicos elementales, como la sedimentación (bien conocido por los niños) para explicar lo que ha sucedido en los procesos arqueológicos, procesos que llevaron a una situación que fue, hace cientos o miles de años, tan presente como es el momento actual para nosotros. Y esa es la situación en la que lo encuentra el arqueólogo.

Como todos sabemos, necesitamos la física para entender los procesos químicos, biológicos y geológicos, de la misma manera que necesitamos química para entender los fenómenos geológicos y biológicos. El mundo de la ciencia es también plano, sin apenas fronteras entre las disciplinas, como hemos dicho que es nuestro mundo actual.

Cualquier descubrimiento o avance en una ciencia tiene un impacto inmediato en las otras.



Profesores debaten sobre una estrategia.

La evaluación de la formación

En este proyecto se han utilizado los cuestionarios de Lederman²² para definir el nivel de conocimiento que los maestros deben tener sobre la Naturaleza de la Ciencia (de acuerdo con los anteriores requerimientos). A esta conclusión se llegó por unanimidad de todos los socios de este proyecto desde el inicio de la formación.

En cuanto a la evaluación final, hemos considerado la calidad de los trabajos, como aplicaciones prácticas, elaborados por los maestros y desarrollados por sus alumnos en el aula. Estos trabajos se presentan en las correspondientes guías: *De qué está hecho el mundo* y *Arqueología en el aula*.

²² Schwartz, R., Lederman, N., Lederman, J. S., 2008. *An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI Questionnaire*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/251538349_An_Instrument_To_Assess_Views_Of_Scientific_Inquiry_The_VOSI_Questionnaire>.

Un ingrediente importante en la alfabetización científica: el papel de los docentes

Dado que el conocimiento no se hereda como el dinero, los inmuebles o el color de los ojos, es esencial que este conocimiento pase de generación en generación de la manera más completa y eficiente posible. Sin esta transferencia intergeneracional, volveríamos a la Edad de Piedra en un par de generaciones, una situación que debemos evitar a cualquier precio. Dado que esta transferencia de conocimiento se basa en el trabajo de los profesores y en la relación de respeto y confianza de los alumnos hacia ellos, el lugar de los profesores en la escala social debe estar entre los más considerados, para facilitar así su trabajo.

Pero esta apreciación social de los maestros no puede existir sin un elevado nivel cultural de los ciudadanos, que deben ser conscientes de que los maestros son el fundamento de la conservación de la Herencia Cultural de su sociedad que es, a su vez, el único signo de su identidad histórica. Por esa razón, tienen que estar alfabetizados desde un punto de vista científico y humanística. Una vez más, nos encontramos aquí con el bucle dorado, difícil de romper, que hace necesaria la integración de la ciencia en la cultura, formando un todo indivisible que se aprende al mismo tiempo. Este punto se desarrollará en la sección tercera de esta guía.

Para concluir esta sección, queremos señalar un hecho importante: es fundamental que el aprendizaje de la ciencia tenga lugar en la etapa infantil, a la vez que aprendemos a leer, escribir y realizar las primeras operaciones aritméticas. De esta manera, además de aprovechar el momento de máxima permeabilidad de los niños en el aprendizaje y de máxima curiosidad por el mundo que están descubriendo, nos permite asociar la emoción que se siente cuando se realizan los primeros experimentos científicos con esta etapa especial de nuestras vidas.

La alegría de la lectura de las primeras historias, la búsqueda de los primeros amigos y la consecución de nuestros primeros descubrimientos como verdaderos científicos, será parte de los recuerdos que permanecerán unidas al nombre de nuestros primeros amigos y al de nuestro primer maestro.

SEGUNDA PARTE

**ESTADO DEL ARTE
DE LA EDUCACIÓN
CIENTÍFICA EN LA UE**



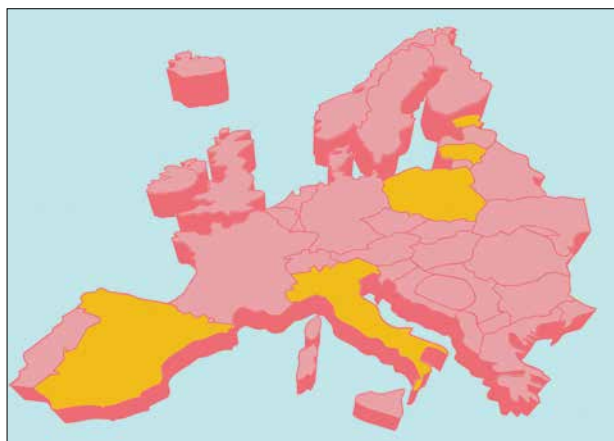
2. ESTADO DEL ARTE DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN LA UE

2.1. INTRODUCCIÓN

Este estudio del estado del arte examina la situación de la educación científica en las escuelas de enseñanza infantil y primaria en la Unión Europea, en particular en Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia.

El estudio del Estado del Arte presenta una visión general de la situación de la educación científica en la UE y del marco legal (la forma en la que se organizan los sistemas escolares nacionales), la estructura de los planes de estudio, el sistema de formación del profesorado (inicial y continuo) y el nivel de participación de las mujeres en este proceso de aprendizaje en los países socios del SciLit.

Este estudio proporciona la base necesaria para identificar los aspectos críticos de los sistemas educativos en toda Europa, en lo que se refiere a la educación científica. Sobre este análisis se han elaborado las recomendaciones que se consideran pertinentes para mejorar los sistemas educativos nacionales en cuanto a educación científica dirigida a los responsables políticos, científicos, educativos, y a las autoridades nacionales, regionales y locales que participan en la educación. De esta manera, será más fácil sentar las bases para una mejora de la enseñanza de las ciencias en los centros de enseñanza preescolar y primaria a nivel europeo y nacional.



Países socios del proyecto SciLit.

2.2. EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN LAS ESCUELAS INFANTILES Y DE EDUCACIÓN PRIMARIA EN LA UE

Marco legal

La mejora de la educación científica ha sido un objetivo fundamental de los países europeos desde finales de la década de 1990, y se han implementado un número considerable de programas y proyectos con este objetivo¹. Una de las finalidades principales ha sido la de alentar a más estudiantes a estudiar carreras científicas, así como promover una imagen positiva de la ciencia y mejorar el conocimiento del público sobre este tema.

Con este fin, se han introducido una amplia gama de medidas, a partir de los primeros años escolares, para tratar de mejorar el interés del alumno por la ciencia. Para ello se han implementado reformas en los programas, se han creado asociaciones entre escuelas y empresas, así como entre

¹ European Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, 2011. *La educación científica en Europa prácticas nacionales políticas e investigación*. Comisión Europea

centros de investigación y centros educativos, y se han puesto en marcha proyectos dirigidos al desarrollo profesional continuo de los maestros.

Sin embargo, algunas de estas estrategias para mejorar los aspectos de la educación han variado en cuanto a su enfoque e intención. Puede tratarse de programas estratégicos generales que contemplen todas las etapas de la educación así como la formación (desde la primera infancia hasta la educación de adultos) o de programas centrados en una etapa particular de la educación y/o en áreas muy específicas de aprendizaje.

Varios países europeos han desarrollado políticas y proyectos específicos que implican grupos mixtos de estudiantes y profesores. Estas iniciativas incluyen asociaciones escolares, el establecimiento de centros de ciencia y programas de orientación. Es frecuente la colaboración entre instituciones gubernamentales y organismos de educación superior o de fuera del sector de la educación.

Formación inicial del profesorado en la educación científica en la UE

Hoy en día el papel tanto de los maestros como de las escuelas está cambiando, como también las expectativas sobre ellos: se les pide a los docentes que atiendan cada vez más aulas multiculturales, con alumnos con necesidades especiales, que utilicen las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de manera práctica en el aula, que participen en los procesos de evaluación y rendición de cuentas y que involucren a los padres de los alumnos en las

escuelas; pero la competencia más importante que se contempla en la formación docente a nivel europeo es que esté en posesión del necesario conocimiento y la capacidad precisa para enseñar el currículum oficial de matemáticas y ciencia. Esta capacidad se incluye muy a menudo en la evaluación de los futuros profesores.

En la actualidad, tanto los cursos generales dirigidos a profesores como los específicos para maestros especializados en algún campo, contemplan un amplio espectro de situaciones en el aula, así como la aplicación de diversas técnicas de enseñanza.

Sin embargo, el profesorado necesita hoy en día actualizarse adquiriendo constantemente nuevas competencias que le permitan innovar y adaptarse a los constantes cambios en el campo de la educación. Los maestros tienen que hacer frente a diferentes situaciones, como es la enseñanza de alumnos de características muy diversas, contemplando los diferentes intereses de los niños y las niñas y evitando los estereotipos de género en su relación con los alumnos. Estas competencias son necesarias aunque resulten complejas, por lo que deben abordarse y estar presentes en los programas europeos. En los países europeos se considera muy importante el fortalecimiento de las competencias del profesorado, entre las cuales la formación científica es una de las más importantes, considerándose en la actualidad imprescindible reforzarla. En el caso de que existan programas marco estratégicos a nivel nacional, siempre aparece como uno de sus objetivos la mejora de la preparación científica del profesorado.

rado. Francia, Austria y Reino Unido (Escocia), en particular, centran su atención en este tema².

En lo que se refiere al método de enseñanza, en los países socios del proyecto SciLit se detecta una gran preocupación por el tema de la inclusión (que comprende el problema de las minorías, diferencias de género, etc.). En otros países, en cambio, se hace más énfasis en la identificación y aplicación de los métodos de enseñanza específicos para alumnos de altas capacidades. Esta característica se refleja también como prioridad en la preparación inicial de los maestros, que se configura adecuadamente en los distintos sistemas nacionales de educación. Estos sistemas han comenzado a promocionar las actividades científicas, a menudo debido a la actividad de las asociaciones de escuelas que proporcionan un fuerte apoyo al desarrollo profesional del maestro. Con el fin de fomentar la educación científica, se facilita y aconseja el contacto directo con instituciones de investigación aplicada, disponiéndose, en general, del beneficio de los recursos proporcionados por instituciones privadas.

Buenos ejemplos de esto son las importantes actividades de formación de profesores del programa francés *La main à la pâte*³, así como el caso español de El CSIC en la Escuela⁴.

Los centros e instituciones de investigación científica también contribuyen al aprendizaje

libre de los profesores y pueden proporcionar una gran ayuda a los maestros. Son varios los países que han implementado estas actividades, como, por ejemplo, Irlanda, España, Francia, Lituania, Polonia, Eslovenia, Finlandia, Suecia, el Reino Unido y Noruega. El campo es singularmente complejo, ya que los profesores de ciencias enseñan en diferentes niveles educativos, presentan una preparación inicial en diferentes disciplinas y pertenecen a diversas culturas, tanto en técnicas de enseñanza como por sus características sociales. Sin embargo, las iniciativas nacionales específicas no son tan frecuentes como sería de desear en el caso de la formación inicial del profesorado de ciencias.

Formación continua del profesorado en la educación científica

Cualquier programa de desarrollo profesional (TPD) se construye sobre la base de lo que los maestros saben acerca de la ciencia y su pedagogía al comienzo de su carrera, es decir, al terminar su formación. Pero la experiencia adquirida durante los años de práctica aumenta la capacidad de responder a los desafíos que lleva implícito impartir ciencia en las aulas, por lo que los programas TDP tienden a complementar los aspectos que la experiencia sola no permite alcanzar⁵. Las evaluaciones europeas realizadas sobre estrategias de promoción de la ciencia han demostrado que lo que los maestros necesitan es un refuerzo en competencias, por lo que en la actualidad se está realizando un

² ALLEA Working Group on Science Education, 2012. *Una renovación de la educación científica en Europa. Vistas de acción académica nacional*, [online]. Disponible en: <<https://www.allea.org>>.

³ Fundación *La main à la pâte*. Disponible en: <<http://www.fondation-lamap.org/>> [Consultado el 17 de julio de 2017].

⁴ Programa El CSIC en la Escuela del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Disponible en: <<http://www.csic.es/web/guest/el-csic-en-la-escuela>>. [Consultado el 17 de julio de 2017].

⁵ European Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, 2011. *La educación científica en Europa prácticas nacionales políticas e investigación*. Comisión Europea.

esfuerzo en determinar la forma más apropiada para conseguirlo⁶. Como es fácil comprobar, los países que cuentan con un marco estratégico para la promoción de la educación científica, normalmente incluyen la mejora de la formación del profesorado en el campo específico de la ciencia como una de sus medidas. Las asociaciones escolares, centros científicos e instituciones similares contribuyen de forma significativa al aprendizaje abierto de los profesores. Algunas instituciones científicas en varios países han establecido actividades específicas para proporcionar a los maestros un desarrollo profesional continuo (DPC).

Varios países, como Irlanda, España, Francia, Lituania, Polonia, Eslovenia, Finlandia, Suecia, el Reino Unido y Noruega disponen de actividades de DPC específicos para profesores de ciencias, que deben realizar durante su formación⁷. En cambio, no son frecuentes las iniciativas nacionales que contemplen la formación previa al desarrollo de su labor docente, una vez que han conseguido el puesto de trabajo.

Aunque la formación inicial del profesorado es obligatoria en la mayoría de los países europeos, no suelen contemplar la formación continua durante el ejercicio de la profesión (DPC), que constituye un importante reto, no sólo porque es necesario modificar en algunos casos las técnicas pedagógicas, sino por las necesi-

dades financieras asociadas a la formación a un gran número de maestros de primaria que están impartiendo clases en el momento en el que tendrían que llevar a cabo la formación a que nos referimos.

En casi todos los países europeos se necesitan decisiones de ámbito político, del más alto nivel, así como de la sociedad civil, que se materialicen en actuaciones concretas a nivel de ministerios responsables de la educación⁸.

2.3. LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN ITALIA, ESPAÑA, ESTONIA, LITUANIA Y POLONIA

Marco legal

Después de haber analizado el marco legal en Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia, se llega a la conclusión de que la educación infantil y primaria siguen caminos similares. En Estonia y Polonia, por ejemplo, la educación obligatoria comienza a los 7 años, y en Italia, España y Lituania la educación obligatoria comienza a la edad de 6 años. En todos estos países la educación obligatoria termina a los 16 o 17 años. Puede ser útil añadir que en Polonia no es obligatoria la educación escolar formal hasta los 7 años, aunque en la práctica el 97% de los niños la reciben⁹.

Por otra parte, en Polonia los niños de 3 a 5 años

⁶ Eurydice Network of Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), 2016. *Recommended Annual Instruction Time in Full-time Compulsory Education in Europe, 2016/17*, [online]. Disponible en: <<https://eacea.ec.europa.eu>>.

⁷ Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), 2011. *Science education in Europe national policies, practices and research*, [online]. Comisión Europea. Disponible en: <<http://education.stateuniversity.com/pages/1212/Poland-PREPRIMARY-PRIMARY-EDUCATION.html>>.

⁸ ALLEA Working Group on Science Education, 2012. *Una renovación de la educación científica en Europa. Vistas de acción académica nacional*, [online]. Disponible en: <<https://www.allea.org>>.

⁹ State University. *Poland – Pre-primary & Primary Education*, [online]. Available at: <<http://education.stateuniversity.com/pages/1212/Poland-PREPRIMARY-PRIMARY-EDUCATION.html>>. [Accessed 14 September 2017].

de edad tienen derecho a la educación preescolar, si así lo desean, no siendo obligatoria hasta los 6 años. La educación preescolar en Polonia es financiada en parte por subvenciones del Estado (5 horas al día) y en parte por los padres.

En todos estos países, a excepción de Polonia, la educación preescolar no es ni obligatoria ni gratuita. En Italia y en España el sistema de educación de la primera infancia incluye la existencia de centros destinados a niños de 0 a 3 años y otros para los niños de entre 3 y 6 años. El primer tramo (0-3) sólo está parcialmente cubierto por el Estado. En Estonia, los municipios rurales o las ciudades son los encargados de posibilitar los medios para que los niños en su área, en el período de 1,5 a 7 años puedan disponer de una escuela infantil en su lugar de residencia, si sus padres así lo desean¹⁰. En Lituania la educación preescolar es para niños de 3 a 6 años¹¹. En España la educación infantil incluye 2 tipos de instalaciones, una para los niños de 0-3 años y otra para niños de 3-5 años de edad.

