Universidad Camilo José Cela

La educación científica en las Comunidades Autónomas. Conocimientos y competencias a la luz de PISA 2015

Francisco López Rupérez, Isabel García García, Eva Expósito Casas

Cátedra de Políticas Educativas

La educación científica en las Comunidades Autónomas. Conocimientos y competencias a la luz de PISA 2015

Francisco López Rupérez, Isabel García García, Eva Expósito Casas

Cátedra de Políticas Educativas

Índice

1. Introducción....4

2. El marco conceptual y metodológico....8

2.1 El marco conceptual....8
2.1.1 Competencias cognitivas....9
2.1.2 Naturaleza del conocimiento científico en el ámbito escolar 10
2.1.3 Aprendizaje profundo y competencias cognitivas 14

2.2 El marco metodológico 15
2.2.1 Las muestras.... 16
2.2.2 Los instrumentos de medida 17
2.2.3 Los procedimientos de análisis 21

3. Una aproximación general....22

3.1 Rendimiento en Ciencias, vocaciones STEM y concepciones epistémicas en las comunidades autónomas 22
3.1.1 Rendimiento en Ciencias 22
3.1.2 Vocaciones STEM 24
3.1.3 Concepciones epistémicas.... 28
3.1.4 Una visión de conjunto 33

3.2 Conocimientos y competencias científicas en las comunidades autónomas 34
3.2.1 Competencias científicas 34
3.2.2 Áreas de contenido 37
3.2.3 Tipos de conocimiento.... 37

3.3 La influencia del factor socioeconómico.... 39
3.3.1 Una primera aproximación 40
3.3.2 Análisis por comunidades autónomas 40

3.4 La influencia de la variable sexo 41
3.4.1 La variable sexo, el rendimiento en Ciencias y las vocaciones científicas. Análisis por comunidades autónomas 45
3.4.2 La variable sexo, el rendimiento en ciencias y las vocaciones STEM. Análisis por comunidades autónomas 51

4. Algunos análisis relevantes al nivel de alumno....55

4.1 Análisis para la muestra española global 55

4.2 Análisis por comunidades autónomas 56

5. Algunos factores relevantes al nivel de aula 59

5.1 La influencia sobre el rendimiento en ciencias de variables relacionadas con la instrucción, a escala nacional y por comunidades autónomas.... 59

5.2 La influencia sobre el rendimiento en Ciencias de variables relacionadas con la instrucción, para las diferentes subdimensiones de la prueba 62

5.3 La influencia sobre la vocación STEM de variables relacionadas con la instrucción, a escala nacional y por comunidades autónomas 62

6. Algunos factores relevantes al nivel de centro 67

6.1 El absentismo escolar 67

6.2 La repetición de curso 70

6.3 La implicación parental 74

7. Discusión general 77

8. Conclusiones y recomendaciones 83

8.1 Conclusiones 83

8.2 Recomendaciones 89

9. Referencias 92

Anexo 101

La educación científica en las Comunidades Autónomas. Conocimientos y competencias a la luz de PISA 2015

Francisco López Rupérez, Isabel García García
Cátedra de Políticas Educativas. Facultad de Educación. Universidad Camilo José Cela

Eva Expósito Casas
Departamento de MIDE. Facultad de Educación. Universidad Nacional de Educación a Distancia

Resumen

La educación científica constituye un área destacada para el desarrollo de las habilidades y de las competencias requeridas por la economía y por la sociedad del siglo XXI. Las enseñanzas STEM (*Science*, *Technology*, *Engineering*, *Mathematics*) son una extensión del anterior ámbito de reflexión sobre la importancia presente y futura de la educación científica. PISA 2015 aporta, por primera vez, los resultados de las diecisiete comunidades autónomas sobre muestras estadísticamente representativas de la correspondiente población a nivel regional. Junto con una descripción del marco conceptual y metodológico, el presente estudio cubre con fines de diagnóstico territorializado: (a) las relaciones entre rendimiento en Ciencias, vocaciones STEM y concepciones epistémicas de los alumnos; (b) la posición de las distintas comunidades autónomas, con suficiente nivel de desagregación, en materia de competencias y de conocimientos científicos; (c) la influencia del nivel socioeconómico y cultural; (d) la influencia de la variable sexo. Los análisis correspondientes son seguidos por el enunciado de políticas y de prácticas educativas para la mejora. Un segundo grupo de aportaciones se centra en una serie de análisis secundarios que toman en consideración tres niveles de aproximación: el del alumno, el de la clase y el del centro. A partir de la evidencia empírica así producida, se aborda una discusión general que se centra, principalmente, en las consecuencias futuras de lo anterior en lo social, en lo económico y en el empleo. Finalmente, se plantean las conclusiones mayores –a modo de resumen de los principales hallazgos– y se formula un conjunto de recomendaciones en términos de políticas y de prácticas para la mejora de la enseñanza y al aprendizaje científicos en España.

Abstract

Science education is an outstanding area for the development of the skills and competences required by the 21st century economy and society. STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) teachings are an extension of this field of refection. PISA 2015 brings, for the first time, the results of the seventeen Autonomous Communities from statistically representative samples at the regional level. After a description of the conceptual and methodological framework, the present study provides territorialized diagnoses on the following

subjects: (a) the relationships between performance in the sciences, STEM vocations and student epistemic conceptions; (b) the position of different autonomous communities in terms of skills and scientific knowledges; (c) socioeconomic and cultural influences; (d) the influence of the sex variable. These analyses are followed by the formulation of policies and practices for improvement. A second group of contributions focuses on a series of secondary analyses at three levels: the student, the class and the school. Based on the empirical evidence thus produced, a general discussion is held on the future consequences in the social, economic and employment fields. Finally, from the empirical findings, the main conclusions are presented and a set of recommendations is formulated in terms of policies and practices for the improvement of scientific teaching and learning in Spain.

1. Introducción

Los sistemas de educación y de formación se han convertido en instrumentos potencialmente efectivos —y, por ello, imprescindibles— para la adaptación de las economías y de las sociedades a un contexto complejo que, por la multiplicidad de factores intervinientes y por sus interacciones, generan dinámicas no lineales y aceleran el tiempo histórico[1]. Existe un consenso amplio, basado en la propia evidencia cotidiana, en el sentido de que el desarrollo de la ciencia y de la tecnología constituye uno de los motores que alimentan esos procesos de cambio rápido.

Klaus Schwab, ha descrito el nuevo panorama del siguiente modo: «Avances revolucionarios en inteligencia artificial, robótica, internet de las cosas, vehículos autónomos, impresión 3D, nanotecnología, biotecnología, ciencia de materiales, almacenamiento de energía y computación cuántica están redefiniendo industrias enteras y creando de cero otras nuevas. En el Foro Económico Mundial a esta ola de innovación la bautizamos 'Cuarta revolución industrial', porque supone un cambio fundamental del modo en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos»[2]. Esta descripción sintética de la evolución del contexto pone claramente de manifiesto el entremezclamiento mayúsculo, entre tecnología, economía y sociedad, que la caracteriza.

Diferentes autores se han referido a la nueva orientación, inducida por ese cambio del contexto en el que operan los sistemas de educación y de formación, en términos de habilidades[3], competencias[4, 5], o currículo[6] para el siglo XXI. El importante trabajo al respecto del National Research Council

1 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2001). *Preparar el futuro. La educación ante los desafíos de la globalización*. Ed. La Muralla. Madrid.

2 SHWAB, K.(2016). <www.weforum.org/es/agenda/2016/10/cuatro-principios-de-liderazgo-de-la-cuarta-revolucion-industrial>.

3 TRILLING, B.; FADEL, C. (2009). *21st Century Skills*. Jossey Bass. San Francisco.

4 FADEL, C.; BIALIK, M.; TRILING, B. (2015). *Four-Dimensional Education. The Competence Learners Need Succeed*. Center for Curriculum Redesign. <http://curriculumredesign.org/our-work/four-dimensional-21st-century-education-learning-competencies-future-2030/>.

5 ANIADOU, K.; CLARO, M. (2009). "21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries", *OECD Education Working Papers*, No. 41, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/218525261154>.