En todos estos países la enseñanza de las ciencias en la educación preescolar es una parte de la rutina diaria (experimentos, observaciones, manipulación).

La tabla a continuación presenta la edad (en años) de los alumnos que asisten a la escuela

Tabla 1. Edad de los estudiantes de la escuela primaria.

	ITALIA	ESPAÑA	ESTONIA	LITUANIA	POLONIA
Escuela primaria	6-11	6-12	7-16	7-11	7-15

primaria en los países socios SciLit:

En la escuela primaria los niños aprenden a leer y escribir y estudian una amplia gama de temas que incluyen Matemáticas, Geografía y Ciencia.

El contenido científico en esta etapa comprende diferentes áreas:

- Ciencias de la Naturaleza.
- Ciencias Sociales.

Ambas ayudan a los estudiantes a desarrollar diferentes competencias. Algunas de estas competencias son: habilidades matemáticas, habilidades básicas en ciencia y tecnología, habilidades digitales, etc.

Las formas en las que se implementan estos servicios son diferentes en cada país, como se muestra a continuación.

Italia

En Italia, el Ministerio de Educación, Universidad e Investigación (MIUR) es responsable de la administración general, a nivel nacional. La educación escolar se organiza a nivel descentralizado por el MIUR a través de las Oficinas Regionales de la escuela, que funcionan a nivel provincial en las Oficinas Locales. No existen oficinas descentralizadas de la MIUR a nivel municipal, ni existen oficinas descentralizadas de la MIUR para la educación superior¹².

¹⁰ Ministerio de Educación e Investigación de Estonia. Disponible en: <<https://www.hm.ee/et>>.

¹¹ Ministry of Education and Science of the Republic of Lithuania, 2004. *Education in Lithuania*. Disponible en: <https://www.european-agency.org/sites/default/files/education_lithuania.pdf>.

¹² Ministero dell'Istruzione, dell'Università, e della Ricerca, 2014. *El sistema educativo italiano*. Disponible en: <http://www.indire.it/lucabas/lkmw_img/eurydice/quaderno_eurydice_30_per_web.pdf>.

En Italia, la implementación del Sistema Nacional de Evaluación de los centros se inició en 2014/15 con la introducción de la escuela obligatoria independiente, donde los datos del rendimiento de los alumnos (resultados de las pruebas anuales INVALSI¹³) son uno de los elementos tomados en consideración. Desde el año escolar 2015/16, el informe de autoevaluación escolar ha sido seguido por una evaluación externa, coordinados por un inspector. Los equipos externos tienen como objetivo visitar cada año el 10 por ciento de todas las escuelas. Tanto el informe de autoevaluación escolar como los resultados del proceso de mejora con respecto a un ciclo de evaluación de tres años están disponibles en la WEB.

España

En España el sistema de educación depende de las administraciones autonómicas.

- **La Autoridad General del Estado** es la encargada de proponer y ejecutar a través de la Secretaría de Estado de Educación, las políticas del gobierno en materia de educación. Las competencias del Ministerio de Educación son las de garantizar la homogeneidad y unidad al sistema educativo.

- **Las comunidades autónomas** son las autoridades encargadas del desarrollo legislativo y de la gestión de la educación en la jurisdicción de cada Comunidad Autónoma. Tienen competencias ejecutivas y administrativas para la

gestión de la educación en su propio territorio, a excepción de las reservadas al Estado. Sus competencias son: la propiedad administrativa de las escuelas, Servicio Técnico de inspección sobre la educación, la administración del personal, diseño, aprobación y desarrollo de planes de investigación experimental y pedagógico y son las autoridades responsables del diseño del plan de estudios de educación primaria y secundaria obligatoria¹⁴.

Estonia

En Estonia, el desarrollo y la implementación de programas de desarrollo nacional es organizado por el Ministerio de Educación e Investigación. Las actividades de investigación y desarrollo del país se financian con el presupuesto del Estado, así como de empresas y otras fuentes.

Lituania

En Lituania, el Ministerio de Educación y Ciencia formula y ejecuta la política nacional en las áreas de educación y ciencia, elabora planes de educación estratégicos, programas anuales, aprueba el contenido general de la enseñanza y formación (programas generales y programas dirigidos a formaciones específicas) así como los planes de enseñanza, formación y estudio¹⁵.

Polonia

En Polonia la política educativa escolar refleja la organización territorial del estado. Las autoridades regionales de educación se incluyen en la administración regional y son responsables

¹³ Proveinvalsi.net. Disponible en: <<https://www.proveinvalsi.net>>.

¹⁴ Eurypedia, 2017. *Sistema Educativo Español. Panorama general*. Disponible en: <https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/spain_en>.

¹⁵ Ministry of Education and Science of the Republic of Lithuania, 2004. *Education in Lithuania*. Disponible en: <https://www.european-agency.org/sites/default/files/education_lithuania.pdf>.

de la supervisión pedagógica sobre las escuelas. El Ministerio de Educación Nacional es el responsable de la administración del sistema de educación escolar y aplica la política nacional de educación, cooperando a este respecto con las autoridades regionales y otras unidades organizativas responsables del sistema de educación escolar¹⁶.

2.4. ESTRUCTURA DE LOS PLANES DE ESTUDIO EN ITALIA, ESPAÑA, ESTONIA, LITUANIA Y POLONIA

En la enseñanza de ciencias en infantil y primaria en Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia existe una coincidencia en que la experimentación es el procedimiento por el cual los niños descubren fenómenos nuevos, desarrollan su creatividad, enriquecen el vocabulario, aprenden a colaborar y comunicarse con los demás y a lograr un objetivo común. Habilidades, como la observación, manipulación, clasificación y experimentación, permiten interactuar con el mundo físico y natural a la vez que se trabajan conceptos científicos como, por ejemplo, densidad, peso o energía.

Italia

En Italia, los objetivos de aprendizaje definidos por el *Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca* tienen por objeto especificar el nivel de aprendizaje que los alumnos deben alcanzar al final de cada ciclo escolar (infantil y primaria).

En la actualidad los objetivos del aprendizaje son:

- Explorar y describir objetos y materiales.
- Observar y experimentar en el campo.
- El ser humano y el medio ambiente.

Para cada objetivo se define una serie de habilidades que deben alcanzar los alumnos¹⁷. La ciencia es una de las disciplinas que ofrecen las nuevas directrices para los 5 primeros años de la escuela primaria, junto con el Italiano, Inglés, Historia, Geografía, Matemáticas, Tecnología, Informática, Música, Arte e Imagen y Educación Física. De acuerdo con el Ministerio de Educación, la enseñanza de materias científicas debe realizarse de forma que los alumnos planteen preguntas acerca de los fenómenos y las cosas, planificando trabajo experimental siguiendo un camino: experimentación, hipótesis, y construcción de modelos sin ningún tipo de restricciones intelectuales. El objetivo principal es efectuar experiencias concretas en espacios adecuados, tales como laboratorios escolares, además de realizar observaciones en entornos naturales de fácil acceso.

¹⁶ Unidad Eurydice Polaca: Fundación para el Desarrollo del Sistema de Educación (FRSE), 2014. *El sistema de educación en Polonia, el sistema de educación en Polonia, Varsovia*. Disponible en: <http://eurydice.org.pl/wp-content/uploads/2014/10/THE-SYSTEM_2014_www.pdf>.

¹⁷ Cerini, G., Mazzoli, P., Previtali, D., Silvestro, M. R., 2012. *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, [online]. Italia: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Disponible en: <http://www.indicazioninazionali.it/documenti/Indicazioni_nazionali/indicazioni_nazionali_infanzia_primo_ciclo.pdf>.

Los objetivos de aprendizaje de la ciencia en la escuela primaria en los distintos países se describen a continuación:

España

En España los contenidos científicos en la escuela primaria se compone de diferentes áreas: Ciencias de la Naturaleza, Ciencias Sociales y Matemáticas que ayudan a los estudiantes a desarrollar diferentes competencias, tales como habilidades matemáticas, habilidades básicas en ciencia y tecnología, habilidades digitales, etc.

En las siguientes tabla (Tablas 2 y 3)¹⁸, se muestran algunos de los conceptos y materias para la escuela primaria en Italia y España.

Estonia

En Estonia, existe un currículo nacional de actividades preescolares por el que los niños deben alcanzar las siguientes habilidades relacionadas con la ciencia en la escuela: expresar sorpresa, preguntar, comparar, prestar atención y efectuar medidas, clasificación, y registro¹⁹. La educación científica incluye en su plan general contenidos de Física, Química, Biología y Geografía.

Para los interesados, hay varios grupos disponibles. En Estonia, temas como la física, la química y la biología son estudiadas por los estudiantes en las clases de 7 a 12 años.

Tabla 2. **Objetivos de aprendizaje para la educación científica en la escuela primaria en Italia***

1º (6 años)	2º (7 años)	3º (8 años)	4º (9 años)	5º (10 años)
La materia y sus características; Ambiente; Objetos: Diferencias y similitudes; Base correcta de nutrición	Estado sólido, líquido y gaseoso; Cosas vivas y no vivas; Las estaciones cambian; El ciclo del agua; Animales y plantas	Los animales y sus funciones vitales; Vertebrados e invertebrados; Ecosistemas y ecología; El medio ambiente y su protección	Agua, aire y suelo; Contaminación; Plantas: estructura, nutrición y reproducción; Calor y combustión; La higiene y la salud	La Tierra en el universo; La energía y sus formas; El cuerpo humano; Fenómenos ópticos y acústicos; Origen de los alimentos

* Istituto Comprensivo Statale di Bologna 15, 2017. *Curricolo verticale di Scienze*. Bologna. Disponible en línea: <http://www.ic15bologna.it/images/pages/3031-6634-Curricolo_Scienze.pdf>.

Tabla 3. **Conceptos y métodos científicos en la escuela primaria en España**

1º (6 años)	2º (7 años)	3º (8 años)	4º (9 años)	5º (10 años)	6º (11 años)
Observación, descripción, clasificación	Observación, descripción, medidas, clasificación	Observación, descripción, medidas, la experimentación, clasificación	Observación, descripción, medidas, experimentación, clasificación	Observación, descripción, medidas, experimentación, clasificación	Observación, descripción, medidas, experimentación, clasificación
Las plantas, respiración, materiales	Las funciones vitales, dureza, energía, masa	Cambio del estado de la materia, calor, sustancias	Peso, materia, masa, deformación, palanca, imanes	Los ecosistemas, la transformación de la energía, tipos de energía, luz, electricidad	La combustión, oxidación, el magnetismo, informática

¹⁸ Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2017. *Curriculo de la Educación Primaria en la Comunidad de Madrid*, [online]. España: Gobierno de España. Disponible en: <http://www.madrid.org/dat_capital/loe/pdf/curriculo_primaria_madrid.pdf>.

¹⁹ Kehitämiskeskus Opinkirjo, 2015. *Arenev teadushuviaridus. Õpime kogemustest*. Estonia: Eesti Teadusagentuur.

Lituania

En Lituania, en la escuela primaria (grados 1 a 4), el plan de estudios se divide en ciencias sociales y ciencia naturales, integrando varias áreas de contenido: los seres humanos viviendo en sociedad, el desarrollo de los seres humanos, los seres humanos y el medio ambiente, la salud y la seguridad de los seres humanos, los seres humanos y la naturaleza y los seres humanos y los fenómenos naturales.

La enseñanza de las ciencias en la escuela de educación básica (grados 5 a 10) tiene como objetivo ayudar a los alumnos a que adquieran conocimientos básicos en ciencias naturales, a dominar los conceptos e ideas esenciales, a adquirir habilidades que les ayuden a desarrollar la comprensión del mundo que les rodea, a la vez que a desarrollar determinados valores y actitudes.

El plan de estudios tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a formarse como ciudadanos capaces de vivir una vida sana y resolver los problemas de desarrollo sostenible de su entorno.

En los grados 5 y 6 de educación básica, la ciencia se enseña como una materia integrada. En cambio, la geografía se presenta como materia independiente, en el grado 6. A partir del 7º grado se imparte Biología, Química y Física como materias independientes.

En general, el plan de estudios de ciencia se centra en el conocimiento y la comprensión, resolución de problemas, habilidades prácticas, comunicación científica y habilidades para el aprendizaje de la ciencia²⁰.

Polonia

En Polonia, de acuerdo con el currículum nacional, la ciencia es un área de contenido obligatorio en todos los niveles educativos y en todos los tipos de escuelas. En los grados 1 a 3, la ciencia se imparte como parte integrante de la enseñanza, de manera que capacite a los alumnos en diez aspectos específicos.

Entre estos aparecen destrezas en el campo de la investigación (por ejemplo, los alumnos deben ser capaces de llevar a cabo experimentos científicos sencillos, analizarlos, y razonar el resultado); explicar fenómenos naturales (por ejemplo, los estudiantes explican cómo los fenómenos atmosféricos dependen de las estaciones), conocer ciertos hechos de interés científico (por ejemplo, nombrar las partes del cuerpo y los órganos internos de los seres humanos y animales) y estar en posesión de ciertos conocimientos prácticos (por ejemplo, conocer las reglas básicas de la alimentación sana y las amenazas básicas en el mundo de las plantas y el mundo de los animales y participar activamente en la protección del medio ambiente en su área local). En los grados 4 a 6 se incluye una disciplina separada llamada *Naturaleza*.

²⁰ TIMSS & PIRLS International Study Center. *TIMSS 2015 ENCYCLOPEDIA*. Disponible en: <<http://timss2015.org/timss-2015/about-timss-2015/>>. [Acceso: 13/09/2017].

El Plan Nacional de Estudios enumera cinco objetivos en el área de ciencia:

- Despertar la curiosidad por la naturaleza.
- El respeto a la naturaleza.
- La elaboración y verificación de hipótesis de fenómenos y procesos naturales.
- Observación, medida y experimentación.
- Aplicaciones prácticas del conocimiento de la naturaleza.

El plan nacional de estudios enfatiza el uso del método científico en la clase (por ejemplo, planteando preguntas o proponiendo hipótesis, realizando observaciones y tomando medidas). En el nivel secundario inferior (grados 7 a 9), la ciencia se divide en cuatro temas: geografía, biología, química y física.

2.5. FORMACIÓN DEL PROFESORADO EN ITALIA, ESPAÑA, ESTONIA, LITUANIA Y POLONIA

En la escuela infantil y primaria se considera que la formación de los maestros debe conducir a profesionales preparados, motivados y atentos que descubran las particularidades de los alumnos. Estas características constituyen un factor de calidad indispensable para la construcción de un ambiente cómodo, seguro y bien organizado que genere confianza tanto en los padres como en la comunidad. La formación educativa de los profesores se basa

en escuchar a los alumnos, llevar a cabo una interacción participativa, actuar como mediadores y prestar una atención continua a los alumnos, haciéndose cargo de su “mundo”. También deben prestar atención a sus descubrimientos, apoyar y fomentar la evolución de su aprendizaje y mejorar su autonomía y el desarrollo de formas más conscientes de conocimiento.

Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia tienen criterios bien definidos en cuanto a la formación de los docentes.

Italia

En Italia los profesores de Infantil y Primaria deben graduarse en Ciencias de la Educación cursando sus estudios durante cinco años con una nota de corte determinada.

La situación es diferente para los profesores de secundaria. El decreto ministerial n. 249 (DM 249/2010) establece que los futuros maestros deben alcanzar un máster y completar un año posterior de “internado activo” (TFA). Si se tiene en cuenta el hecho de que sólo es posible obtener un máster después de obtener un grado de tres años, la duración total de la formación es de seis años²¹.