6 BIAC (2016). *Business Priorities for Education. A BIAC Discussion Paper.* <http://biac.org/wp-content/ uploads/2016/06/16-06-BIAC-Business-Priorities-for-Education1.pdf>.

de los EE. UU.[7] ha sido titulado *Educación para la vida y para el trabajo*, destacando así la convergencia existente entre las dimensiones individual, social y económica de la acción formativa en el presente siglo. Como subrayó J. C. Tedesco, hace ya más de dos décadas, «Las empresas modernas aparecen como un paradigma de funcionamiento basado en el desarrollo pleno de las mejores capacidades del ser humano. Estaríamos ante una circunstancia histórica inédita, donde las capacidades para el desempeño en el proceso productivo serían las mismas que se requieren para el papel del ciudadano y para el desarrollo personal»[8].

Los estudios más recientes sobre la enseñanza y sobre el aprendizaje vienen poniendo el acento en las habilidades cognitivas y no cognitivas como elementos esenciales del currículo. Entre las primeras se incluyen las destrezas para el pensamiento crítico, para la resolución de problemas, para construir y evaluar argumentos basados en evidencias, etc.[9]. Entre las segundas se sitúan la perseverancia, la determinación, la resiliencia, el autocontrol, etc.[10, 11]. Como han destacado Kautz *et al.* (2015) a propósito de las habilidades no cognitivas, su poder predictivo rivaliza con el de las cognitivas en un amplio rango de resultados a lo largo de la vida, incluyendo el logro escolar. En particular, «(…) el hecho de ser concienzudo –es decir, la tendencia a ser organizado, responsable y trabajador– es la habilidad no cognitiva más ampliamente predictiva sobre una variedad de resultados (véase Almlund *et al.*, 2011; Borghans *et al*., 2008; Heckman and Kautz, 2012; Roberts *et al*., 2007). Esta habilidad predice el número de años de escolaridad con la misma fuerza que las medidas de inteligencia (Almlund *et al*., 2011)»[12].

A la hora de referirse a ellas, en el antes citado documento de trabajo de la OCDE –*Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non Cognitive Skills to Promote Lifetime Success*[13]– se aclara que «(…) se denominan propiamente habilidades porque tanto las habilidades cognitivas como las no cognitivas pueden ser moldeadas y modificadas a lo largo del ciclo vital. Una antigua terminología en psicología se refería a ellas como 'rasgos´, otorgándoles un sentido de inmutabilidad o de permanencia, posiblemente debido a su naturaleza heredable. La distinción entre habilidades y rasgos no es solo una cuestión semántica, sugiere nuevas y productivas avenidas para las políticas públicas». En efecto y, de acuerdo con la evidencia, las habilidades pueden cambiar con la edad por efecto, particularmente, de la instrucción, de ahí que unas y otras deban formar parte de la educación escolar.

7 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Committee on Defining Deeper Learning and 21st Century Skills, J. W. Pellegrino and M. L. Hilton, Editors. Board on Testing and Assessment and Board on Science Education, Division of Behavioural and Social Sciences and Education. Washington DC: The National Academies Press.

8 TEDESCO, J. C. (1995). *El nuevo pacto educativo*. Anaya, Madrid.

9 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). *Op. cit.*

10 DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN DE ESTADOS UNIDOS (2013). *Promoting Grit, Tenacity, and Perseverance: Critical Factors for Success in the 21st Century*. Office of Educational Technology.

11 MÉNDEZ, I.; ZAMARRO, G.; GARCÍA CLAVEL, J.; HITT, C. (2015). «Habilidades no cognitivas y diferencias de rendimiento en PISA 2009 entre las Comunidades Autónomas españolas». *Participación Educativa*, 2ª época/Vol. 4, n.º 6, pp. 51-61.

12 KAUTZ, T.; J. HECKMAN, J. J.; DIRIS, R.; WEEL, B.; BORGHANS, L. (2014). "Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non-Cognitive Skills to Promote Lifetime Success". *OECD Education Working Papers*, No. 110, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jxsr7vr78f7-en>.

13 KAUTZ, T. *et al*. (2014). *Ibid*. (p. 10).

Otro de los conceptos que se está consolidando, de la mano de los avances producidos en las ciencias cognitivas, es el de 'aprendizaje profundo'. Los científicos cognitivos han puesto de manifiesto la importancia de una comprensión conceptual profunda en el aprendizaje al descubrir que los niños retienen mejor el conocimiento escolar y son capaces de aplicarlo en contextos diferentes si disponen de un 'conocimiento profundo' y no de un 'conocimiento superficial'[14]. Como ha concretado el National Research Council de los EE. UU., en la obra más arriba citada, «El producto del aprendizaje profundo es conocimiento transferible, incluyendo contenido de conocimiento en un dominio determinado así como conocimiento sobre el cómo, por qué y cuándo aplicar ese conocimiento para responder a cuestiones y resolver problemas»[15].

La educación científica constituye un área destacada para el desarrollo de las habilidades y de las competencias requeridas por la economía y por la sociedad del siglo XXI. La riqueza semántica de sus marcos conceptuales; la variedad de modalidades de conocimiento que maneja; la potencia de los conceptos que transfiere y que está vinculada, frecuentemente, con su grado de abstracción y su alto nivel de generalidad; la presencia natural de situaciones de aprendizaje de carácter cooperativo asociadas a la propia metodología experimental o de investigación; el desarrollo de la disciplina personal, de la perseverancia y del sentido del esfuerzo como exigencia natural del alto nivel de demanda cognitiva, o intelectual, de sus marcos teóricos; su trasfondo humanístico relacionado con la reflexión filosófica y con su propia evolución histórica, en tanto que ejemplo formidable de construcción humana, hacen de ella —entre otros rasgos— uno de los ámbitos privilegiados para la adquisición de esas habilidades, tanto cognitivas como no cognitivas, que una economía y una sociedad basadas en el conocimiento requieren del sujeto en formación.

Las enseñanzas STEM (*Science*, *Technology*, *Engineering*, *Mathematics*) constituyen, de hecho, una extensión del anterior ámbito de reflexión sobre la importancia presente y futura de la educación científica. Por su impacto sobre la economía y el empleo[16] han atraído la atención de las instituciones europeas[17, 18], pero también porque las correspondientes competencias forman parte del equipaje cívico necesario que permitirá a los ciudadanos del siglo XXI participar activamente en procesos y en decisiones que afectarán de lleno a sus vidas[19].

Ante este panorama complejo, el desarrollo de la educación científica constituye un elemento básico que forma parte del potencial de desarrollo económico y social de cada una de las comunidades autónomas españolas. Como ha señalado el informe IVIE-Fundación BBVA sobre *La competitividad*

14 SAWYER, R. K. (2008). "Optimizing Learning: Implications of Learning Sciences Research". *Innovating to Learn. Learning to Innovate.* OECD Publishing. París.

15 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012). *Op.cit.* (p. 6).

16 WEF (2016). *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.

17 CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2009). «Conclusiones del Consejo, de 12 de mayo de 2009, sobre un marco estratégico para la cooperación europea en el ámbito de la educación y la formación (ET 2020)». *Diario Oficial de la Unión Europea.* <OJ C 119, 28/5/2009, pp. 2–10>.

18 EU STEM COALITION (2015). <www.stemcoalition.eu>.

19 EUROPEAN COMMISSION (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Bruselas.

de las regiones españolas ante la Economía del Conocimiento[20]: «(…) se ha abierto paso un consenso creciente en la sociedad española sobre la necesidad de modificar los rasgos de ese modelo de crecimiento regional para asentarlo sobre bases más sólidas que garanticen un aumento continuado de la productividad y, por esa vía, el acceso a mayores niveles de bienestar social. La idea que intenta resumir las características de ese nuevo modelo es que debe estar inspirado por la denominada 'economía del conocimiento». Y es que, como subrayan más adelante los autores, citando diferentes fuentes con una sólida base empírica, el conocimiento desempeña un papel determinante como clave para el desarrollo económico a largo plazo[21].

En este orden de ideas, la edición de PISA 2015 ha abierto para España una ventana de oportunidad inédita al registrar, por primera vez en la historia de dicho programa de evaluación internacional, la participación de las diecisiete comunidades autónomas con muestra ampliada y estadísticamente representativa de la población a nivel regional. Ello permite evaluar, más allá de los niveles educativos formales de la población basados en los datos oficiales de matrícula y de promoción, el nivel real de los alumnos, en este caso en el ámbito particular de la educación científica. El hecho de que dicha evaluación se produzca en el marco de la enseñanza obligatoria permite razonar sobre el grado de adquisición de competencias básicas por parte de la población en general y sobre su poder predictivo, en términos comparados, con respecto a su futuro probable de desarrollo económico y social.

El presente estudio aporta una caracterización de las comunidades autónomas en materia de resultados en educación científica y desarrolla un conjunto amplio y variado de análisis secundarios de PISA 2015 que ponen el acento no sólo en los conocimientos sino también en las competencias.

Así, tras una descripción de los marcos conceptual y metodológico en los que se inscribirán los posteriores análisis, se efectúa, en primer término, una aproximación de carácter general que cubre las relaciones entre rendimiento en ciencias, vocaciones STEM y concepciones epistémicas de los alumnos, así como la caracterización al respecto, desde un punto de vista comparado, de las comunidades autónomas y la propuesta consiguiente de políticas y de prácticas de mejora. A continuación, se procede a la determinación de su posición relativa, en materia de competencias y de conocimientos científicos, con suficiente nivel de desagregación. Seguidamente, y dentro de esa perspectiva general, se incluye un análisis de la influencia del nivel socioeconómico y cultural para concluir después con un conjunto de análisis razonablemente completo sobre la influencia de la variable sexo, desde el punto de vista territorial. Tales análisis son seguidos por el enunciado de políticas y de prácticas educativas tendentes a reducir la brecha de género, en materia tanto de rendimiento en ciencias como de elección de opciones profesionales de carácter científico-tecnológico, con consecuencias positivas en los planos personal, económico y social, particularmente en aquellas comunidades autónomas más afectadas por esa brecha.

20 REIG MARTÍNEZ, E.; PÉREZ GARCÍA, F.; QUESADA IBAÑEZ, J.; SERRANO MARTÍNEZ, L.; ALBERT PÉREZ, C.; BENAGES CANDAU, C.; PÉREZ BALLESTER, J.; SALAMANCA GONZALES, J. (2016). *La competitividad de las regiones españolas ante la Economía del Conocimiento*. IVIE-Fundación BBVA. Valencia, (p. 7).

21 REIG MARTÍNEZ, E.; PÉREZ GARCÍA, F.; QUESADA IBAÑEZ, J.; SERRANO MARTÍNEZ, L.; ALBERT PÉREZ, C.; BENAGES CANDAU, C.; PÉREZ BALLESTER, J.; SALAMANCA GONZALES, J. (2016). *Ibid*.

Un segundo grupo de aportaciones con base empírica se centra en una serie de análisis que toma en consideración tres niveles de aproximación: el del alumno, el de la clase y el del centro. Dichos análisis abordan los comportamientos cognitivos de los alumnos, algunas de las variables más relevantes que influyen en la educación científica y en sus resultados al nivel de aula, así como algunas de las variables más relevantes que influyen en ese ámbito académico al nivel de centro.

A partir de la evidencia empírica así generada, se emprende una discusión general que se centra, principalmente, en las consecuencias futuras de lo anterior en lo social, en lo económico y en el empleo.

Finalmente, y con una intención de síntesis, se plantean las conclusiones mayores, a modo de resumen de los principales hallazgos, y se formula un conjunto de recomendaciones en términos de políticas y de prácticas, relativas a la enseñanza y al aprendizaje científicos, que se consideran de utilidad para el futuro de nuestro país y de sus comunidades autónomas.

2. El marco conceptual y metodológico

2.1 El marco conceptual

En el área propia de los países desarrollados y de la Unión Europea, el desarrollo de la noción de competencia —particularmente en el ámbito de la educación formal—, de su correspondiente marco conceptual y de sus implicaciones, eclosionó en el panorama internacional en los inicios del presente siglo[22]. El desarrollo del Proyecto DeSeCo, de la OCDE, supuso un esfuerzo de cooperación y de acuerdo internacionales no sólo en el plano académico, sino también en el plano político por parte de los países miembros[23]. Este esfuerzo político facilitó su rápida incorporación al dominio estricto de la Unión Europea, así como el nacimiento del *Marco Europeo de Referencia de Competencias Clave para el Aprendizaje Permanente*[24]. La justificación aportada por el Parlamento Europeo y el Consejo para dicho marco se formuló en los siguientes términos: «Dados los nuevos retos que la globalización sigue planteando a la Unión Europea, cada ciudadano requerirá una amplia gama de competencias para adaptarse de modo flexible a un mundo que está cambiando con rapidez y que muestra múltiples interconexiones. En su doble función —social y económica—, la educación y la formación deben desempeñar un papel fundamental para garantizar que los ciudadanos europeos adquieran las competencias clave necesarias para poder adaptarse de manera flexible a dichos cambios»[25].

22 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2009). «Las competencias básicas en el marco de la Unión Europea». En VV AA. *Ser competente desde el entorno escolar*. (pp. 53-62). El Corte Inglés. Madrid.

23 RYCHEN, D. S.; SALGANIK, L. H. (Eds.). (2006). *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico*. Aljibe, Málaga.

24 D. O. U. E. (DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA) (2006). «Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente». (30/12/2006). Bruselas.

25 D. O. U. E. (2006). *Ibid*. (p. 13).

2.1.1 Competencias cognitivas

Una de las contribuciones básicas del Proyecto DeSeCo se sitúa en el plano conceptual. Como resultado de una revisión preparatoria, F. W. Weinert aclaraba la complejidad de la noción de competencia de la siguiente manera: «El constructo teórico de la competencia en la acción combina de un modo integrado en un sistema complejo esas habilidades intelectuales, conocimientos de contenido específico, habilidades cognitivas, estrategias específicas de un determinado ámbito, rutinas y subrutinas, tendencias motivacionales, sistemas de control de la voluntad, orientaciones personales del valor y comportamientos sociales»[26].

Existe un amplio consenso entre los especialistas internacionales en el sentido de que un enfoque orientado a la adquisición de las competencias clave, a igualdad de contenidos específicos, comporta una mayor complejidad y un nivel superior de exigencia cognitiva o intelectual. Como ha destacado Rychen —citando a Kegan— en el marco del proyecto DeSeCo, la rápida evolución del contexto, dada su complejidad creciente, requiere «(…) la especificación del nivel de complejidad mental (…) basado en un modelo evolutivo de la complejidad de la mente»[27].

Refiriéndose a las competencias propiamente cognitivas, los Consejos Escolares Autonómicos y del Estado se posicionaron a este respecto en los siguientes términos: «Después de todo, el saber hacer —esa capacidad para aplicar un conocimiento conceptual en diferentes contextos cuyo desarrollo es característico del enfoque por competencias— supone la movilización de capacidades cognitivas de orden superior, tales como analizar, interpretar, aplicar, predecir, etc. Pero esas habilidades no pueden desvincularse de los contenidos y de los aprendizajes específicos en los que se apoyan, sino que han de ser la decantación, el precipitado de ese conocimiento conceptual sin el cual la aplicación del nuevo enfoque en un contexto escolar resulta, desde el punto de vista de los procesos mentales, simplemente inviable. El desafío básico consiste en ser más efectivos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, en la elaboración y aplicación sistemática de nuevos procedimientos organizativos y de nuevas herramientas didácticas capaces de llevar a todos los escolares a ese escalón superior en el uso del conocimiento»[28].

En el marco concreto de la evaluación de PISA, la cultura científica[29] es considerada como una competencia clave; se define como «la capacidad para utilizar los conocimientos y la información de manera interactiva» y es considerada como una respuesta a la pregunta «¿qué es importante que los

26 WEINERT, F. W. (1999). «Concepts of Competence. Definition and Selection of Competencies. Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)». SFSO, NCES, OECD (Documento interno), (p. 10).

27 RYCHEN, D. S.; SALGANIK, L. H. (Eds.) (2006). *Op.cit*. (p. 21).

28 XVIII Encuentro de Consejos Escolares Autonómicos y del Estado (2008). *Marco Conceptual de la Educación por competencias*. Bilbao.