El Grado en Ciencias de la Educación Primaria en la Universidad de Bolonia²² incluye varias horas de formación en materias científicas tales como geometría, matemáticas básicas, química, bio-

²¹ Pusztaí, G. and Engler, A. (ed.), 2014. *Educación Estudios de casos de maestros en perspectiva Comparativa*. Debrecen, Hungría: Centro de Investigación de Educación Superior y el Desarrollo Hungría (CHERD-H). Disponible en: <http://real.mtak.hu/15409/1/volume_teacher_education.pdf>.

²² El plan de estudios que ofrece la Universidad de Bolonia para la Ciencia de la Educación Primaria es muy similar al plan de estudios ofrecido por las otras universidades italianas para el mismo grado universitario.

logía y elementos de estadística, que forman parte de un número importante de los créditos del curso²³.

Aunque las universidades son libres de elegir los currículos y métodos de enseñanza que consideren más adecuados para la formación de maestros, existen directrices nacionales que establecen algunos criterios generales relativos a la organización y ambiente del aprendizaje²⁴.

España

En España, para ejercer como maestro es necesario obtener una titulación académica que acredite la capacitación pedagógica y la educación necesarias. Las titulaciones universitarias necesarias para ejercer son: profesor de Educación Infantil (para niños de 0 a 6 años de edad) y el grado de Educación Primaria (de 6 a 12 años). El Ministerio de Educación tiene competencia sobre la verificación de los títulos oficiales universitarios que califican a los maestros y también sobre los contenidos mínimos de los planes de estudio. Las universidades son competencia de las Comunidades Autónomas que pueden decidir sobre la modificación o ampliación de los programas de estudio de los futuros maestros, siempre siguiendo las exigencias mínimas del Ministerio de Educación²⁵.

Se ha investigado sobre la formación recibida

por los futuros maestros en las facultades pertenecientes a cuatro universidades, cuyos currículos varían ligeramente en función de la universidad de la que se trate: Universidad Complutense de Madrid (UCM); Universidad Autónoma de Barcelona (UAB); Universidad Pública de Navarra (UPNA) y Universidad de Oviedo (UNIOVI). En algunos de sus planes de estudios la ciencia se estudia bajo la perspectiva de las ciencias sociales y naturales y en algunos otros se realiza mediante un enfoque práctico que incluye también un laboratorio de ciencias físico-químicas²⁶.

Estonia

En Estonia los futuros maestros cursan sus estudios en la universidad para obtener un grado y un máster.

Los requisitos para el inicio de la formación del profesorado son los mismos que los correspondientes a cualquier nivel de educación superior, es decir, estar en posesión de un título de educación secundaria.

Una condición previa adicional para la formación del profesorado en infantil, primaria, secundaria, formación profesional y educación especial, es completar pruebas de idoneidad profesional²⁷. En Estonia, los futuros profesores pueden estudiar en la Universidad de Tallin

²³ Università degli Studi di Bologna. *Scienze della Formazione Primaria, LMCU per Matricole 2017/18*. Disponible en: <<http://corsi.unibo.it/laurea/scienzeformazioneprimaria/Pagine/PianiDidattici.aspx?CodCorso=8540&AnnoAccademico=2017yOrientamento=000=000yINDIRIZZoyProgressivo=2,017>>. [Consultado el: 09.12.17].

²⁴ Cerini, G., Mazzoli, P., Previtali, D., Silvestro, M. R., 2012. *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, [online]. Italia: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Disponible en: <http://www.indicazioninazionali.it/documenti_Indicazioni_nazionali/indicazioni_nazionali_infanzia_primo_ciclo.pdf>.

²⁵ Ministerio de Educación del Gobierno de España. *Formación Inicial del Profesorado*. Disponible en: <<http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/profesorado/no-universitarios/formacion/formacion-inicial.html>>.

²⁶ UCM. *Plan de Estudios Maestro en Educación Primaria 2017-2018*, [online]. Disponible en: <<http://educacion.ucm.es/estudios/grado-educacionprimaria-estudios-estructura>>.

²⁷ Ministerio de Educación y Ciencia de Estonia, 2016. *Koolitus- ja arendustegevus*. Estonia.

en la especialidad de Ciencias de la Educación; aquí el estudio de la ciencia se centra en temas como: Matemáticas, Cuidado de la Salud, Ciencias Didácticas y Estudios de la Naturaleza²⁸.

Lituania

En Lituania, la formación de los futuros maestros de escuelas básicas de infantil y primaria corre a cargo de instituciones de enseñanza superior. Los profesores de enseñanza secundaria se forman en la Universidad de Vilnius, la Universidad Pedagógica de Šiauliai, Vytautas Magnus University (en Kaunas) y la Universidad de Klaipeda. Aquí los futuros maestros estudian varios temas científicos: Álgebra y Estadística, Matemática Moderna, Geometría y Ciencias de la Salud²⁹. También se pueden cursar estudios de cuatro años de duración en otras instituciones. Los grados de máster confieren el derecho a enseñar en *gymnasiums* y colegios. Para acceder a la enseñanza es necesario un título de licenciatura y al menos un año de experiencia. Algunas instituciones de educación superior ofrecen también programas que capacitan directamente como maestros así como otros cursos de un año de duración tras completar el programa de estudio regular³⁰.

Polonia

En Polonia la formación inicial de los profesores se lleva a cabo siguiendo dos posibles itinerarios:

1. En instituciones de enseñanza superior se imparten programas de grado, incluidos los

programas de primero y segundo ciclo, así como programas de postgrado.

2. Dentro del sector de la enseñanza media (hasta 2015) se puede obtener el título en escuelas normales e institutos de formación docente de lenguas extranjeras.

Todas las instituciones educativas tanto en los sectores de educación pública como privada están organizadas en torno a esos dos modelos de formación.

Se observan en la UE dos modelos de educación científica: uno simultáneo y otro que podríamos llamar consecutivo. En el primer modelo, que es el predominante en Polonia, se imparten materias complementarias especiales en los centros de enseñanza superior, en forma de programas de grado. Los estudiantes pueden elegir, entre estas materias, una serie de asignaturas de especialización docente, consiguiendo una formación profesional (formación pedagógica) como parte de sus programas de grado, en paralelo a su formación general de temas concretos. Los que no han seguido este camino pueden cursar estudios complementarios una vez finalizadas sus carreras.

Esta última opción, el modelo en el que el alumno se especializa en enseñanza una vez terminados sus estudios en ciencia, se rige por las normas de formación docente que se formulan en el Reglamento de 2012 por el Ministerio de Ciencia y Educación Superior polaco.

²⁸ Tallina Ülikool. Disponible en: <http://ois.tlu.ee/pls/portal/ois2.ois_public.main>.

²⁹ Los planes de estudio que ofrecen los cursos de Ciencias de la Educación en las universidades de Lituania presentan el enfoque similar sobre temas científicos.

³⁰ Euro Education. Disponible en: <<http://www.euroeducation.net/prof/lithuaco.htm>>.

La formación del profesorado consiste en complementar la formación en un tema científico (biología, matemáticas, etc.) con una especialización específica en métodos de enseñanza, psicología y pedagogía. En virtud del reglamento antes mencionado, los profesores de enseñanza infantil y primaria deben tener como requisitos mínimos un título de licenciatura, mientras que los profesores de las escuelas de secundaria deben tener, además un título de máster o equivalente³¹. En la Universidad de Varsovia, en la Facultad de Educación los futuros maestros estudian varios temas científicos durante 3 años con asignaturas como Ciencia y Tecnología para profesores, Matemáticas para maestros, Educación Matemática, Educación en Ciencias Naturales³². En la Universidad de Lublin, en la Facultad de Educación, los futuros maestros estudian también contenidos científicos y pedagógicos, como didáctica, matemáticas, ciencias naturales y ciencias sociales³³.

2.6. PARTICIPACIÓN DE LAS MUJERES EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN ITALIA, ESPAÑA, LITUANIA, ESTONIA Y POLONIA

Tanto para aumentar la calidad científica como para facilitar el desarrollo económico de los países es necesario aumentar la presencia de las mujeres en los mundos de la ciencia y la tecnología. Esto se traduce en la necesidad de corregir el desequilibrio producido por la ausencia de

las mujeres en el mundo de la ciencia, lo que no es un proceso sencillo. Las mujeres tienen que aumentar su presencia en las esferas de la investigación científica y de la divulgación y socialización de la misma, no solo por mejorar sus expectativas sino también para conseguir un mayor beneficio de la sociedad en la que viven. *La Visión Estratégica del Área de Investigación Europea* adoptado en 2010 establece como objetivo para 2030 que la mitad de todo el personal científico, en todas las disciplinas y en todos los niveles de la científica, sean mujeres. Se trata de un intento de romper la segregación horizontal y vertical que existe actualmente en la ciencia europea.

En Europa existen varios programas encaminados a este fin, como *Chicas Europeas en STEM*, que es un estudio encargado por Microsoft y el profesor Martin W. Bauer del Departamento de Psicología y Ciencias de la Conducta en la London School of Economics (LSE). Es el primer estudio realmente integral de las mujeres en STEM. Se encuestó a 11.000 mujeres jóvenes de edades comprendidas entre los 11 y los 30 años, de 12 países europeos: Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Países Bajos, Polonia, la República Checa, Reino Unido, Rusia y Eslovaquia.

Analizaremos ahora la presencia de las mujeres en la educación científica en Italia, España, Estonia, Lituania y Polonia.

³¹ Unidad de Eurydice Polonia: Fundación para el Desarrollo del Sistema de Educación, 2014. *El sistema de educación en Polonia*. Disponible en: <http://eurydice.org.pl/wp-content/uploads/2014/10/THE-SYSTEM_2014_www.pdf>.

³² University of Warsaw. Disponible en: <<http://informatorects.uw.edu.pl/en/programmes-all/PEMD/NZ1-PEMD/>>.

³³ Aunque los estudiantes universitarios no son el objetivo del proyecto SCILIT, formación científica futuros profesores en sus universidades se ha informado en este estado de la técnica con el fin de tener una visión más detallada y completa sobre el respaldo científico del suelo maestros tienen.

Italia

En Italia, de acuerdo con los resultados del programa “Chicas Europeas en STEM” sólo el 12,6% de las mujeres cursarán estudios superiores en los campos STEM. El punto de partida parecería sugerir un resultado diferente. El 42,1% de las estudiantes italianas dicen que les apasionan las clases de matemáticas y el 41,7% se sienten inclinadas a las ciencias numéricas, frente a una media europea del 37,6%. Mientras que el 49,2% dicen que les gusta la informática, en los países europeos sólo les gusta al 42,2%. Aun así, el 59% de las jóvenes italianas creen que pueden lograr excelentes resultados en el estudio de las materias STEM y más del 60% no tienen miedo a ser tratadas como “estudiosas” al inscribirse en una facultad científica. Además, el 66,1% de las encuestadas italianas, frente a una media europea del 59%, dijeron que se sentirían más cómodas sabiendo que en el mercado de trabajo recibirían el mismo tratamiento que los hombres.

Aunque existen numerosos ejemplos de mujeres italianas que han contribuido a revolucionar el mundo de la ciencia (Rita Levi Montalcini, Margherita Hack, Samantha Cristoforetti, Elena Cattaneo, Fabiola Gianotti, etc.) uno de los mayores obstáculos para inclinar a las jóvenes hacia una carrera científica es la falta de modelos femeninos en los que inspirarse.

Un problema que se ha encontrado sólo en Italia es la llamada presión de grupo. Esto se traduce en que si una chica está interesada en temas de STEM, pero su grupo de amigos no lo está,

ella también perderá el interés. Además, está el tema relativo a la forma en la que se enseñan las materias de ciencias en la escuela. Este tema está relacionado con la carga excesiva de estudios teóricos con respecto a la falta de experiencia práctica lo que no ayuda a que los alumnos se apasionen por la ciencia.

España

En España existe un marco legal que incorpora un número considerable de las recomendaciones propuestas en Europa y Estados Unidos. En conjunto, la Ley de Igualdad de 2007, la Ley de Universidades (LOMLOU) de 2007 y la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación (capítulo 3, *Libro Blanco. Situación de las Mujeres en la Ciencia Española*), cubre las áreas en las que es necesario basar las medidas específicas con el fin de eliminar los prejuicios y las barreras y con el fin de reducir la pérdida de capital humano altamente cualificado en ciencia³⁴.

La Ley de la Ciencia, Tecnología e Innovación incluye medidas específicas en estos seis campos:

1. La composición de los órganos, juntas y comités regulados por esta ley, y los cuerpos de evaluación y selección en el Sistema de Ciencia y Tecnología español, se ajustarán a los principios de composición e igual presencia de hombres y mujeres según lo establecido en la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva entre hombres y mujeres.

³⁴ Sánchez de Madariaga, I., de la Rica, S. y Dolado, J. J. (coord.), 2012. *Libro Blanco sobre la Situación de la Mujer en la Ciencia en España*, [online]. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación. Disponible en: <http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/UMYC/WhitePaper_Interactive.pdf>.

2. La *Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación* tiene entre sus objetivos promover la incorporación de la perspectiva de género como una categoría transversal en la investigación científica y la tecnología, de tal manera que se considere relevante para todos los aspectos del proceso, desde la definición de prioridades científico-técnicas, problemas de investigación, marcos teóricos y explicativos, métodos, obtención de datos, interpretación, conclusiones, aplicaciones y desarrollos tecnológicos, hasta las propuestas para futuros estudios. También promoverá estudios de género y medidas específicas para aumentar la presencia de mujeres en los equipos de investigación, a la vez que se asegure que reciban el justo reconocimiento.
3. Toda la información sobre participantes en ciencia, tecnología e innovación recolectarán datos desglosados por sexo, manteniéndose esta información a lo largo de cualquier tratamiento de esos datos, de tal manera que puedan reflejarse en los indicadores de presencia y productividad.
4. La selección y evaluación de personal de investigación de las universidades públicas seguirá los principios contenidos en el estudio: *Libro Blanco sobre la Situación de la Mujer en la Ciencia en España*. Asimismo los Organismos de Investigación de la Administración General del Estado, y los procedimientos para conceder ayudas y subvenciones a la investigación, establecerán mecanismos para eliminar el sesgo de género que incluirá, cuando sea posible, mecanismos de evaluación que impidan al evaluador conocer las características del solicitante, en particular, su sexo o raza.
5. La Estrategia Estatal de Innovación promoverá la incorporación de la perspectiva de género como una categoría funcional transversal en todas las áreas de desarrollo.
6. Los Organismos Públicos de Investigación adoptarán Planes de Igualdad en un plazo máximo de dos años desde la publicación de esta ley, y éstos serán objeto de un seguimiento anual. Estos planes deben incluir incentivos para los centros encaminados a mejorar sus indicadores de género en las evaluaciones anuales.

Estonia

En Estonia la educación en general y la ciencia en particular presentan características específicas según el género. En comparación con los hombres, las mujeres asisten a la escuela más tiempo y tienen un mayor nivel educativo. Los hombres tienden a poner fin a su carrera educativa antes y es menos probable que lleguen a cursar estudios superiores. Las mujeres y los hombres forman dos campos diferentes en cuanto a los estudios y esta tendencia no parece que vaya a disminuir. Además de eso, la mayoría de los trabajadores de la educación son mujeres, que dominan todos los niveles educativos, excepto los de la educación superior. El número de hombres jóvenes que son admitidos en las instituciones de educación superior es menor pues no pueden competir con las jóvenes en los exámenes de admisión. En 2012, por

cada 100 hombres tuvieron acceso a estudios superiores 130 mujeres.

La participación de las mujeres en el número total de alumnos que acceden a la educación superior es del 58%. La “desproporción” de género es causada por el predominio de unos planes de estudio que se consideran más apropiados para las características de las mujeres en esa sociedad. Por ejemplo, las mujeres se impusieron en cinco de las ocho áreas de los estudios de licenciatura; el predominio del sexo femenino fue más alto en los campos de estudio de la educación, salud y área humanitaria. En cambio los jóvenes eran mayoría en las áreas de ciencias naturales y exactas (especialmente en tecnología), de acuerdo con la tendencia común en los países de la UE³⁵.