29 En este trabajo se ha traducido 'science literacy' como 'cultura científica' y no como 'alfabetización científica', por considerar que es una traslación al español que refleja mejor la riqueza de matices que se halla tras un concepto que, según PISA, es «la capacidad de los individuos de comprometerse con las cuestiones y las ideas relativas a la ciencia en tanto que ciudadanos reflexivos» (OECD, 2016 b, p. 50). Está es también la opción adoptada por la traducción francesa.

alumnos sepan, valoren y puedan hacer en situaciones que impliquen a la ciencia y la tecnología?»[30]. En lo que respecta a la relación entre conocimientos y competencias, se alinea con los posicionamientos epistemológicos antes invocados —con implicaciones pedagógicas evidentes— en los siguientes términos: «En el estudio PISA 2015, la cultura científica se define en función de tres competencias: explicar fenómenos de manera científica, evaluar y concebir investigaciones científicas e interpretar datos y hechos científicamente. Estas tres competencias requieren conocimientos. Así, para explicar fenómenos científicos y tecnológicos, por ejemplo, resulta imperativo disponer de conocimientos científicos. Para utilizar la segunda y la tercera competencia los conocimientos científicos no son suficientes, es preciso asimismo comprender de dónde vienen esos conocimientos y saber en qué medida son fiables».

2.1.2 Naturaleza del conocimiento científico en el ámbito escolar

Uno de los rasgos característicos del conocimiento científico es su riqueza semántica, su complejidad[31]. De esa misma complejidad participa el conocimiento que concierne a la educación científica, si bien atemperada por un ejercicio efectivo de transposición didáctica que transforma el saber científico en un conocimiento capaz de ser aprendido por el alumno, en función de su grado de desarrollo intelectual y de su nivel de edad[32].

En el ámbito de la psicología educativa suele distinguirse entre el conocimiento declarativo y el conocimiento procedimental. El primero se manifiesta bajo la forma de palabras a través de enunciados y proposiciones[33]; el segundo está constituido por un conjunto de habilidades que permiten al individuo desarrollar procedimientos para la realización de una tarea, sea intelectual o psicomotora[34]. Sin embargo, cuando se toma en consideración esa complejidad del conocimiento científico, la barrera divisoria entre ambas formas de conocimiento se difumina de modo que, con bastante frecuencia en las ciencias más formalizadas, se hace difícil establecer con precisión donde termina una y dónde comienza la otra. Algo similar sucede en el ámbito propio de la educación científica.

Como establecimos en una publicación anterior, los componentes del conocimiento científico relativo a contenidos que constituyen, en buena medida, el objeto de la educación científica, pueden identificarse, de un modo jerárquico, en los siguientes términos[35]:

a) *Conocimiento verbal*. Que incluye el conocimiento de términos, de proposiciones o de enuncia-

30 OCDE (2016 a). *Cadre d'évaluation et d'analyse de l'enquête PISA 2015: Compétences en sciences, en compréhension de l'écrit, en mathématiques et en matières financières*. PISA, Éditions OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.178/9789264259478-fr>. (pp. 20 y 21).

31 BACHELARD, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. (16ª ed. 1984). PUF. Paris.

32 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; PALACIOS GÓMEZ, C. (1988). *La exigencia cognitiva en física básica. Un análisis empírico*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

33 GAGNÉ, R. M. (1980). «Learnable Aspects of Problem Solving». *Educational Psychologist* 15(2), pp. 84-92.

34 SHUELL, T. J. (1985). «Knowledge Representation Cognitive Structure and School Learning: A Historical Perspective». *Cognitive Structure and Conceptual Change*, pp. 117-129.

35 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1994). *Más allá de las partículas y de las ondas. Una propuesta de inspiración epistemológica para la educación científica*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

dos. Entendido en un sentido amplio supone también el conocimiento de sus respectivas expresiones simbólicas.

b) *Conocimiento de conceptos*. Supone el conocimiento de los atributos de los conceptos en juego y de sus relaciones internas dentro del sistema conceptual.

c) *Conocimiento sobre el uso de los conceptos*. Incluye las reglas de uso de los conceptos, sus condiciones de aplicabilidad, sus límites de validez y, en general, los aspectos básicos de la dimensión operacional —o, si se quiere, funcional— de los conceptos científicos más formalizados.

d) *Conocimiento de algoritmos*. Comprende la integración de destrezas relativamente elementales, que están presentes de un modo incipiente en el escalón anterior, en sistemas procedimentales complejos o relativamente complejos. Constituye una forma de conocimiento compilado, esto es, organizado y almacenado de manera que resulte recuperable de un modo sencillo de la memoria por parte del individuo y facilite su uso frecuente. El conocimiento algorítmico admite una estructura –a modo de rutinas y subrutinas– de diferentes niveles de complejidad encajados.

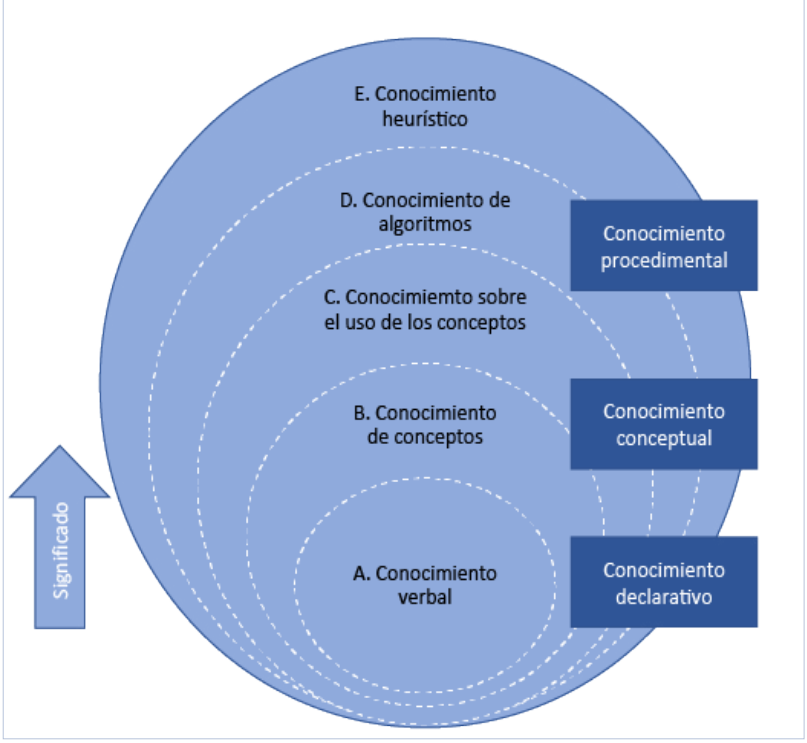
e) *Conocimiento heurístico*. Constituye una forma de conocimiento que facilita o sirve para el descubrimiento. Aunque posee una naturaleza por lo general más incierta o difusa que la del anterior, permite, con frecuencia, orientar la utilización de los algoritmos en una dirección conveniente. Si bien los heurísticos son considerados como un producto de la experiencia, es posible una identificación de los mismos con fines didácticos analizando de un modo sistemático el comportamiento de sujetos expertos en su ámbito de competencia[36].

En esta descripción integrada del conocimiento científico cada escalón se apoya en el anterior y, en cierto modo, lo incluye. Así, si se dispone de un adecuado nivel de comprensión de los conceptos, las palabras para describirlos se encontrarán, por lo general, con relativa facilidad. Pero, a su vez, un conocimiento de carácter no solo memorístico sobre el uso de los conceptos científicos constituye un estadio más avanzado de progreso en la dirección de un aumento de significado que incorpora, necesariamente, los elementos del estadio anterior. Lo mismo se podría decir del resto de los escalones superiores: un algoritmo carente de contenido conceptualmente significativo, presentará una efectividad francamente limitada si el procesador de la información es un ser humano. De igual modo, los heurísticos más efectivos resultan ser aquellos que hacen referencia a un dominio de contenido específico.

El solapamiento parcial entre el conocimiento declarativo, el conocimiento propiamente conceptual y el conocimiento procedimental resulta patente, reflejando de este modo la transición suave entre las diferentes formas de conocimiento postulada por el correspondiente modelo jerárquico. Por otra parte, el poder inclusor de cada escalón aumenta en el sentido en el que aumenta el significado.

36 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1991). *Organización del conocimiento y resolución de problemas en Física*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

Figura 1
Un modelo jerárquico de capas para el conocimiento científico en el ámbito escolar



Fuente: López Rupérez, F. (1994).

Este paralelismo semántico entre inclusividad y significación constituye, como es sabido, uno de los elementos clave de la teoría de Ausubel del aprendizaje conceptual[37].