De acuerdo con el artículo 12 de la Constitución de Estonia, todos son iguales ante la ley y nadie podrá ser discriminado por razón de nacionalidad, raza, color, sexo, idioma, origen, religión, opinión política o de otra índole, condición social, o por otros motivos.

De acuerdo con la enmienda que se refiere al Gobierno de la República del año 2000, el Ministerio de Asuntos Sociales se encarga de promover la igualdad de género, la coordinación del trabajo en este campo y la compilación de los borradores de los actos oficiales. En 1996, se creó un departamento de igualdad de género dentro del Ministerio de Asuntos Sociales, nombre que cambió en 2004 pasando a llamarse Departamento de Igualdad de Género. También en 2004 se promulgó en Estonia una Ley de

Igualdad de Género que prohíbe la discriminación por motivos de género y obliga a los organismos públicos y a las empresas a respetar y promocionar la igualdad de género.

Lituania

En Lituania, las principales medidas utilizadas para promocionar la participación de las mujeres en las actividades científicas de manera más activa son las siguientes: motivar a las mujeres jóvenes para que sigan carreras científicas; ayudarlas para que lleguen a las más alta cualificaciones y se dediquen a la investigación científica. También promover la participación de las mujeres en la gestión y administración de la ciencia, hasta ocupar las posiciones más elevadas.

Herramientas de organización

En muchas instituciones de Lituania, tanto científicas como de enseñanza superior, los procedimientos por los que se evalúan y se otorgan los empleos en ciencia se encuentran todavía lejos de la perfección. Por esa razón, el Gobierno de la República de Lituania va a adoptar, en un futuro cercano, normas para regular los requisitos mínimos de cualificación del personal docente y de investigación de las instituciones estatales de ciencia y educación superior, así como para seleccionar al personal y conceder títulos científicos y pedagógicos en las escuelas secundarias.

Este proyecto se encuentran entre los más importantes, y su fin es poner en práctica los principios de igualdad de oportunidades en las

³⁵ Wiki Gender. Disponible en: <<http://www.wikigender.org/countries/europe-and-central-asia/gender-equality-in-estonia/>>. [Consultado el: 14/09/2017].

estructuras de ciencia y educación superior. También existen leyes en Lituania que proporcionan garantías adicionales para las mujeres. Entre ellas, la suspensión temporal de sus actividades de trabajo asociadas al nacimiento de sus hijos o al cuidado de menores. Estas garantías sociales permiten a las mujeres mantener sus posiciones y les proporcionan la oportunidad de profundizar en sus estudios y mejorar su formación.

En Lituania hay 63 instituciones científicas y de enseñanza superior (29 institutos de ciencias estatales, 15 escuelas secundarias estatales, 4 escuelas secundarias privadas y 15 instituciones de ciencias del estado). En estas instituciones de ciencia y enseñanza superior, sólo 4 mujeres ocupan el cargo de director. De los 23 componentes del Consejo de Ciencias de Lituania, sólo 2 de ellos son mujeres. La proporción global de mujeres científicas es del 45% (que fluctúa entre el 10% y el 75%, dependiendo de la rama de ciencia), pero en algunas instituciones de ciencia y enseñanza superior sólo hay unas pocas mujeres científicas que ocupen puestos de alto nivel en la administración.

Principales instrumentos financieros

En Lituania, los científicos pueden obtener los siguientes apoyos financieros del estado: beca del Estado para jóvenes científicos, que se concede hasta los 35 años de edad; beca del Estado del grado superior, otorgado a los científicos distinguidos; becas concedidas por el Estado y el Fondo de Enseñanza Superior. Asimismo, tanto de forma individual como por grupos de investigación, el estado concede ayudas para

realizar proyectos y publicaciones científicas. También existen ayudas para realizar trabajos científicos en el extranjero (donde se contemplan gastos de viaje, dietas y becas), según los acuerdos de cooperación en los campos de la ciencia y la enseñanza superior, a cargo del Ministerio de Educación y Ciencia. En el momento actual no existen en Lituania ayudas específicas destinadas a mujeres científicas, y sólo el 25% de los participantes de los concursos para obtener las becas mencionadas son mujeres. El plan de igualdad de oportunidades para hombres y mujeres, del *Programa Lituano para el Progreso de las Mujeres*, mencionado anteriormente, prevé mejorar la relación entre mujeres y hombres en el campo de la ciencia y de la enseñanza superior, con el fin de alcanzar mejores resultados científicos³⁶.

Polonia

En Polonia, según la Agencia de Prensa Polaca, el 69% de las mujeres son de la opinión de que existe discriminación en el país. No se sabe hasta qué punto esta opinión es compartida por las mujeres que trabajan en ciencia, ya que no existen encuestas en este campo. Sin embargo, los datos estadísticos indican que la igualdad real que existe entre mujeres y hombres durante el período de formación no se refleja a lo largo de su carrera académica. La disparidad en el desarrollo de las carreras científicas entre hombres y mujeres en Polonia es mucho menos visible que el relativo a la participación de las mujeres en la administración de la ciencia y política científica, donde la discriminación es más evidente. En el Comité de Investigación Científica del

³⁶ Grupo sobre la mujer y la ciencia «Mujeres y Ciencia», 2000. *Examen de la situación en Lituania*, [online]. Helsinki. Disponible en: <http://cordis.europa.eu/pub/improving/docs/women_national_report_lithuania.pdf>.

Estado, el órgano de administración supremo para determinar la política nacional en ciencia, establecida por la Ley del 12 de enero 1991, hay 4 mujeres de un total de 60 representantes elegidos por la comunidad científica (6,6%). En la Academia Polaca de Ciencias, otro cuerpo decisivo y consultivo en el ámbito de la investigación científica, hay 9 mujeres de un total de 328; en el Parlamento hay 2 miembros femeninos (2,7%) y en el consejo de administración de la Academia encontramos sólo 1 mujer entre los 31 miembros que lo componen (3,2%)³⁷.

De acuerdo con la nueva Constitución aprobada en 1997, Polonia asegura la igualdad de derechos para las mujeres y los hombres en todos los ámbitos de la vida. En particular, el artículo 33 de la Constitución establece que “los hombres y las mujeres tienen los mismos derechos (...) en lo que se refiere a la educación, el empleo y la promoción, y tendrán derecho a igual remuneración por trabajos equivalentes, a la seguridad social y a la posibilidad de recibir honores públicos y condecoraciones”³⁸.

2.7. INFORME PISA

El Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA)³⁹ realiza una encuesta trienal que evalúa la calidad de la enseñanza correspondiente a los alumnos de 15 años, cercanos al final de la educación obligatoria, determinando si han adquirido los conocimientos y habilidades esenciales para la plena participación en las sociedades modernas.

Los datos de los informes PISA se refieren a los alumnos de 15 años de edad, encontrándose por lo tanto fuera del grupo objetivo del proyecto Sci-Lit. De todas formas, estos datos son útiles para ayudar a evaluar la formación infantil y primaria que, sin duda, influye decisivamente en la enseñanza media.

La evaluación PISA no solo determina si los estudiantes pueden reproducir el conocimiento aprendido. También evalúa la capacidad de los estudiantes para aplicar su conocimiento en la solución de problemas en campos de aplicación diferentes a aquellos en los que los han adquirido. Esta característica responde al hecho de que en las economías modernas se evalúa a las personas no solo por lo que sabe, sino por lo que son capaces de hacer con los conocimientos que poseen.

Estos datos ofrecen una visión muy valiosa de los enfoques políticos y de los logros prácticos de la educación, y pone al descubierto las tendencias que se observan en los resultados en cada país, lo que es también de gran ayuda para controlar los resultados de la formación en los diferentes grupos demográficos de cada país. Los resultados del informe PISA permiten a los responsables políticos de todo el mundo medir el conocimiento y las habilidades de los alumnos en sus propios países y realizar comparaciones con los de otros países. Asimismo, permite contrastar los objetivos políticos en enseñanza con los resultados realmente obtenidos, permitiendo correcciones y

³⁷ Grupo de Helsinki sobre mujeres y ciencia de noviembre de 2001. Disponible en: <http://cordis.europa.eu/pub/improving/docs/women_national_report_poland.pdf>.

³⁸ Dirección General de Políticas Interiores, 2011. *La Política de Igualdad de Género en Polonia*. Disponible en: <<http://www.europarl.europa.eu/document/activities/cont/201107/20110725ATT24649/20110725ATT24649EN.pdf>>.

³⁹ OECD. Disponible en: <<http://www.oecd.org/pisa>>. [Consultado el: 12/07/2017].

rectificaciones. Los informes PISA proporcionan datos relevantes en los casos de Italia, España, Estonia y Polonia.

En Italia los estudiantes alcanzan una puntuación de 481 puntos en ciencia, como promedio (respecto a los 500 puntos de media establecida para la Unión Europea). Esto significa que el rendimiento en Italia se encuentra por debajo de la media de la OCDE y es comparable a los resultados de Croacia, Hungría y Rusia. A los 15 años de edad, los estudiantes italianos presentan una puntuación de más de 50 puntos por debajo de Estonia, Japón y Singapur, y entre 10 y 40 puntos por debajo de los estudiantes de Austria, Francia, Alemania Portugal, Eslovenia y Suiza. En Italia el 3% de los estudiantes llega a los 15 años sin haber recibido ninguna clase de ciencia a lo largo de su formación. Por otra parte, de acuerdo con los informes de los directores de escuelas en Italia, los departamentos de Ciencia se encuentran bien equipados y con suficiente personal, en comparación con la mayoría de los directores de escuelas en países de la OCDE. Por ejemplo, el 81% de los directores de Italia informó de que el material para la práctica de actividades en ciencia está a un nivel similar al del promedio en países de la OCDE⁴⁰.

En Estonia, los estudiantes son los primeros de Europa y los terceros del mundo, tras Singapur y Japón, con un resultado promedio de 534 puntos (el promedio de la OCDE es de 493). Más del 90% de los estudiantes estonios tienen conocimiento

a nivel básico en todas las materias de ciencia: biología, geografía, física y química. Entre los países europeos, Estonia tiene el menor número de estudiantes con habilidades por debajo de nivel básico. Tampoco existen diferencias entre niños y niñas cuando se trata de conocimientos en las ciencias⁴¹.

En España, el rendimiento en matemáticas, lectura y ciencias permanece anclado justo por debajo de la media de la OCDE, a pesar del aumento del 35% en los presupuestos de educación producido desde 2003 y de los numerosos esfuerzos realizados a nivel nacional y regional⁴².

España también se encuentra por debajo del promedio en lectura: 488 puntos de puntuación. El rendimiento en lectura se mantiene sin cambios desde el año 2000 (en el que se redujo de 493 a 488 puntos, lo que no constituye un cambio significativo). Alemania, Liechtenstein, Polonia y Suiza se situaron por debajo de España en 2000 pero la superaron en 2012. Israel, Letonia y Portugal alcanzaron un nivel inferior a España en el 2000 y se mantuvieron así en la evaluación del año 2012. España se encuentra justo por debajo de la media en ciencia: 496 puntos, manteniéndose en ese lugar desde 2006, mejorando ligeramente, pero no significativamente, de 488 a 496 puntos.

En Polonia, las reformas recientes han dado lugar a una rápida mejora en el rendimiento educativo. Este país se mantiene por encima de la media de la OCDE en PISA 2012, con la mejora de las

⁴⁰ Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes, 2015. *Los resultados de Pisa, Italia*, [online]. Disponible en: <<https://www.oecd.org/pisa/PISA2015-Students-Well-being-Country-note-Italy-Italian.pdf>>. [Consultado el: 07/12/2017].

⁴¹ Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes, 2015. *Los resultados de Pisa, Italia*, [online]. Disponible en: <<https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-spain.pdf>>. [Consultado el: 05/09/2017].

⁴² Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes, 2015. *Results from Pisa, Country Note Estonia*, [online]. Disponible en: <https://www.hm.ee/sites/default/files/pisa_2016_booklet_eng.pdf>. [Consultado el: 14/09/2017].

puntuaciones en matemáticas, lectura y ciencias. El impacto del entorno socioeconómico de los alumnos en Polonia se sitúa alrededor de la media de la OCDE. La asistencia a la educación infantil está por debajo de la media de la OCDE, viéndose incrementada en niños más mayores; este aumento de asistencia es de alrededor de 52% para los niños de 3 años de edad y del 86% para los alumnos de 6 años de edad (en comparación con el promedio de la OCDE, del 74% para los niños de 3 años de edad y del 97% para los de 6 años de edad)⁴³.

Polonia alcanzó valores superiores a la media en matemáticas, lectura y ciencias en PISA 2012. La puntuación en lectura, matemáticas y ciencia ha ido en aumento a través de los ciclos de PISA. El impacto de la situación socioeconómica de los estudiantes en las puntuaciones de matemáticas (16,6%) se sitúa alrededor de la media de la OCDE (14,8%). El grado de alfabetización y rendimiento numérico para los adultos (de entre 16-65 años) está por debajo del promedio de países de la OCDE que participan en el estudio de 2013, en tanto que los adultos más jóvenes (de entre 16-24 años) se encuentran en torno a la media de la OCDE en aritmética y por encima de la media de la OCDE en alfabetización.

2.8. CONCLUSIONES

Para citar a J. Osborne y J. Dillon, autores del informe *Educación Científica en Europa: Reflexiones críticas*: "La ciencia es un componente importante de nuestro patrimonio cultural europeo. Proporciona las explicaciones más importantes que tenemos del mundo material. Además, es esencial contar con una cierta comprensión de las prácticas y procesos de la ciencia para poder tomar parte en la solución de muchos de los problemas con que se enfrenta la sociedad contemporánea"⁴⁴.

En este estudio del estado del arte se ha observado que, desde finales de la década de 1990, la mejora de la educación científica ha sido un objetivo relevante para varios países europeos, aumentando el número de proyectos y programas que se han creado para este fin desde esa fecha⁴⁵.

El principal objetivo de estos programas ha sido el de promover el estudio de la ciencia y promover una visión más positiva del conocimiento en la sociedad. En este sentido, se han adoptado muchas de las medidas, a partir de los primeros años de enseñanza, para mejorar en los alumnos el interés por la ciencia. Entre estas medidas se encuentran: la implementación de reformas de los programas, la creación de asociaciones entre escuelas y empresas científicas o centros de investigación, así como implementar proyectos centrados en el desarrollo profesional continuo.

⁴³ OECD, 2015. *Education Policy Outlook*, [online]. Polonia. Disponible en: <www.oecd.org/education/policyoutlook.htm>.

⁴⁴ Osborne, J., Dillon, J., 2008. *Ciencias de la Educación en Europa: Reflexiones críticas*. Londres: Nuffield Foundation. Disponible en: <http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf>.

⁴⁵ Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA), 2011. *Science Education in Europe National Policies practices and research*. European Commission.

Como resultado de esta investigación se puede observar que, en lo referente a políticas y programas de estudio en enseñanza de las ciencias en la escuela infantil y primaria, los países socios del proyecto SciLit presentan un marco legal similar. Todos ellos adoptan políticas nacionales y regionales; todos siguen directrices nacionales en formación del profesorado y las universidades ofrecen programas de estudio que contienen temas científicos. Sobre la participación de las mujeres en la educación científica los datos no son positivos. La educación en ciencia presenta todavía sesgos relacionados con el problema de género, a pesar de las medidas adoptadas a nivel europeo y nacional para alentar a las mujeres a participar en las actividades científicas.

Las estrategias adoptadas para mejorar los aspectos de la educación pueden variar significativamente de país a país. A veces son programas estratégicos generales, incluyendo todas las etapas de la educación y la formación (desde la primera infancia hasta la educación de adultos) y otras veces proyectos enfocados a una etapa específica de la educación o a áreas específicas de aprendizaje. Aunque ya se han alcanzado buenos resultados, todavía tenemos un largo camino por recorrer. Tanto a nivel europeo como a nivel nacional es necesario seguir trabajando, estableciendo una cooperación activa en las políticas comunes dirigidas a la mejora de las estrategias y a la construcción de nuevas prácticas de enseñanza de las ciencias.