El anterior modelo jerárquico del conocimiento que es relevante para la educación científica puede ilustrase mediante el esquema de capas que se representa en la figura 1. Las líneas de trazos, que definen los límites de cada modalidad de conocimiento, pretenden reflejar el carácter abierto de dichos límites y, consiguientemente, la naturaleza dinámica de la integración cognoscitiva que se presenta.

El aumento de significado –que se produce, en principio, en la dirección de una inclusión creciente– define, de hecho, un trayecto de ida y vuelta que también en este caso se asemeja mucho más a un proceso cíclico que a otro lineal. Así, la ganancia de significado conceptual mejora el conocimiento verbal, la aplicación de los conceptos mejora el significado de estos, que mejora a su vez el conocimiento verbal, etc. Inclusión significante y significación dinámica, o evolutiva, vienen a ser dos aspectos importantes de un modelo en el cual las ideas de jerarquía flexible, interacción entre las partes, organización y, a fin de cuentas, complejidad constituyen su sustrato epistemológico fundamental.

37 AUSUBEL, P. D.; N0VAK J.D.; HANESIAN, H. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, México.

Tabla 1
Competencias y habilidades cognitivas para el siglo XXI de acuerdo con el proyecto O*NET

Cluster	Términos usados para las habilidades del siglo XXI	Habilidades O*NET	Factor de habilidades principal
Conocimiento	Alfabetización informacional (investigación basada en evidencias y reconocimiento de sesgos en las fuentes); alfabetización en las TIC; comunicación oral y escrita; escucha activa	Habilidades de contenido	Inteligencia cristalizada (Gc)
Procesos cognitivos y estrategias	Pensamiento crítico, resolución de problemas, análisis, razonamiento/argumentación, interpretación, toma de decisiones, aprendizaje adaptativo, función ejecutiva	Habilidades sistémicas, habilidades procedimentales, habilidades de resolución de problemas complejos	Inteligencia fluida (Gf)
Creatividad	Creatividad, innovación	Habilidades de resolución de problemas complejos (generación de ideas)	Capacidad de recuperación general (Gr)

Nota: El proyecto O*NET[41] ha generado una amplia base de datos de información sobre 965 ocupaciones que está organizada en torno a un "modelo de contenido" y describe ocupaciones a lo largo de varias dimensiones, incluyendo características de los empleados (capacidades, intereses, valores y estilos laborales) y requerimientos (habilidades, conocimientos y formación).

Fuente: Elaboración propia a partir de NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012).

Este modelo, que emerge de la educación científica[38], resulta compatible con el esquema propuesto, sobre amplias bases empíricas procedentes de la psicología[39], por el National Research Council de los EE. UU. en la obra antes citada[40] para las competencias y habilidades cognitivas del siglo XXI, que reordenadas en un orden jerárquico se muestra en la tabla 1.

Junto con estos aspectos relativos a la organización del conocimiento científico en el ámbito escolar, las dimensiones metodológica y epistemológica de las ciencias han venido siendo una preocupación para la educación científica, tanto en el mundo de la investigación propiamente dicha como

38 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1994). *Op. cit.*

39 CARROLL, J.B. (1993). Human cognitive abilities. Cambridge University Press. New York.

40 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). Op. cit. (pág.32).

en el de los contenidos de la enseñanza dirigida a los alumnos [42, 43, 44]. No obstante lo cual, y como han destacado diferentes autores, los contenidos propios de la filosofía, la sociología o la historia de la ciencia siguen constituyendo, en la actualidad, una línea de investigación relevante de la didáctica de las ciencias[45, 46]. Por tales motivos, no es de extrañar que, como se verá más adelante, PISA haya incorporado a sus pruebas, en la edición de 2015, tales dimensiones del conocimiento científico, así como las competencias o habilidades correspondientes.

2.1.3 Aprendizaje profundo y competencias cognitivas

En la acepción asignada al aprendizaje profundo —o más profundo si se quiere (*deeper learning*)— por el ya citado National Research Council norteamericano, el núcleo de dicha forma de aprendizaje estriba en la transferibilidad en diferentes contextos del conocimiento aprendido en un ámbito determinado, a fin de dar respuesta a cuestiones y de resolver problemas. No obstante, dicha acepción comprende procesos que van más allá de las habilidades de naturaleza propiamente cognitiva. De acuerdo con su definición, el aprendizaje profundo (*deeper learning*) «es el proceso a través del cual un individuo es capaz de tomar lo que ha aprendido en una situación y aplicarlo a nuevas situaciones. A través del aprendizaje profundo –el cual implica a menudo aprendizajes compartidos e interacciones con otros en una comunidad– los individuos desarrollan 'expertez' o pericia en un dominio particular de conocimiento y/o en un ámbito de actuación»[47]. J. A. Marina, al comentar el trabajo citado, amplía la anterior aproximación en los siguientes términos: «El *deeper learning* prepara a los alumnos para dominar con maestría los contenidos académicos, pensar críticamente, resolver problemas, trabajar colaborativamente, comunicarse con eficacia, dirigir el propio aprendizaje e incorporar el *feedback* necesario»[48]. El propio documento original se extiende a considerar otras competencias en los dominios interpersonal e intrapersonal que, junto con las de carácter cognitivo, conforman desde su óptica las habilidades del siglo XXI.

Sin perjuicio de las relaciones causales circulares que, al hilo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, puedan existir entre las habilidades cognitivas y las no cognitivas, el enfoque del presente trabajo se centrará, principalmente, en competencias de naturaleza cognitiva en cuyo marco, el aprendizaje profundo, debido a las habilidades que requiere, se ubica en los escalones superiores en

41 PETERSON, N. G.; MUMFORD, M. D.; BORMAN, W. C.; JEANNERET, P. R; FLEISHMAN, E. A. (Eds.). (1999). *An occupational information system for the 21st century: The development of O*NET*. Washington DC. American Psychological Association. .

42 GIL PÉREZ, D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas». *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), pp.111-121.

43 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1990)- «Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden». *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 50-61.

44 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1996)- «Física, epistemología y educación científica. Una aproximación transdisciplinar». *Arbor*, CLIII, 601, pp. 67-103.

45 VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M. A. (2018). «El conocimiento epistémico en la evaluación de la competencia científica en PISA 2015». *Revista de Educación*, 380. Abril-junio 2018, pp. 103-128.

46 MATTHEWS, M. R. (ed.) (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching.* Springer. Dordrecht, The Netherlands.

47 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012). *Op. cit*. (p. 5).

48 MARINA, J. A. (2017). *El bosque pedagógico*. Ariel. Barcelona. (pág. 177)

esa escalera del conocimiento científico propia del ámbito escolar antes descrita. Se trata, en buena medida, de habilidades de carácter metacognitivo. Así, la transferibilidad requiere el acceso a una forma de generalización de conocimientos, que requiere, a su vez, un conocimiento conceptual y una comprensión profunda de sus elementos componentes y de sus relaciones internas; comprensión que, de acuerdo con la evidencia empírica disponible, hace más efectivos los aprendizajes[49].

En el plano propiamente cognitivo, Webb[50] ha destacado que el grado de profundidad del conocimiento puede manifestarse en una variedad de dimensiones, tales como el nivel de complejidad cognitiva de la información que se espera dispongan los alumnos, su capacidad de transferencia a situaciones diversas, su facilidad para efectuar generalizaciones, o la cantidad de conocimiento previo necesario para captar las ideas. Webb enriquece esta perspectiva cognitivista del concepto de conocimiento profundo en los siguientes términos: «La profundidad del conocimiento, o la demanda cognitiva, (…) está relacionada con el número y fuerza de las conexiones entre ideas, hechos o procedimientos (Hierbert & Carpenter, 1992, p. 67). La profundidad del conocimiento (…) está relacionada con el número de conexiones de conceptos e ideas que un estudiante necesita para producir una respuesta, con el nivel de razonamiento y con el uso de otros procesos de auto seguimiento»[51].