TERCERA PARTE

**PROPUESTA PARA
LA MEJORA DE LA
EDUCACIÓN CIENTÍFICA
EN LAS PRIMERAS ETAPAS**



3. PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN LAS PRIMERAS ETAPAS

3.1. PANORAMA HISTÓRICO

El objetivo general de esta parte es meditar sobre la evolución de los conceptos de la cultura científica de la sociedad desde mediados del siglo XX hasta la actualidad. En este período, el significado de la expresión ha sufrido ciertos cambios que, aunque tratados en la primera parte, reconsideraremos aquí desde un nuevo punto de vista. La evolución del concepto al que nos referimos se puede dividir en tres períodos, como dijimos anteriormente: una primera etapa caracterizada por la elaboración de contenidos, un segundo período centrado en la Naturaleza de la Investigación Científica (NSR) y, por último, una tercera etapa dedicada a la llamada Visión de la Naturaleza de la Ciencia (VNOS).

En el mismo plano que el aprendizaje de las ciencias y, de acuerdo con las directrices del Programa H2020 europeo, también hay que considerar la eliminación de las barreras existentes que generan discriminación hacia las mujeres en las carreras científicas.

Hasta 1957 (fecha del lanzamiento del Sputnik) tiene lugar lo que podríamos llamar el período romántico. Gracias a la influencia de importantes investigadores como Thomas Huxley, Charles Lyell, Michael Faraday y John Tindall, la clase media, comenzó a interesarse por la visión científica del mundo en la enseñanza. Este interés estaba centrado más que por cualquier razón

práctica, por el beneficio que se obtenía de la formación del alumnado, por la belleza y simplicidad de esta visión, por el desarrollo de la creatividad a través de su aprendizaje y por la independencia inherente del pensamiento, obligatoriamente crítico en el caso de la ciencia. Gracias a estas consideraciones, el resultado es que la ciencia se abre paso en los programas oficiales de enseñanza.

De esta manera nos acercamos a la fecha crítica para nuestro tema: 1957, con un mundo sumido en la Guerra Fría, impresionado por los descubrimientos científicos y el desarrollo tecnológico que estaban relacionados directamente con la Segunda Guerra Mundial, lo cual había conferido al bloque occidental de una enorme confianza y seguridad en sí mismo. Entre otras cosas, esta confianza se reflejó en la certeza de que el sistema educativo de este lado del telón de acero (que había producido estos adelantos) era muy superior a cualquier otro, por lo cual no necesitaba ninguna modificación.

En este ambiente, para el asombro de todo el mundo, el 4 de octubre de 1957 la Unión Soviética lanzó el primer satélite espacial de la his-

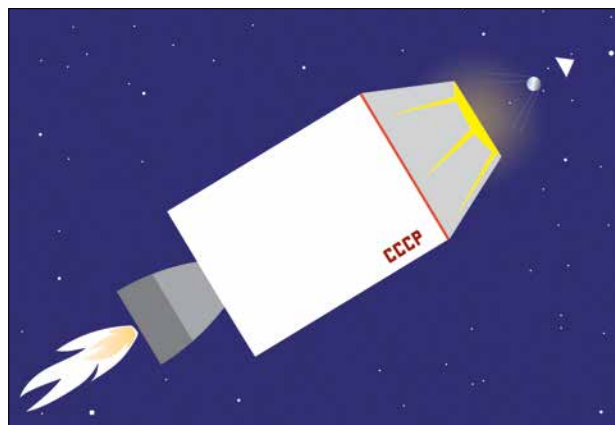


Ilustración del Sputnik.

toria. Esto provocó (sobre todo en Estados Unidos) un tremendo shock, fulminando la sensación de seguridad y superioridad científica y técnica a la que nos hemos referido.

El Sputnik era una amenaza grave que debía ser neutralizada a toda costa. Para ello hubo que implementar una serie de programas de investigación y desarrollo con un costo muy elevado y de una duración poco menos que indefinida. Pero, siendo los EE.UU. un país democrático, como era el caso, la aportación de fondos de un presupuesto tan elevado debía, necesariamente, ser apoyado por los ciudadanos, sobre todo si el esfuerzo debía durar durante un período que se fijó, tentativamente, en unos veinte años.

Por otra parte, en una sociedad democrática cada vez más basada en las nuevas tecnologías (cultivos transgénicos, clonación de animales, elección del tipo de energía a utilizar, etc.), era imprescindible contar con ciudadanos que entendieran lo que implican estas tecnologías, de manera que puedan tomar decisiones responsables entre las diferentes alternativas ofrecidas por los programas políticos entre los que deben elegir. En ese momento, esto dio lugar a un nuevo concepto de alfabetización, la alfabetización científica, que necesariamente debía llegar a todos los ciudadanos, como había ocurrido con la alfabetización literal algunos siglos antes.

Como en cualquier cambio social dirigido desde el estado, el foco se concentró en la enseñanza en las primeras etapas y, en consecuencia, en

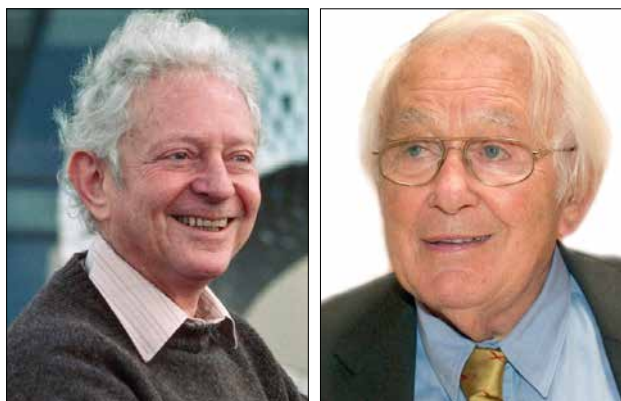
la formación de sus profesores, así como en la búsqueda de nuevos métodos de enseñanza.

Nadie en ese momento histórico tenía una idea clara de los conocimientos que una persona debía poseer para ser considerada alfabetizada desde el punto de vista de la ciencia. La primera propuesta, obviamente, fue la de que hubiese estudiado y asimilado determinados contenidos científicos. En consecuencia, se elaboraron listas más o menos oficiales de contenidos, diferentes para cada disciplina y, en algunos casos, para cada país. Es el período que se conoce como de los *benchmarks*, debido a las relaciones de temas imprescindibles que se elaboraron por doquier. El fallo de este modelo es ahora evidente.

En nuestra opinión, el concepto de alfabetización científica nunca contó con una buena definición y, como señaló Bybee en su obra de 1997, la alfabetización científica fue más bien una consigna, sólo útil para expresar la importancia de la educación científica. Dada la dificultad de definirla por medio de una relación de contenidos (que fueron aumentado de manera incontrolada), surgió una nueva propuesta: la ciencia se conoce cuando se sabe cómo se hace, cuando se sabe cómo los científicos la elaboran y construyen.

Esta idea se debe a George Charpak, Premio Nobel de física que, en 1995, inició el programa *La main à la Pâte*, inspirado en un modelo anterior implementado en Estados Unidos por Leon Lederman, también ganador del premio Nobel

¹ Lederman, J.S. y Lederman, N.G., 2004. *Estudiantes de primaria y profesores la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la investigación científica: lecciones aprendidas de Proyecto ICAN. Trabajo presentado en la reunión anual de la Asociación Nacional para la Investigación en Enseñanza de las Ciencias (NARST)*. Vancouver: Columbia Británica.



Leon Lederman (izda.) y George Charpak (dcha.).

en 1991¹.

Esta nueva idea marcó el final de la etapa de los *benchmarks* y el inicio del período llamado por Lederman *Hands On*, que proponía la idea de que para aproximarse a la naturaleza de la ciencia se debía conocer la forma en la que la ciencia se construye, recorriendo de alguna manera el camino de la investigación guiado por la pregunta.

Pero esta nueva idea, cuando se desarrolló, aunque resultó de enorme utilidad como forma de aprender contenidos científicos, resultó ser un poco confusa. Esto se debió al hecho de que cada disciplina tiene sus propias peculiaridades. La astronomía no incluía experimentación entre sus métodos, la física teórica se desarrolló, en algunos casos, a través de experimentos mentales y algunos de los grandes descubrimientos se deben a la casualidad.

Pocos años después, debido a estos inconvenientes del modelo, comenzaron a aparecer análisis bien fundamentados sobre lo que podríamos llamar la esencia del conocimiento científico. Citamos a John Durant, que en el año

1993 en su artículo *¿Qué es la Alfabetización Científica?* define tres niveles distintos de conocimiento, dos de los cuales coinciden con los anteriormente expuestos:

1. El nivel inferior, que se refiere al conjunto de conocimientos acumulados a través de la historia (comúnmente conocido como *contenidos*).
2. Un nivel medio, que describe la forma en que los científicos construyen la ciencia (hasta hace poco llamado erróneamente *método científico*).
3. Una visión más elevada, que estudia la estructura y las características del conocimiento científico, directamente relacionada con el problema conocido en Inteligencia Artificial como *representación del conocimiento*.

Los tres niveles en conjunto constituyen lo que ahora se define como la Visión de la Naturaleza de la Ciencia.

Como puede verse, el primer nivel corresponde a la definición de los *benchmarks*, la segunda a la forma en que se hace la ciencia y la tercera, que era nueva, es lo que se define como la Visión de la Naturaleza de la Ciencia (VNOS).

Aunque se podría pensar que la definición de VNOS es tan imprecisa en cuanto a la caracterización de la alfabetización científica como las otras dos anteriores, ello se debe principalmente a que constituye actualmente un campo activo de investigación y en constante revisión, participando en la tarea tanto los docentes

(principalmente los de las primeras etapas) como los científicos.

Como es evidente en todo proceso histórico, los modelos nuevos comprenden y contienen parte de los modelos anteriores. Por ello no es de extrañar que para entender lo que es la VNOS debamos contar con algunos contenidos científicos y haber tenido algún contacto con la experimentación.

Estos contenidos y métodos experimentales deben ser determinados por los maestros, de acuerdo con la edad de sus alumnos y su nivel cognitivo.

La Visión de la Naturaleza de la Ciencia es, como afirma Durant, un conocimiento de nivel superior. Se ocupa de la forma en la que se construye la ciencia, cómo se genera el conocimiento científico, la estructura interna de la ciencia con los datos, leyes y teorías, y cómo esas teorías se van sustituyendo unas a otras a través de la historia.

Podríamos decir que la Visión de la Naturaleza de la Ciencia se relaciona con los contenidos científicos tal y como la lingüística se relaciona con el habla (la Parole de Saussure) en el lenguaje. La lingüística estudia las diferentes lenguas, estructuras gramaticales, las relaciones entre ellos y las transformaciones a las que se han sometido.

En la actualidad la enseñanza de la ciencia se ha convertido en un campo de investigación interdisciplinario en el que convergen, además de

las áreas clásicas, las nuevas disciplinas como la representación del conocimiento y la gestión del conocimiento que se han desarrollado en Inteligencia Artificial. La cuestión fundamental en el área de enseñanza y aprendizaje recae en el modelo de representación mental que se adopte. En este proyecto, los socios aceptan unánimemente el modelo de Piaget enriquecido con los procesos que Vygotsky señala, propios del estudio del papel del medio en el que se desenvuelve el aprendizaje. Asimismo, este modelo es congruente, si no idéntico, al adoptado por Kuhn² para las sociedades científicas.

La segunda cuestión son los conceptos de conocimiento explícito y tácito que señalan los hermanos Dreyfus en su estudio sobre los logros al alcanzar el nivel de experto. Ese problema se plantea con más claridad cuando se consideran los dos tipos de conocimiento de Tanaka: *explícitos* los que se pueden reducir a reglas (y por tanto se pueden programar en un ordenador), e *implícitos*, como los que poseen los expertos en cualquier oficio o profesión, imposibles de aprender por reglas y sólo alcanzables a través de la práctica bajo la supervisión de expertos. Los buenos médicos, como los buenos maestros, son ejemplos de profesionales cuya eficacia depende directamente de este tipo de conocimiento.

Con este nuevo lenguaje, el conocimiento explícito es el que se encuentra en los libros de texto, páginas web, informes y memorias. El conocimiento implícito o tácito, por el contrario, sólo existe en las mentes de los profesionales, expertos en sus materias. Hasta ahora, y a

² Kuhn, T. S., 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago.

pesar de los esfuerzos realizados investigando en este tema, resulta imposible traducirlo a reglas, programas, informes, notas o instrucciones mediante los cuales se adquiera por simple estudio.

Para nosotros, se considera que un profesor experto en enseñanza de la ciencia se caracteriza justamente por su Visión de la Naturaleza de la Ciencia (VNOS). Pero el dominio de este campo implica estar en posesión de conocimientos tácitos o implícitos que sólo se consiguen mediante una formación que implique ejercicios de enseñanza con alumnos, elaboración de aplicaciones prácticas y evaluación de los resultados³. Dirigir y ayudar a los maestros para que logren este nivel de conocimiento es el objetivo principal del presente proyecto.

3.2. LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LAS PRIMERAS ETAPAS DE LA EDUCACIÓN: ESTUDIO DEL CASO ESPECÍFICO DE POLONIA

Este estudio se realizó utilizando los cuestionarios sobre la Visión de la Naturaleza de la Ciencia de Lederman (ya citados).

Los días 21, 22 y 23 de febrero de 2017, tuvo lugar, en el **Centro de Formación para Profesores en Ejercicio de Kujawy y Pomerania**, Polonia (KPCEN Bydgoszcz), un curso sobre la *Naturaleza de la Ciencia y su Conexión con la Educación en las Primeras Etapas*. En este curso se siguieron

estrictamente los métodos adoptados en Madrid al comienzo del proyecto SciLit, descritos anteriormente. Participaron 30 maestras de escuelas infantiles y de educación primaria, interesadas en el tema. Fueron los primeros en aceptar la invitación que se envió a todas las escuelas infantiles y escuelas primarias de Bydgoszcz y de otros ocho condados de la provincia Kujawy y Pomerania, principal área de actividad del desarrollo docente del KPCEN de Bydgoszcz.

Al comienzo de la formación, se pidió a los participantes que completasen los cuestionarios sobre la Visión de La Naturaleza de la Ciencia. Cada participante firmó su cuestionario con un apodo o un seudónimo. Al final de la formación todos los participantes completaron el mismo cuestionario de nuevo y firmaron con el mismo apodo o seudónimo que fue utilizado en el cuestionario completado al inicio de la actividad.

Este procedimiento permitió comparar los resultados del cuestionario antes y después de la actividad formativa, de manera que se pudiesen evaluar los cambios de actitud y de puntos de vista sobre la Naturaleza de la Ciencia a raíz de la formación recibida en el curso. El tema de *Arqueología en el aula* se investigó de la misma manera. Las actividades de formación del profesorado duraron dos días, a lo largo de los cuales los profesores recibieron 10 horas de formación. Tanto en la parte teórica como en la práctica, se observó que los maestros se involucraron con gran interés y dedicación al realizar los experimentos sugeridos. Cada profesor analizó después, de manera independiente, la

³ McComas, W. F.; Clough, M. P.; Almazroa, H., 1998. El papel y el carácter de la naturaleza de la ciencia en la educación científica. En WF McComas (Ed.), 1998. *La naturaleza de la ciencia en la educación científica: Fundamentos y estrategias*, Vol. 3, p. 39. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publisher.



La formación del profesorado respecto a *De qué está hecho el mundo* en Bydgoszcz.

marcha y resultados de estos experimentos, considerándolos auténticos procesos de investigación científica, estudiando el camino seguido y buscando las explicaciones pertinentes.

El camino seguido en los procesos experimentales fue el que corresponde al camino de la pregunta: ¿Por qué ocurre así?

El análisis de los resultados del cuestionario se fundamentó en la comparación de la riqueza y la extensión de las respuestas dadas por los participantes antes y después de la realización de las actividades formativas asociadas a la formación recibida.