Las competencias que, bajo la rúbrica de 'cultura científica', mide PISA —explicar fenómenos de manera científica, evaluar y concebir investigaciones científicas e interpretar datos y hechos científicamente— pueden ser ubicadas, en buena medida, dentro de la categoría conceptual propia del aprendizaje profundo. De hecho, y como se verá más adelante, un 69,6% del total de los 184 ítems de que consta la prueba de 'cultura científica' presenta una demanda cognitiva media o alta. De acuerdo tanto con la conceptualización que subyace a nuestro esquema de inclusión creciente (figura 1), como con la descrita por Webb, su logro supone el haber adquirido otros conocimientos situados en posiciones inferiores en esa jerarquía cognoscitiva. Por ello, las competencias científicas no pueden ser interpretadas, en modo alguno, como la posibilidad de acceder a los niveles superiores de habilidades si no van acompañadas de una familiarización y un dominio suficientes de los conocimientos requeridos.

2.2 El marco metodológico

El marco metodológico del presente trabajo se basa, en buena parte, en los instrumentos de medida empleados por PISA 2015 para la generación de su rica base de datos sobre el grado de adquisición de conocimientos, competencias y actitudes científicas alcanzado por los alumnos en la educación secundaria inferior (15 años) así como sobre su contexto. Junto a ello, se citan en lo que sigue los procedimientos de análisis que nos permitirán operar sobre diferentes componentes de dicha base de datos que resultan de interés para los objetivos de la investigación.

49 SAWYER, R. K. (2008). *Op. cit*.

50 WEBB, N. L. (1997). «Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education». *Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph*. Washington DC: National Institution for Science Education.

51 WEBB, N. L. (1997). *Op. cit*. p. 15.

2.2.1 Las muestras

Las muestras utilizadas se corresponden, por un lado, con las 17 comunidades autónomas como conglomerados de datos, y, por otro, con los microdatos –relativos a alumnos– de cada una de ellas que hacen referencia a otras tantas muestras ampliadas, estadísticamente representativas de las respectivas poblaciones de escolares con 15 años de edad.

En el conjunto de las muestras ampliadas correspondientes a las comunidades autónomas, participaron en la evaluación de PISA 2015 un total 39.066 estudiantes. La muestra representativa para España estuvo compuesta por 6.736 estudiantes; los tamaños muestrales para cada comunidad autónoma junto con los porcentajes con respecto a las correspondientes poblaciones, pueden observarse en la tabla 2 (en los análisis presentados se ha utilizado la ponderación, establecida para la comparación internacional, en relación a la muestra representativa de la población española y de cada una de las comunidades autónomas).

Tabla 2
Extensión de las muestras de alumnos correspondientes a cada una de las diecisiete comunidades autónomas españolas y porcentajes con respecto a las respectivas poblaciones.

	N	%
Andalucía	1.813	4,6%
Aragón	1.798	4,6%
Asturias	1.790	4,6%
Islas Baleares	1.797	4,6%
Canarias	1.842	4,7%
Cantabria	1.924	4,9%
Castilla y León	1.858	4,8%
Castilla-La Mancha	1.889	4,8%
Cataluña	1.769	4,5%
Comunidad Valenciana	1.625	4,2%
Extremadura	1.809	4,6%
Galicia	1.865	4,8%
Comunidad de Madrid	1.808	4,6%
Región de Murcia	1.796	4,6%
Com. Foral de Navarra	1.874	4,8%
País Vasco	3.612	9,2%
La Rioja	1.461	3,7%

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

2.2.2 Los instrumentos de medida

Los instrumentos de medida empleados son los que han permitido a PISA, en su edición de 2015, obtener los datos cuyos análisis secundarios serán objeto de este estudio, esto es, las pruebas de Ciencias y los cuestionarios correspondientes. La figura 2 permite hacerse una idea completa de la estructura del marco de evaluación de la cultura científica en PISA 2015 que comprende los conocimientos, las competencias, las actitudes hacia la ciencia y el contexto[52].

Las pruebas

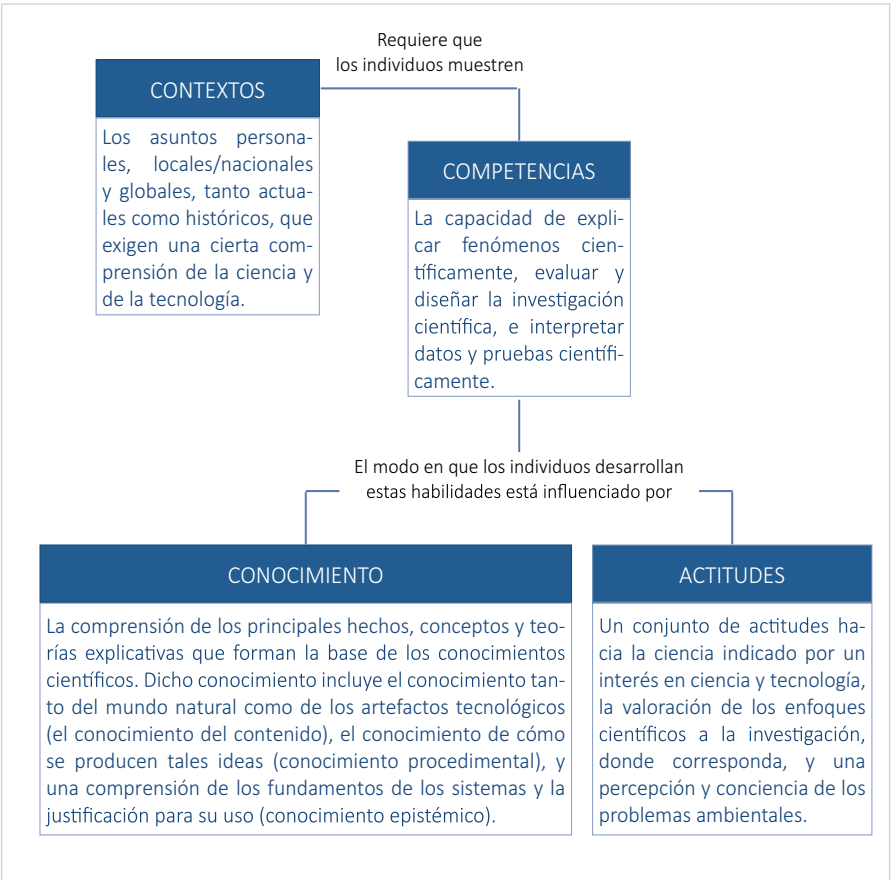
La estructura completa del ámbito propiamente cognitivo de las pruebas de Ciencias de PISA 2015 se resume en la figura 3. Cabe subrayar en ella tres categorías:

1. *Competencias científicas*, categoría que comprende tres tipos de competencias:
   - Explicar fenómenos de científicamente (reconoce, proporciona y evalúa explicaciones en un cierto rango de fenómenos naturales y tecnológicos).
   - Evaluar y concebir investigaciones científicas (describe y valora investigaciones científicas y propone formas de plantear cuestiones de un modo científico).
   - Interpretar datos y evidencias científicamente (analiza y evalúa datos, asertos y argumentos en una variedad de representaciones y esboza conclusiones científicas adecuadas).
2. *Tipos de conocimiento*, categoría que comprende tres subcategorías:
   - De contenidos (conocimiento de teorías, ideas explicativas, información y hechos).
   - Procedimental[53] (conocimiento sobre los conceptos y los procedimientos que son fundamentales para la investigación científica y que sustentan la recogida, análisis e interpretación de datos científicos).
   - Epistémico (comprensión sobre la naturaleza y el origen del conocimiento científico y capacidad para pensar como lo hacen los científicos. Supone distinguir entre observaciones, hechos, hipótesis, modelos y teorías y comprender porque ciertos procedimientos, como la experimentación, son fundamentales para generar conocimientos en ciencia).
3. *Áreas de contenido*, categoría que comprende tres tipos de sistemas:
   - Sistemas físicos.
   - Sistemas vivos.
   - Sistemas de la Tierra y el Espacio.

52 OECD (2016a). *PISA 2015 Results, Excellence and equity in education. Vol. I*. OECD Publishing. Paris. <https://www.oecd-ilibrary.org/education /pisa-2015-results-volume-i_9789264266490-en>.

53 El significado que otorga PISA al término 'conocimiento procedimental' hace referencia a los procedimientos de la ciencia, es decir, a algunos de sus aspectos metodológicos. Difiere, por tanto, del significado empleado más arriba en el texto que concierne a procesos cognitivos vinculados al aprendizaje de los conceptos científicos.

Figura 2
Estructura del marco de evaluación de la cultura científica en PISA 2015



Fuente: (OECD, 2016 a).