Se observó un aumento importante en la riqueza de las respuestas a las preguntas centradas en cuestiones que se estudiaron con especial profundidad durante las actividades formativas. Esto demuestra que las clases resultaron interesantes y estimulantes para los participantes, llevándoles a meditar sobre la forma de enseñar contenidos científicos en las primeras etapas

de la educación.

Resultados detallados de los cuestionarios

I. TÍTULO DEL CUESTIONARIO:

Visión de la Naturaleza de la Ciencia (VNOS)

Objetivo del cuestionario

Estudio del incremento de los conocimientos de los participantes en relación con los puntos de vista generales sobre la ciencia.

Características de los participantes

- El Cuestionario *Puntos de vista sobre la naturaleza de la Ciencia*⁴ se repartió dos veces entre los participantes del curso “La naturaleza de la ciencia y sus conexiones con la educación”, una al principio de la actividad y otra al finalizar.
- Los participantes eligieron sus seudónimos, que se utilizan en ambos cuestionarios.
- 9 cuestionarios iniciales no tuvieron equivalentes en los cuestionarios finales.
- 3 cuestionarios finales no tuvieron equivalentes en los cuestionarios iniciales.

Contenido del cuestionario

Visión de la Naturaleza de la Ciencia

1. ¿En su opinión, qué es la ciencia? ¿Qué es lo que hace que la ciencia (o una disciplina científica como la física, la biología, etc.) sea diferente de otras disciplinas objeto de investigación (por ejemplo, la religión, la filosofía)?

⁴ Lederman, N.G. et al., 2002. *Revista de Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 39, nº 6, pp. 497-521.

2. ¿Qué es un experimento?
 - Si usted cree que las teorías científicas cambian:
 - (a) Explique por qué las teorías cambian.
 - (b) Explique por qué nos tomamos la molestia de aprender las teorías científicas si están sujetas a cambios. Defienda su respuesta con ejemplos.
3. ¿El desarrollo del conocimiento científico requiere siempre experimentos.
 - En caso afirmativo, explique por qué. Dé un ejemplo que fundamente su posición.
 - En caso negativo explique por qué. Dé un ejemplo que fundamente su posición.
4. Los libros de texto de la ciencia a menudo representan el átomo como un núcleo central compuesto de protones (partículas con carga positiva) y neutrones (partículas neutras) con electrones (partículas cargadas negativamente) en órbita alrededor de ese núcleo. ¿Están completamente seguros los científicos de que esta es la estructura del átomo? ¿Qué pruebas específicas o tipos de pruebas, cree que los científicos utilizan para determinar cómo es un átomo?
5. ¿Hay alguna diferencia entre una teoría científica y una ley científica? Ilustre su respuesta con un ejemplo.
6. Una vez que los científicos han desarrollado una teoría científica (por ejemplo, la teoría atómica o la teoría de la evolución), ¿puede cambiar o modificarse la teoría con el paso del tiempo?
 - Si usted cree que las teorías científicas no cambian, explique por qué. Defienda su respuesta con ejemplos.
7. Los libros de texto científicos definen a menudo una especie como un grupo de organismos que comparten características similares y pueden cruzarse entre sí para producir descendencia fértil. ¿Están seguros los científicos sobre su caracterización de lo que es una especie? ¿Qué evidencia específica cree que utilizan los científicos para determinar qué es una especie?
8. Los científicos realizan experimentos/ investigaciones cuando se trata de encontrar respuestas a las preguntas que plantean. ¿Cree usted que los científicos usan su creatividad e imaginación durante su investigación?
 - En caso afirmativo, en qué etapas de la Investigación cree que los científicos usan su imaginación y creatividad: ¿durante la planificación y diseño?; ¿durante la recopilación de datos?; ¿después de la recolección de datos? Por favor, explique por qué los científicos usan la imaginación y creatividad. Proporcione ejemplos si lo considera apropiado.
 - Si usted cree que los científicos no utilizan su imaginación y creatividad, explique por

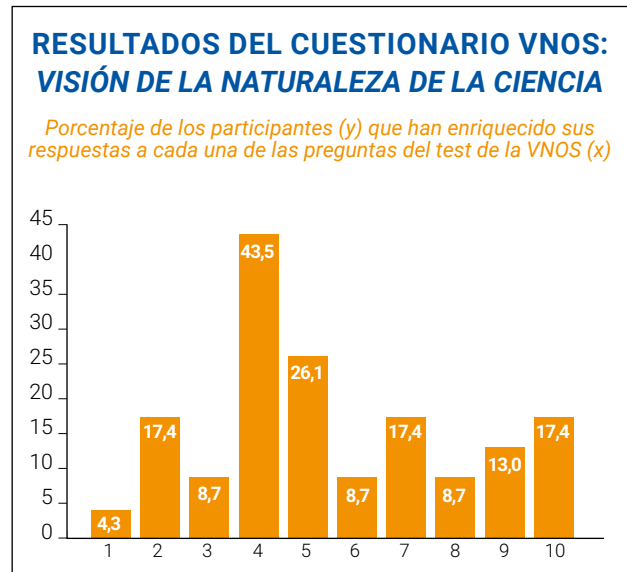
qué. Proporcione ejemplos si lo considera apropiado.

9. Se cree que hace 65 millones de años los dinosaurios se extinguieron. De las hipótesis formuladas por los científicos para explicar esta extinción, dos gozan de un amplio apoyo. La primera, formulada por un grupo de científicos, sugiere que un gran meteorito golpeó la Tierra hace 65 millones de años y dio lugar a una serie de acontecimientos que causaron la extinción. La segunda hipótesis, formulada por otro grupo distinto de científicos, sugiere que las erupciones volcánicas masivas y violentas fueron las responsables de la extinción. ¿Cómo es posible que existan dos conclusiones tan diferentes si ambos grupos tienen acceso y utilizan el mismo conjunto de datos para derivar sus conclusiones?

10. Algunos afirman que la ciencia está impregnada de los valores sociales y culturales del momento. Es decir, que la ciencia refleja los valores sociales y políticos, suposiciones filosóficas, y normas intelectuales de la cultura en la que se practica. Otros, en cambio, afirman que la ciencia es universal. Es decir, la ciencia trasciende las fronteras nacionales y culturales y no está afectada por los valores sociales, políticos y filosóficos o las normas intelectuales de la cultura en la que se practica.

- Si usted cree que la ciencia refleja los valores sociales y culturales, explique por qué y cómo. Defienda su respuesta con ejemplos.

- Si usted cree que la ciencia es universal, explique por qué y cómo. Defienda su respuesta con ejemplos.



Gráfica 1.

En la segunda vuelta del cuestionario, el 43,5% de los participantes enriquece sus respuestas en la pregunta 4 (ver gráfica 1).

Pregunta 4: Los libros de texto de ciencia a menudo representan el átomo como un núcleo central compuesto de protones (partículas con carga positiva) y neutrones (partículas neutras) con electrones (partículas cargadas negativamente) en órbita alrededor de ese núcleo. ¿Están completamente seguros los científicos de que esta es la estructura del átomo? ¿Qué pruebas específicas o tipos de pruebas, cree que los científicos utilizan para determinar cómo es un átomo?

Ejemplos de respuestas antes y tras la formación:

ANTES	SALIDA
Ninguna respuesta	Atracción y repulsión de partículas positivas y negativas.
Porque tienen que saber la estructura del átomo gracias a la tecnología moderna	Teorías y mecánica cuántica. Investigación de la radioactividad. Investigación informática.
No tengo idea.	Estudiaron diferentes objetos probando sus propiedades en distintas condiciones.

También se observó un aumento elevado en la longitud de las respuestas en la pregunta 5. El 26,1 % de los participantes enriqueció el contenido de sus respuestas (ver gráfica 1).

Pregunta 5: ¿Hay alguna diferencia entre una teoría científica y una ley científica? Ilustre su respuesta con un ejemplo.

Ejemplos de respuestas antes y tras la formación:

ANTES	DESPUÉS
Ninguna respuesta	Una teoría científica es una hipótesis que ha sido confirmada y que ha sido apoyada por muchos estudios. Si una teoría científica es universalmente reconocida, puede convertirse en una ley científica.
Sí hay	Una teoría es lo que pensamos. Una ley científica la demostramos, por ejemplo, mediante un experimento.
No lo hay. Crea que cada teoría es guiada por algunas leyes	Una teoría científica puede llegar a ser una ley científica. Tenemos una teoría acerca de los objetos que se atraen entre sí; creamos un experimento. Una vez tenemos esta teoría con el apoyo de un ejemplo, se convierte en una ley científica.

Los resultados de los cuestionarios sobre la *Visión de la Naturaleza de la Ciencia* y las opinio-

nes de las participantes expresadas durante la formación, muestran que los profesores:

- Han reconocido que la formación recibida y los experimentos realizados constituyen una rica fuente de conocimiento científico.
- Durante las clases han analizado los resultados de los experimentos **con más cuidado y profundidad** que en sus trabajos anteriores con los niños en este campo.
- Gracias a la experimentación, se interesaron más en los fundamentos científicos del fenómeno estudiado.
- Se ha despertado el interés por buscar sus propias soluciones en el campo de la educación científica para hacer más eficiente la educación de sus alumnos.
- Su postura respecto al conocimiento científico cambió, se hizo más cercano y práctico.
- Hablaron con un lenguaje sencillo al tratar cuestiones difíciles de conocimiento científico.
- Se despertó su curiosidad cognitiva, como resultado de la ejecución de los experimentos propuestos.
- Sintieron emoción al descubrir los resultados de los experimentos al realizarlos.
- Desarrollaron un deseo de adquirir formación científica.

II. TÍTULO DEL CUESTIONARIO:

Arqueología en el aula



Formación del profesorado en *Arqueología en el aula* en Bydgoszcz.

Objetivo del cuestionario

Estudio del aumento del conocimiento de los participantes en el proyecto de arqueología.

Características de los participantes

- El cuestionario *Arqueología en el aula* fue suministrado a los participantes del proyecto “La naturaleza de la ciencia y sus conexiones con la educación” dos veces, una al principio de la actividad y otra al finalizar.
- Los participantes eligieron seudónimos que se utilizaron en ambos cuestionarios, permitiendo la comparación de las respuestas.
- Se obtuvieron 26 pares de cuestionarios (iniciales más finales), que formaban la base del análisis comparativo de los resultados.
- 7 cuestionarios iniciales no tuvieron correspondencia con los finales.
- 3 cuestionarios finales no tenían equivalentes iniciales.

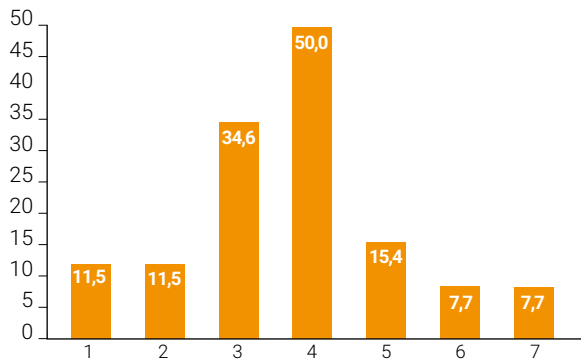
Las preguntas del cuestionario sobre Arqueología en el aula

1. ¿Qué es, desde su punto de vista, la arqueología? ¿Cuál es su campo de aplicación?
2. ¿Hay alguna relación entre la arqueología y otras disciplinas?
3. ¿Cuál es la principal fuente de información de la arqueología?
4. ¿Conoce usted cuáles son las técnicas básicas utilizadas por los arqueólogos?
5. ¿Cree que la arqueología puede utilizar las teorías científicas? ¿Por qué?
6. Identifique algunas áreas donde se puede encontrar un arqueólogo en acción.
7. Para explicar el origen del hombre moderno, algunos arqueólogos creen que la evolución que condujo al homo sapiens se produjo en varias partes del planeta al mismo tiempo; otros argumentan que los homo sapiens surgieron en África; otros creen que los tres continentes evolucionado a la vez, pero que debe haber habido algún intercambio genético. ¿Cómo es posible que coexistan tan diferentes conclusiones si todos los científicos estudian el mismo conjunto de datos?

Se observó el mayor aumento en la extensión de la respuesta en la pregunta 4. El 50% de los participantes enriqueció sus respuestas (ver gráfica 2).

RESULTADOS DEL CUESTIONARIO VNOS: VISIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Porcentaje de los participantes (y) que han enriquecido sus respuestas a cada una de las preguntas del test de la VNOS (x)



Gráfica 2.

Pregunta 4: ¿Conoce usted cuáles son las técnicas básicas utilizadas por los arqueólogos?

Ejemplos de respuestas antes y tras la formación:

ANTES	DESPUÉS
No	Él / ella hace: bocetos, fotos, mapas con notas basadas en cosas que se encuentran, análisis de laboratorio.
Por desgracia, no creo saber nada	Observaciones, registros, trabajan con materiales con propiedades encontrados en diferentes condiciones.
Ninguna respuesta	- Análisis de los mapas. - Análisis de los artefactos. - Análisis de las excavaciones. - Observaciones. - Notas, bocetos.

También se observó un incremento de la extensión de las respuestas en la pregunta 3. El 34,6% de los participantes enriqueció sus respuestas en la segunda ronda (ver gráfica 2).

Pregunta 3: ¿Cuál es la principal fuente de información de arqueología?

Ejemplos de respuestas:

ENTRADA	SALIDA
Los objetos encontrados	- Análisis de los restos materiales. - El uso de métodos geofísicos. - La observación y el estudio del entorno. - Cartografía. - Ingeniería (edificios, maquinaria).
Exhibiciones, objetos encontrados	Buscar y estudiar: sitios arqueológicos, excavaciones, artefactos - objetos y cosas basados en un análisis, construir una imagen del ambiente social y la vida de las personas en un período determinado.
Descubrimiento	- Los objetos estacionarios, por ejemplo, edificios. - Objetos.

Los resultados del cuestionario de *Arqueología en el aula* y las opiniones de los participantes expresadas durante los talleres muestran que los profesores:

- Antes de la formación, no estaban interesados (o sólo superficialmente y, en general) en los temas de arqueología.
- Tomaron parte activa en las actividades propuestas con interés y dedicación.
- Evaluaron los materiales de formación muy positivamente.
- Se dieron cuenta de que un arqueólogo no se limita a excavar y extraer hallazgos que se encuentran bajo tierra.
- Ampliaron sus conocimientos sobre el trabajo del arqueólogo.

- Hicieron hincapié en el hecho de que los aspectos aparentemente difíciles del trabajo del arqueólogo se pueden expresar en un lenguaje sencillo, claro y apropiado para los niños.
- Se despertó en ellos el deseo de transferir los conocimientos adquiridos durante el curso a sus alumnos.
- Se produjo una alta motivación que les llevó a la búsqueda de conocimiento sobre temas relacionados con la arqueología.
- Expresaron la necesidad de continuar participando en este tipo de formación.

En resumen, el análisis anterior de los estudios del cuestionario sobre la *Visión de la Naturaleza de la Ciencia y Arqueología en el aula*, lleva a las conclusiones siguientes:

Los maestros reconocen que:

- Su conocimiento científico no está al nivel adecuado.
- Tienen que aumentar su conocimiento científico.
- Están abiertos a nuevos enfoques para dar respuesta a los intereses científicos de los niños.
- El hecho de que los alumnos sean niños no debe impedir que se hable con ellos sobre cuestiones científicas.

- Después de la formación, veían de manera diferente la posibilidad de discutir los experimentos con los niños.

Desde septiembre de 2017, el personal del Centro de Formación del Profesorado de Bydgoszcz ha ampliado la formación del profesorado para maestros de infantil y primaria con módulos relacionados con el enfoque científico del aprendizaje centrado en el mundo que nos rodea.

3.3. Propuesta metodológica: más allá de la NOS

En la descripción histórica expuesta en el apartado 3.1, el último eslabón de la cadena metodológica se basa en el conocimiento de la *Naturaleza de la Ciencia* (NOS). La filosofía en la que se apoya este constructo, la NOS, es el postulado de que la ciencia tiene su propia estructura, una estructura que el estudiante debe descubrir con el fin de entender el comportamiento de la naturaleza. A nuestro entender, esta forma de ver el problema es, simplemente errónea, o, al menos, muy simplificada, pues confunde realidad y representación mental. La estructura que se adjudica a la ciencia en la **NOS no es más que la estructura de las representaciones mentales que elaboran los seres humanos para poder asimilar el comportamiento de la naturaleza en un aspecto limitado de la misma**. Estas representaciones coinciden con lo que Piaget llama *esquemas*, cuyos constituyentes principales en el caso de la ciencia son las magnitudes, leyes y modelos o teorías⁵.

⁵ Piaget, J., 1972. *The Principles of Genetic Epistemology*. New York: Basic Books.

El conocimiento de la naturaleza de la ciencia se sustituye en nuestro modelo de aprendizaje, por la **necesidad de que el alumno llegue a ser consciente de la naturaleza del conocimiento humano y de cuál es el proceso de construcción del mismo.**



Jean Piaget, psicólogo y biólogo.

De acuerdo con este modelo, el desarrollo del aprendizaje desde el punto de vista del proceso cognitivo de construcción del conocimiento debe considerarse un proceso de investigación llevado a cabo por el individuo y dirigido por preguntas. En este proceso, se sitúa al alumno en el papel de investigador (de acuerdo con Piaget), de manera que utiliza sus estructuras mentales innatas, únicas herramientas para conocer el mundo real: conceptualización y descubrimiento de las leyes. Estas dos *operaciones mentales* se desarrollan simultáneamente en todos los seres humanos cuando adquieren la lengua materna⁶.

Los primeros modelos de conocimiento se desarrollaron, como no podía ser de otra manera, en la Grecia clásica. Se basan en la representación

mental de conceptos, que Platón llama *ideas* y Aristóteles llama *universales*. A pesar de que ambos describen la razón de su presencia en nuestra mente (innata para Platón y fruto de la experiencia según Aristóteles) ninguno de los dos ideó un mecanismo mediante el cual este conocimiento se comprueba o se sustituye. Hasta el momento actual, el único modelo de evolución en la representación del conocimiento humano es, como hemos dicho, el propuesto por Piaget, a base de representaciones de la realidad muy simplificadas y estructurada en *conceptos, leyes y modelos o teorías*⁷.

Estas representaciones se consolidan, evolucionan y se modifican por medio de procedimientos de asimilación (adquiriendo competencias) y de acomodación (variación de los conceptos, modelos y teorías, que conforman la representación). El modelo de construcción del conocimiento de Piaget es equivalente, si no idéntico, al utilizado más tarde por Kuhn para tratar la evolución del conocimiento científico aplicado a las sociedades científicas (véase, por ejemplo, la estructura de las revoluciones científicas).

Asimismo, este modelo es el que se emplea en inteligencia artificial, en el que el ordenador intenta mimetizar a la mente humana; es este el modelo inverso del que se introdujo en la Revolución Cognitiva (modelo del cerebro como ordenador), todavía dominante en la psicología cognitiva. Los maestros deben ser conscientes de que la evolución de la ciencia es un proceso social, con coincidencias muy señaladas con los procesos descritos por Vygotsky, en los que están presentes también (aplicadas a socieda-

⁶ Pinker, S., 1999. *Words and rules*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

⁷ Piaget. En: Wikipedia. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Piaget%27s_theory_of_cognitive_development>.



Thomas Kuhn.
Físico, historiador
y filósofo.



Leo Vygotsky,
psicólogo.

des de personas) las operaciones piagetianas de asimilación y acomodación⁸.

En nuestra opinión, un proceso importante sobre el que estamos investigando, es el de la aparición en los alumnos de una cierta resistencia a aceptar los modelos nuevos (cuando no han sido construidos por ellos mismos) que limitan o invalidan los anteriores, de una manera similar al comportamiento social que Kuhn describe cuando la ciencia normal es sustituida por una visión más avanzada.

Como se deduce de estas consideraciones, la base de la pirámide de la representación de la realidad se encuentra en los conceptos. En el caso de la ciencia, la única diferencia con otro tipo de representaciones es la de considerar únicamente los conceptos susceptibles de ser medidos (las *magnitudes*) como elementos constituyentes del conocimiento. Este requerimiento permite utilizar el formalismo matemático para manejar los valores de las medidas y

realizar predicciones cuantitativas.

En la base de todas las representaciones científicas se encuentran las cinco magnitudes fundamentales o primarias, como se comprueba por medio del análisis dimensional: espacio y tiempo, materia y energía e información, esta última introducida por Shannon a mediados de siglo XX como magnitud fundamental en Teoría de la Información. Esta nueva magnitud se ha extendido a todas las áreas del conocimiento, fundamentalmente a informática y robótica (imposible de entender sin este concepto). Es asimismo fundamental en biología para comprender el alcance y la encriptación del código genético. Pero este tema se tratará en posteriores proyectos.

La aplicación de la metodología para el proyecto "De qué está hecho el mundo"

Cuando el alumno llega a nuestra clase, como hemos dicho, sabe conceptualizar y elaborar leyes perfectamente. Por esa razón le enfrenta-

⁸ Vygotsky, L., 1979. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. USA: Harvard University Press.

remos a situaciones en las que pueda ejercitar estas capacidades mentales⁹.

Comenzaremos por la observación de un *fenómeno natural*, como el proceso por el que se seca la ropa tendida, o el inverso, por el que se empañan los cristales fríos de las ventanas. Analizaremos los fenómenos que intervienen y elegiremos uno para estudiarlo en nuestro aula.

El primer paso de nuestra investigación consiste en *realizar experimentos*, manipulaciones de la realidad consistentes en reproducir en clase el fenómeno natural elegido. Para ello contamos con la *tecnología* propia de un aula: tijeras, pegamento, clips, vasos, etc. Nosotros hemos elegido en este proyecto experimentos relacionados con las fuerzas intermoleculares, experimentos de cambio de estado, de tensión superficial, etc. Para concretar, podemos tomar el caso de las fuerzas de cohesión y adherencia, que hacen que una gota de agua se mantenga entre los dedos índice y pulgar y se comporte de forma elástica cuando los separamos.

El segundo paso consiste en describir lo que está ocurriendo en el experimento, teniendo en cuenta únicamente los elementos relevantes. En la descripción, debemos descubrir los procesos nuevos y buscar un nombre para ellos, como es el caso de cohesión y adherencia, a partir de la tendencia de pegarse el líquido a la piel de los dedos y a estirar la gota de agua que se resiste a romperse. Ambos fenómenos los bautizamos (los **conceptualizamos**) con los nombres de adherencia y cohesión. Debemos explicar a nuestros alumnos que para que un



Fuerzas de cohesión y adherencia en el agua.

experimento sea útil, los resultados deben ser los mismos en cualquier lugar en el que se realice el experimento y cualquiera que sea el experimentador.

El tercer paso consiste en profundizar un poco más sobre el proceso en sí. Para ello seguiremos el camino de la pregunta: ¿Por qué se pega el agua a la piel de los dedos? ¿se adhiere solo a los dedos o a cualquier otro objeto? ¿A qué se debe el que la gota se estire sin romperse? Estas preguntas pueden llevar a otros experimentos que nos den una respuesta, o a un proceso de meditación para llegar a alguna aclaración.

A continuación, discutiremos con nuestros alumnos la mejor forma de describir el comportamiento de la naturaleza de acuerdo con el pensamiento de Leucipo, y descubrir las leyes que rigen este comportamiento, es decir las pautas fijas que siempre se cumplen en la naturaleza. Para ello podemos utilizar guantes de distintos tipos para ver si el líquido se adhiere a cualquier tipo de material; podemos, también,

⁹ López Sancho, J.M., 2003. *La Naturaleza del conocimiento*. Madrid: Central Catequística Salesiana.

utilizar otros líquidos, como aceite de cocina o refrescos, para ver si cualquier líquido presenta el mismo comportamiento general.

Una vez que hemos llegado a la conclusión de que todos los líquidos que hemos utilizados se comportan de forma elástica y todos se pegan a superficies de sólidos, podemos enunciar las leyes: todos los líquidos presentan cohesión y adherencia.



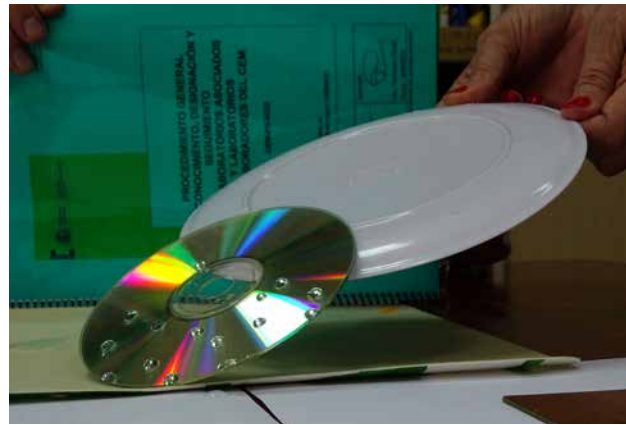
Tensión superficial.

Estas leyes las hemos obtenido por inducción (es decir, suponiendo que el comportamiento de cualquier líquido sería el mismo que el de los líquidos que hemos utilizado). También podemos discutir con nuestros alumnos la posibilidad de que alguien, en alguna parte, descubra algún líquido que no se adhiera a alguna superficie. Si esta situación se presentara (lo cual es siempre posible), habría que cambiar inmediatamente nuestras leyes.

Esto nos lleva a centrarnos sobre la pregunta fundamental, ¿por qué el agua se comporta obedeciendo estas leyes? Seguramente la respuesta está en la naturaleza del agua. Tendre-

mos que saber de qué está hecho el agua para contestar a ello.

Si queremos saber de qué está hecho el agua, debemos someterla a situaciones extremas, como son los procesos en los que aparece y desaparece de nuestra vista. La condensación del vapor de agua en una superficie fría (un bote de refresco) o la evaporación del agua que existe en la superficie de la mesa tras pasar una bayeta mojada, pueden darnos la respuesta.



Fuerzas de adhesión en la superficie de un CD.

Y llegamos así a la **construcción de modelos**, que pueden incluir cosas que no se ven con los sentidos, bien porque sean demasiado pequeñas (como las moléculas o los átomos) o porque no dispongamos de sentidos sensibles a estas magnitudes, como los ultrasonidos de un mando a distancia o las radiaciones infrarrojas o ultravioletas que normalmente se conocen como luz negra.

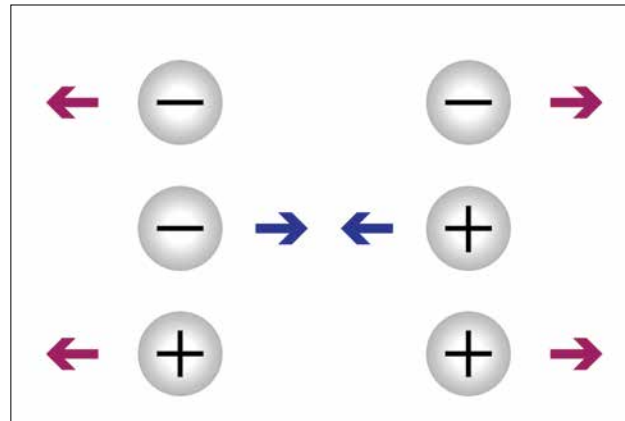
Así, como resultado de nuestra creatividad, podemos suponer que el agua se encuentra en el aire en forma de partículas muy pequeñas que no podemos ver, pero que cuando se unen en grandes cantidades sobre la superficie fría

del bote, terminan formando una gota de agua. Y si el agua está hecha de moléculas podemos suponer (por inducción) que las demás cosas, hielo y otros sólidos, también lo están. Así podemos elaborar una hipótesis cuyo enunciado es el siguiente: todos los materiales están formados por unas partículas muy pequeñas e invisibles para nuestros ojos a las que llamaremos moléculas. Cuando se encuentran muy separadas unas de otras forman los gases. Si están en contacto, pero no pegadas unas a otras, como canicas en una bolsa, forman el estado líquido. Cuando están “pegadas” unas a otras impidiendo su movimiento decimos que se encuentran en estado sólido. Y podemos usar las canicas para fabricar un *modelo analógico*.

A continuación, tendremos que poner a prueba nuestro modelo, intentando explicar con él los procesos de cohesión y adherencia observados en nuestros experimentos y descritos en nuestras leyes: ¿por qué se unen las moléculas de agua unas a otras produciendo cohesión? ¿por qué se unen las moléculas de agua a las de la piel u otras sustancias?

Para explicar el comportamiento macroscópico observado introducimos unas fuerzas nuevas entre moléculas, que tienden a unir unas con otras. Cuando las moléculas que se unen son iguales, las fuerzas se llaman de cohesión. Si son distintas, se llaman de adherencia.

Siguiendo con nuestro ejemplo en el que se pone en evidencia el camino de investigación basado en la pregunta, que sirve para descubrir la naturaleza del conocimiento científico (conceptos, leyes y modelos), debemos recurrir



Leyes de la electricidad.

a otro campo diferente de la ciencia: la electricidad. Gracias a nuevos experimentos descubriremos que las fuerzas intermoleculares se deben a la distribución de carga de las moléculas y que obedecen a las leyes generales de la electricidad: cargas del mismo signo se repelen y de distinto signo se atraen.

Así, una vez recorrido el camino experimental descrito, basado en la pregunta, los alumnos resumirán este camino, pero poniendo su atención en la forma en la que han ido elaborando la representación mental del mismo. A lo largo de este camino han formado nuevos conceptos, nuevas leyes que no conocían y han recurrido a conocimientos ya conocidos (electricidad) para explicar y dar la razón de las leyes descubiertas. Los alumnos han integrado así NOS y NOSI en un proceso de meta-cognición, cuyo conocimiento explícito será de gran utilidad a lo largo de su vida.

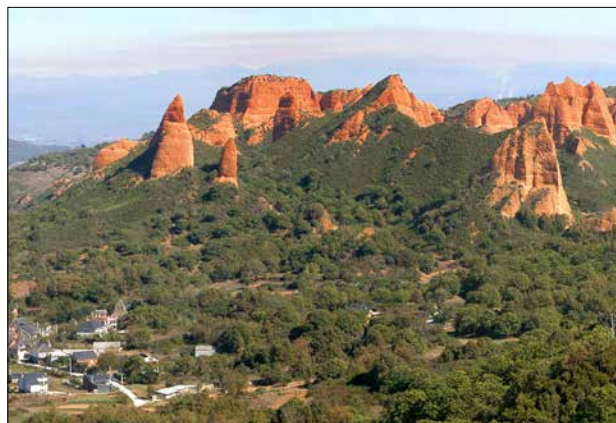
Ejemplo de concreción metodológica: “Arqueología en el aula”

La parte de *Arqueología en el aula* se centra, como su nombre indica, en la arqueología, la

ciencia que se ocupa del estudio de las sociedades antiguas a partir, fundamentalmente, del análisis de sus restos materiales. La arqueología pertenece, por tanto, al ámbito de las Ciencias Sociales y Humanas. La naturaleza de su objeto de estudio la hace una disciplina eminentemente interdisciplinar, en la que es esencial la colaboración con muchas disciplinas científicas y el empleo de diferentes tecnologías. En efecto, la geología, la geografía, las matemáticas, la biología, la ingeniería, etc., se desarrollan en la actualidad como campos de investigación contiguos a la arqueología.