La figura 3 recoge otras categorizaciones adicionales relativas al formato de las respuestas, al nivel de exigencia o demanda cognitiva de su contenido, o a los contextos concernidos por cada una de los elementos o unidades de evaluación. En el Volumen I de PISA 2015 (anexo C)[54] pueden consultarse distintos ejemplares de ítems de las principales categorías de la prueba de Ciencias.

En lo que sigue, se presenta la estructura fundamental de la prueba de ciencias, con la ayuda de las tablas 3 y 4 que han sido elaboradas por los autores mediante el procesamiento directo de la información contenida en las hojas de cálculo C2.1 y C2.2[55]. Dichas tablas de especificaciones clarifican esa distribución compleja del conjunto de ítems en las diferentes subescalas, con cuyas puntuaciones se trabajará posteriormente. La tabla 3 presenta la distribución del total de ítems en las tres categorías o subescalas siguientes: tipos de conocimiento científico, competencias científicas y áreas de contenido. Por su parte, la tabla 4 muestra la distribución del total de ítems por las dos categorías, o subescalas siguientes: tipos de conocimiento y competencias científicas, con la explicitación además

54 OECD (2016 b). *Op. cit*.

55 OECD (2016 b). Op. cit. (anexo C2). <http://dx.doi.org/10.1787/888933433242>.

Figura 3
Categorías descriptivas de los elementos y unidades de evaluación de PISA 2015 en el área de ciencias

Fuente: elaboración propia a partir de (OECD, 2016 a).

del nivel de demanda cognitiva de los ítems correspondientes, noción ésta que da idea de la profundidad del conocimiento requerido.

Así, el 48,4% de los 184 ítems de los que consta la prueba corresponde a la competencia 'explicar fenómenos científicamente', el 21,2% a 'evaluar y concebir investigaciones científicas' y el 30,4% a 'interpretar datos y evidencias científicamente'. Por otra parte, el 53,3% de los ítems corresponde a 'conocimientos de contenidos', el 32,6% a 'conocimiento procedimental' y el 14,1% a 'conocimiento epistémico'. Finalmente, el 31,2% corresponde a 'sistemas físicos', el 40,2% a 'sistemas vivos' y el 26,6% a 'sistemas de la Tierra y el Espacio'. En lo concerniente al nivel de exigencia o demanda cognitiva, el 30,4% de los ítems presentan un nivel bajo de demanda cognitiva, el 61,4% un nivel medio y solo un 8,2% un nivel alto.

Los cuestionarios

Cuestiones de diferente naturaleza, procedentes de los distintos cuestionarios de PISA 2015[56], han sido utilizadas en el presente estudio para definir un conjunto de variables seleccionado de acuerdo con las prioridades de la investigación. Dichas variables han sido las siguientes:

- Vocación científica.

56 OECD (2016c). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>.

Tabla 3
Distribución del total de ítems en las tres categorías o subescalas: tipos de conocimiento científico, competencias científicas y áreas de contenido. PISA 2015

Competencia científica	Tipo de conocimiento			
Áreas de contenido	De contenidos	Procedimental	Epistémico	Total
Explicar fenómenos científicamente	83	4	2	89
Sistemas físicos	34	1		35
Sistemas vivos	30	3		33
Sistemas de la Tierra y el Espacio	19		2	21
Evaluar y concebir investigaciones científicas	1	19	19	39
Sistemas físicos	9	7	16	
Sistemas vivos	1	10	7	18
Sistemas de la Tierra y el Espacio	5	5		
Interpretar datos y evidencias científicamente	14	37	5	56
Sistemas físicos	4	6		10
Sistemas vivos	3	18	2	23
Sistemas de la Tierra y el Espacio	7	13	3	23
Total. Sistemas físicos	38	16	7	61
Total. Sistemas vivos	34	31	9	74
Total. Sistemas de la Tierra y el Espacio	26	13	10	49
Total	98	60	26	184

Fuente: elaboración propia a partir de la información contenida en las hojas de cálculo C2.1 y C2.2 (PISA, 2016 b).

- Nivel socioeconómico y cultural.
- Clima de disciplina en el aula de Ciencias.
- Apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción.
- Prácticas de enseñanza y aprendizaje en Ciencias basadas en la investigación.
- Instrucción directa en Ciencias por el profesor.
- Disfrute con la ciencia.
- Absentismo escolar.
- Repetición de curso.
- Implicación parental.

Tabla 4
Distribución del total de ítems por las categorías o subescalas: tipos de conocimiento y competencias científicas con la explicitación del nivel de demanda cognitiva de los ítems correspondientes. PISA 2015

Tipo de conocimiento	Demanda cognitiva			
Competencia científica	Baja	Media	Alta	Total
De contenido	44	50	4	98
Explicar fenómenos científicamente	41	40	2	83
Evaluar y concebir investigaciones científicas		1		1
Interpretar datos y evidencias científicamente	3	9	2	14
Procedimental	9	43	8	60
Explicar fenómenos científicamente	1	1	2	
Evaluar y concebir investigaciones científicas	2	13	4	19
Interpretar datos y evidencias científicamente	6	29		
Epistémico	3	20	3	26
Explicar fenómenos científicamente		2		2
Evaluar y concebir investigaciones científicas	3	14	2	19
Interpretar datos y evidencias científicamente		4	1	5
Total. Explicar fenómenos científicamente	5	28	6	39
Total. Evaluar y concebir investigaciones científicas	42	43	4	89
Total. Interpretar datos y evidencias científicamente	9	42	5	56
Total	56	113	15	184

Fuente: elaboración propia a partir de la información contenida en las hojas de cálculo C2.1 y C2.2 (PISA, 2016 b).

En el anexo A de la más arriba referida publicación[57] se muestra la formulación literal de los diferentes cuestionarios aplicados en PISA 2015, a una parte tan solo de los cuales la anterior relación de variables hace referencia.

2.2.3 Los procedimientos de análisis

Junto con procedimientos de análisis cuantitativo puramente descriptivos, se ha recurrido en el presente estudio a otros procedimientos estadísticos fundamentales que se enumeran a continuación:

- Análisis de regresión lineal simple.
- Análisis de gradientes.
- Análisis de regresión lineal múltiple.
- Análisis de regresión logística binaria multivariante.

57 *Ibid.*

- Análisis de varianza.
- Análisis de covarianza.
- Matriz de correlaciones de Pearson.

3. Una aproximación general

La primera caracterización de las comunidades autónomas españolas, en lo que respecta a la educación científica, ha de poseer necesariamente un enfoque general. En el presente trabajo, mediante análisis secundarios realizados sobre la base de datos de PISA 2015 —en particular, de los microdatos a nivel de alumno—, se ha centrado la atención en los siguientes aspectos, factores o variables que facilitan una aproximación de carácter general a la realidad autonómica española:

- Rendimiento en Ciencias, vocaciones STEM y concepciones epistémicas.
- Conocimientos y competencias científicas.
- Nivel socioeconómico medido por el ISEC.
- Variable sexo.