Esto hace de la arqueología una disciplina ideal para el trabajo en el aula. De forma coherente con esta idea, el objetivo principal de la formación inicial es que los maestros y maestras tuvieran claro, en primer lugar, que el estudio de las sociedades antiguas y, en concreto, la investigación arqueológica, ofrecen muchas posibilidades para la enseñanza de la ciencia en las primeras etapas educativas. En este sentido, podríamos afirmar que el eje conductor del proyecto es la utilidad de la arqueología, tanto para la enseñanza en el aula de las Ciencias Sociales y Humanas como por su potencial para la enseñanza del razonamiento científico. Esto se pone de manifiesto a través del estudio de diversos aspectos estrechamente interrelacionados: por ejemplo, la cultura y su materialidad como elemento distintivo del ser humano; o la interacción entre el medioambiente y la sociedad y la relación de esta acción con los problemas medioambientales y la formación de los paisajes; o por ejemplo, en relación con lo anterior, el papel del análisis del paisaje y la evolución de los espacios a lo largo del tiempo, como forma

de entender los procesos de cambio en las sociedades (es decir, la importancia de entender las relaciones espaciales para comprender las sociedades); o la comprensión de que la diversidad de las sociedades en el tiempo y en el espacio lleva necesariamente a una aceptación respetuosa de esa diversidad; y en definitiva, la apreciación de nuestro patrimonio cultural: los paisajes, los yacimientos arqueológicos, los restos exhibidos y salvaguardados en los museos, son el pasado tangible y visible, nuestra memoria; y la arqueología tiene una enorme responsabilidad frente a su conocimiento, su protección y su conservación.



Zona arqueológica de Las Médulas, España.

A la hora de plantear el eje conductor del proyecto de formación, la articulación de los contenidos de la misma y el diseño de actividades para estructurar y conducir los trabajos con los niños en el aula, se decide centrar el tema en torno a la **metodología arqueológica**. La cuestión de la “metodología” parece en un principio excesivamente reduccionista pero, finalmente, decidimos seguir ese camino metodológico, dado que éste, unido al carácter interdisciplinar de la arqueología, permitía adaptar mejor nues-

tra propuesta al currículo escolar de las diferentes etapas educativas (desde Educación Infantil hasta los últimos ciclos de Educación Primaria), potenciando, además, el desarrollo de actividades transversales que implicaran a varias materias (matemáticas, lengua, educación plástica...). Por otra parte, consideramos que este camino ofrece innumerables posibilidades para desarrollar habilidades cognitivas básicas de la investigación. Además, permitía adaptar mejor los contenidos a la diversidad educativa representada por los socios del proyecto (Lituania, Estonia, Polonia, Italia y España).

Las sesiones de la formación inicial se dividen en 6 bloques temáticos. Cada uno de los 6 bloques temáticos tiene como objetivo la comprensión de un concepto básico para el razonamiento científico en arqueología y, por tanto, para la comprensión del entorno de los escolares: estos conceptos son el de *cultura material* o *registro arqueológico* (segundo bloque: Fundamentos de la arqueología), *yacimiento* y *paisaje* (tercer bloque, Los métodos de la arqueología I); *tiempo* y *estratigrafía* (cuarto bloque, Los métodos de la arqueología II); *contexto* (quinto bloque: El laboratorio de arqueología) y, por último, el *patrimonio* (sexto bloque: ¿Por qué el pasado es importante?). Estos cinco bloques deben estar precedidos de un primer bloque (La evaluación inicial), que consiste en la cumplimentación por parte de los maestros de un cuestionario cuya estructura está basada en las preguntas de la VNOS. El cuestionario se completa con una actividad, el test DART (“Dibuja a un arqueólogo”) que se ha mostrado con un gran potencial para abordar falsos mitos e ideas preconcebidas, tanto en la formación de

maestros como en el aula, con niños y niñas de edades muy diferentes.

Estos bloques, como se verá en la guía específica dedicada a la *Arqueología en el aula*, se modificaron durante el desarrollo del proyecto para adaptar los contenidos de la formación al trabajo en el aula, por lo que la estructura de la guía no sigue estrictamente ese camino inicial. La intención de estos cambios es que los maestros, una vez adquirida esta formación básica, puedan trabajar en el aula y orientar las actividades en función de sus intereses particulares. En cualquier caso, la nueva estructura y el resultado, que es la guía que se presenta, respeta esos grandes “conceptos”, fundamentales para la comprensión de nuestro entorno inmediato, de su profundidad histórica y del valor de la investigación del pasado.

En la práctica de este proyecto, tras la evaluación inicial, los diversos bloques permitieron guiar a los maestros a través de un camino



El test DART: ¿qué es la arqueología?

de aprendizaje en el que han comprendido el carácter transversal de la arqueología y sus contenidos. Hoy en día la arqueología se define como la recuperación, descripción y estudio sistemático de la cultura material del pasado, como forma de acceder a las sociedades que la construyeron.

Hemos insistido en la necesidad de delimitar el término “pasado”: la arqueología no estudia rocas o dinosaurios, que son objeto de estudio de la geología o la paleontología. La arqueología empieza cuando los primeros útiles, reconocibles como tales, aparecen, y abarca hasta el presente: desde el estudio de las primeras sociedades cazadoras recolectoras hasta, por ejemplo, la reciente guerra civil española. A partir de estos conceptos, la formación se ha articulado a través del estudio del “tiempo” y del “cambio”, ilustrados –por ejemplo– con la lectura de secuencias estratigráficas sencillas. Un peso especial lo ha adquirido el concepto de “contexto”, que permite ligar de forma coherente lo anterior con el valor del patrimonio y la necesidad de cuidarlo, porque es testigo de nuestro pasado y fuente duradera de riqueza.

Estos conceptos también han permitido introducir un aspecto fundamental: cómo la investigación (en este caso la histórica y arqueológica) crea valor social y produce recursos sostenibles. En definitiva, estos aspectos, enumerados ahora someramente, y que se desarrollarán en la guía dedicada a la arqueología, han permitido concretar y transmitir que todos estos aspectos tan útiles son materia de estudio de la arqueología y que merece la pena enseñarla en el aula.

Es fundamental que estos contenidos se aborden en las aulas desde la Educación Infantil, adaptando los contenidos a los diferentes momentos cognitivos, como se ha comprobado a lo largo del desarrollo de este proyecto Erasmus+ y queda reflejado en la guía sobre *Arqueología en el aula*.

La ciencia en el contexto del Patrimonio Cultural Europeo (European Heritage)

Está universalmente admitido que la herencia cultural del pasado es la única forma de entender la realidad del presente. Y entender la realidad es la única garantía de gozar de libertad de pensamiento, inherente al espíritu crítico imprescindible en toda democracia.

Estas ideas las expresa Aldous Huxley en su obra *Un mundo feliz*¹⁰. En ella se nos previene ante indeseables sistemas políticos totalitarios, sólo posibles tras prohibir el estudio de la herencia cultural, de la historia.

En palabras –mil veces repetidas– de Paul Preston, *quien no conoce el pasado está condenado a repetir sus errores*.

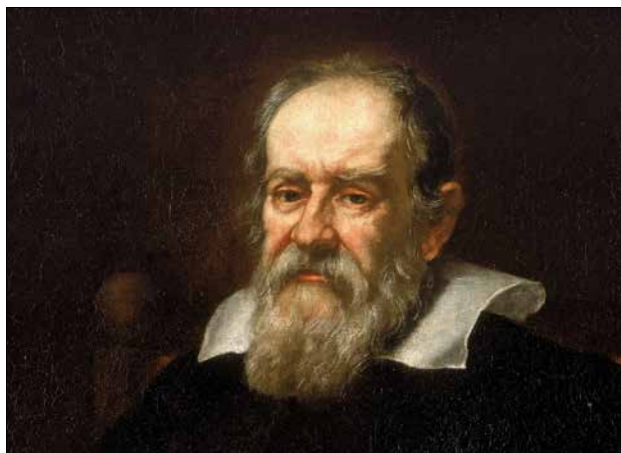
En este proyecto se ha presentado la ciencia como una forma en la que las personas entienden una parte de realidad, la que se puede describir por medio del limitado número de conceptos que son susceptibles de ser medidos, pesados o contados, es decir, por medio de magnitudes.

Pero esta actividad no puede entenderse sin considerarla parte importante de la más amplia historia de la humanidad; los avances de la cien-

¹⁰ Huxley, A., 2005. *Un Mundo Feliz*. Nueva York: HarperCollins Publishers.

cia han modificado profundamente las sociedades, y las actitudes de las sociedades han provocado avances impresionantes en el conocimiento científico.

La investigación científica no se puede estudiar fuera del contexto formado por los paradigmas históricos (con sus valores y creencias) en los que los investigadores estaban inmersos, o sin tener en cuenta las tecnologías de las que los investigadores podían disponer (como el anteojo de Galileo), o las limitaciones matemáticas propias de cada época.



Galileo Galilei (retrato de Justus Sustermans).

Por todas estas razones, es evidente que no puede mantenerse por más tiempo la perversa división que C.P. Snow, físico y novelista inglés –identidades muy apropiadas para estas consideraciones– denunció como la existencia de las dos culturas¹¹.

Las grandes épocas históricas, desde la edad de piedra, bronce o hierro, a la moderna de la información, han sido caracterizadas por la tecnología reinante, convirtiendo en absurda

la persistente omisión de la ciencia cuando se habla del patrimonio histórico. Arthur Koestler lo deja claro en el prólogo de *Los sonámbulos*¹². En el índice de las seiscientas páginas de Arnold Toynbee de *Estudio de la historia*, versión abreviada, no se dan los nombres de Copérnico, Galileo, Descartes y Newton.

Pero no toda la culpa es de los humanistas. La mayoría de las historias de la Ciencia especializadas, incluida la Estructura de las Revoluciones Científicas de Kuhn, se centran en el estudio de los grupos de investigadores sin tener en cuenta la influencia que la sociedad con sus creencias y supersticiones ejercía sobre su manera de pensar, de buscar objetivos de investigación y de llevarlos a cabo.

Dentro de este nuevo concepto de Heritage, la enseñanza en las primeras etapas de la educación en la Unión Europea, en nuestra opinión, debe contemplar tres objetivos:

- a) Situar al ciudadano en su lugar histórico, dentro del contexto de la herencia cultural europea.
- b) Dotarlo de conocimiento suficiente para poder tomar decisiones propias de una sociedad democrática.
- c) Prepararlo para desarrollar una labor productiva en un mundo de cambios rápidos e impredecibles en ciencia y tecnología, que le proporcione un medio de vida digno y enriquecedor.

¹¹ Snow, Ch. P. Enero 2013. *Las dos culturas*. The New Statesman.

¹² Koestler, A., 1959. *Los sonámbulos*. Hutchinson.

En cuanto al primer punto, en el contexto que nos ocupa, en Europa, ciencia y filosofía han avanzado fuertemente unidas. Los nombres de los griegos más relevantes de la Grecia clásica podrían definirse con tanta propiedad como científicos o como filósofos.

Parménides, Tales de Mileto, Pitágoras, Leucipo, Sócrates, Platón, Aristóteles, Ptolomeo y Arquímedes, entre otros muchos, se ocuparon de problemas importantes, tanto desde el punto de vista del conocimiento de materias concretas como de la naturaleza misma de ese conocimiento. Más tarde, muy poco más tarde, el arte se unió a la ciencia, a la tecnología y a la ingeniería.

La bóveda del Panteón se recrea, tras los esfuerzos de ingeniería de las bóvedas de crucería, en la de Brunelleschi de Florencia, San Pedro de Roma o San Pablo de Londres. Con ayuda de las matemáticas, Europa llegó a soluciones comunes para problemas comunes con una estética común, mostrando a partir de ese momento una cara común al viajero que venía de oriente, que se encontraba con un escenario dominado por el románico primero y más tarde con el gótico.

A partir siglo XII se despertó el interés por los conocimientos griegos, recuperándolos en muchos casos a partir de traducciones árabes de manuscritos milagrosamente salvados de la biblioteca de Alejandría. Traducidos al latín en la Escuela de Toledo y propagados por toda Europa a lo largo de las rutas de las peregrinaciones, pronto producirían una revolución cultural, el Renacimiento, que terminó por conformar



Cúpula de Santa María de las Flores, de Brunelleschi.

una herencia cultural europea que nunca ya desaparecería.

En el desarrollo de este proyecto hemos presentado los descubrimientos científicos como una parte más de la cultura desarrollada por la humanidad (en este caso particular en Europa) y que, sin discusión posible, forma parte de la Herencia Cultural Europea. Por ello, una de las recomendaciones que nos permitimos elevar a las autoridades europeas es que incluyan en los temas del European Heritage los modelos y teorías desarrolladas por los científicos, no vayamos a caer precisamente en este año en el mismo error en el que cayó Toymbee hace algo menos de un siglo: el objetivo del Año Europeo del patrimonio es alentar a que más personas descubran y participen en el patrimonio cultural de Europa, y para reforzar el sentido de pertenencia a un espacio común europeo. Nuestra herencia: donde el pasado se encuentra con el futuro¹³.

¹³ Europa, 2018. *Año Europeo del Patrimonio Cultural 2018*. Disponible en: <https://europa.eu/cultural-heritage/about_es>.

CUARTA PARTE

**RECOMENDACIONES PARA LA
MEJORA DEL APRENDIZAJE
DE LA CIENCIA EN LAS
ETAPAS TEMPRANAS
DE LA EDUCACIÓN**



4. RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DEL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA EN LAS ETAPAS TEMPRANAS DE LA EDUCACIÓN

Nuestras recomendaciones están inspiradas en dos ideas: la primera es la de presentar la ciencia como una construcción humana, con las mismas características que cualquier otra forma de conocimiento de la especie y que, por lo tanto, se elabora por los mismos métodos y procesos mentales; la segunda es la necesidad de integrar este conocimiento científico en el contexto histórico en el que se ha desarrollado y sobre el que ha influido, poniendo en valor su importancia como ingrediente esencial de la Herencia Cultural Europea.

1. Introducir la enseñanza de la ciencia en las primeras etapas de la educación dentro del concepto del Patrimonio Europeo, utilizando los hitos de la historia de Europa para situar en el tiempo los descubrimientos científicos. La ciencia y la tecnología constituyen, en nuestra opinión, una creación común y una auténtica seña de identidad de los países de la Unión. La formación científica en las primeras etapas es un eslabón necesario en la socialización de la ciencia.

2. Introducir la enseñanza de la ciencia en el contexto de la igualdad de género. Los maestros deben mostrar la actividad científica en igualdad de condiciones para niños y niñas, utilizando los ejemplos históricos y referencias

de científicas famosas. Es en las primeras etapas, en torno a los 7-8 años, cuando aparecen las primeras diferencias en tendencias unidas al género. Pasado este período lo único que puede hacerse es tratar de modificar conductas adquiridas.

3. Mostrar la ciencia desde la perspectiva de cómo se construye la ciencia. El hecho de que niños y niñas conozcan la forma en que se construye la ciencia influye en sus actitudes y planteamientos ante los avances científicos, las pseudo-ciencias y creencias esotéricas, de manera que las rechacen por no científicas.

4. Proponer la unificación de los currículos de ciencia en las primeras etapas o, al menos, de un núcleo común de conocimientos para todos los países de la Unión.

5. Abordar la enseñanza de la ciencia en el marco de las nuevas líneas de investigación en enseñanza de la ciencia, como la NOS y la NOSI.

6. Dar a conocer a los docentes y sus alumnos el mecanismo del conocimiento científico y la forma en que se construye: representaciones mentales simplificadas de la realidad o de algunos de sus aspectos, siempre susceptibles de ser falsadas de forma experimental. Conceptualizaciones y modelizaciones son las operaciones mentales en las que se apoya.

7. Todos los países de la Unión están de acuerdo en la necesidad de enseñar ciencia desde la escuela. Nuestra propuesta es que las instituciones científicas se impliquen en la actualización científica de los docentes no universitarios a lo largo de la vida profesional de estos.

8. Apoyar la creación de programas de formación científica permanentes en las instituciones de ciencia que garanticen el rigor y la actualización científica de los docentes y los resultados en las aulas.

9. Creemos que es un error desgajar la ciencia del resto de la historia. La diferencia entre el conocimiento científico y el resto de conocimientos radica en que la ciencia sólo trata de

un número muy limitado de conceptos: aquellos que son susceptibles de ser medidos, pesados o contados y que reciben el nombre de magnitudes.

10. Creación de comunidades mixtas de científicos y docentes, evitando la segregación mutua que ambas profesiones tienden a mostrar (plataformas y lugares WEB).



Fotografía con representantes de todos los socios del proyecto SciLit (tomada en Madrid en 2016).