3.1 Rendimiento en Ciencias, vocaciones STEM y concepciones epistémicas en las comunidades autónomas

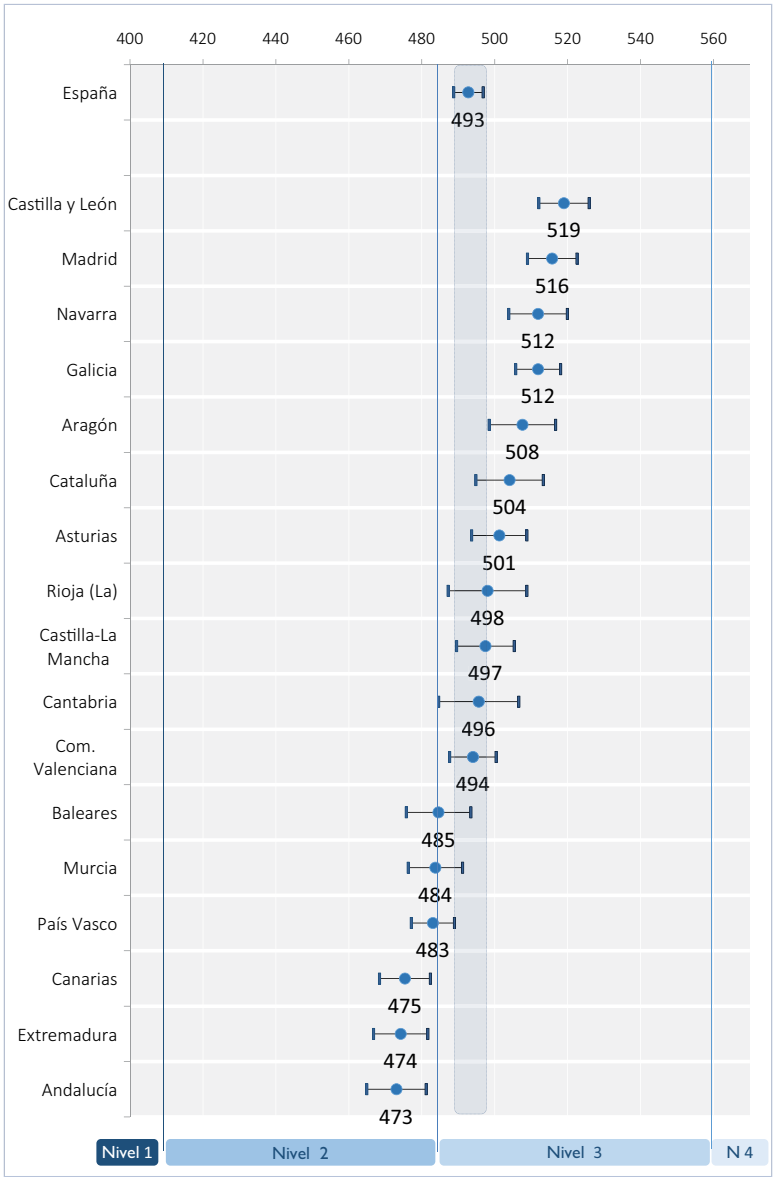
En esta primera aproximación a la situación de las comunidades autónomas en materia de educación científica procede prestar atención a estos tres factores generales, cuya medida permite PISA 2015 y que tienen una innegable proyección de futuro, tanto en el plano cívico como en el propiamente económico.

3.1.1 Rendimiento en Ciencias

El rendimiento global en Ciencias —medido por la puntuación obtenida en el conjunto de los 184 ítems de que consta la correspondiente prueba de PISA 2015— para cada una de las comunidades autónomas se muestra en la figura 4, junto con los intervalos de error de sus respectivas puntuaciones. Además, se evidencia en ella las diferentes posiciones de las comunidades autónomas con respecto a la media nacional. Su análisis pone de manifiesto el lugar destacado que ocupan, en el área de Ciencias, Castilla y León, la Comunidad de Madrid, Navarra y Galicia, en este orden; así como la posición particularmente retrasada de Canarias, Extremadura y Andalucía.

La figura 4 revela, una vez más, la magnitud de las diferencias territoriales que alcanza un máximo de 46 puntos PISA cuando se compara Castilla y León con Andalucía, lo que equivale a un desfase es-

Figura 4
Puntuaciones globales en el área de Ciencias en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

colar promedio de más de un curso académico y medio entre ambas comunidades autónomas[58]. Aun cuando, más adelante, se efectuará la corrección de estas puntaciones brutas mediante el control del efecto del nivel socioeconómico y cultural sobre el rendimiento en Ciencias, esta corrección solo tiene algún sentido, por razones de justicia, a la hora de modular la magnitud de las responsabilidades; pero no aminora la importancia de los desafíos del futuro – antes bien la acrecienta-– que, por la recono-

58 En PISA 2015 una diferencia de 30 puntos equivale a un desfase escolar promedio de un curso académico completo. (OECD, 2016 b).

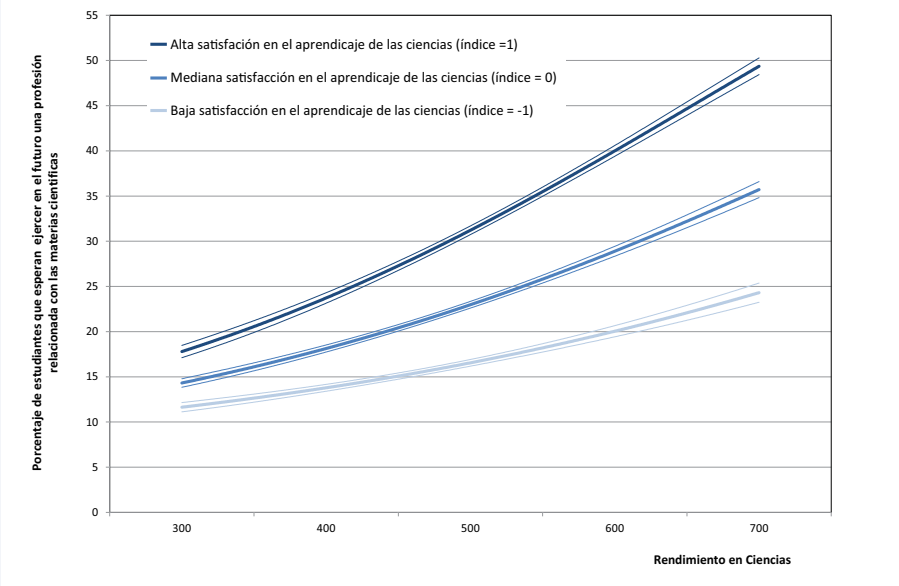
cida vinculación de la educación científica con el desarrollo económico y social, se les presentan a los individuos, a los poderes públicos y a la propia sociedad en cada uno de esos territorios.

3.1.2 Vocaciones STEM

Entre las variables del contexto personal, la edición de 2015 de PISA ha centrado la atención en la motivación de los alumnos por el aprendizaje científico – en particular, en la satisfacción que les produce aprender Ciencias– y en sus expectativas de ejercer en el futuro –cuando tengan 30 años– una profesión relacionada con las materias científicas. Tal apuesta es justificada por la OCDE en los siguientes términos:

«El compromiso actual y futuro de los alumnos con las Ciencias depende de dos factores: lo que los alumnos piensan de sí mismos –las áreas en las cuales se consideran competentes y que suscitan su interés –, y sus actitudes con relación a la ciencia y a las actividades científicas o la medida en la que consideran estas actividades agradables y útiles. La imagen de sí mismos, la identidad, los juicios de valor y los afectos son otros de los aspectos imbricados que modelan ese contexto social más amplio en el que los alumnos se desenvuelven. En su conjunto, todos estos elementos están en la base de las grandes tesis –teorías *expectancy-value* (Wigfield & Eccles, 2000) y sobre la naturaleza socio-cognitiva de la orientación profesional (Lent et al., 2008)– sobre la motivación por aprender y sobre la elección de carrera»[59].

Figura 5
Expectativas de los estudiantes de ejercer en el futuro una profesión relacionada con las materias científicas según el rendimiento en Ciencias y la motivación de los alumnos por el aprendizaje científico. PISA 2015



Fuente: OECD (2106 b).

59 OECD (2016 a). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education* (p. 110). PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>.

Como han destacado los autores del informe de PISA 2015, en términos generales, ambas variables –motivación y expectativas de carrera profesional– están correlacionadas positivamente entre sí y con el rendimiento. La figura 5, cuya fuente es el propio informe PISA, muestra con claridad esa correlación.

Sobre la base de estos indicios empíricos de carácter general, en el presente estudio hemos optado por centrar la atención en la variable relativa a las expectativas profesionales y, en particular, en las 'vocaciones STEM', según la denominación acuñada por la Universidad Politécnica de Madrid y la Fundación Telefónica[60]. Existe un consenso amplio entre instituciones internacionales[61] y entre especialistas[62] a la hora de relacionar el incremento de la demanda de las enseñanzas STEM, y la mejora de las correspondientes competencias, con el crecimiento económico, en el contexto propio de la ya iniciada 'cuarta revolución industrial' que alcanzará su apogeo en pleno siglo XXI. De modo que la posibilidad de vincular más estrechamente la formación con el desarrollo económico y social, particularmente en las comunidades autónomas españolas, se podría hacer más evidente si se dirige la mirada, de un modo especial, hacia las vocaciones STEM. Esta restricción del campo de análisis, por la que optamos en este trabajo, resulta viable operando de un modo selectivo sobre la base de datos de PISA 2015.

La tabla 5 muestra la información extraída de la base de datos de PISA –que resulta de la explotación de los correspondientes cuestionarios de contexto– a partir de la cual se han seleccionado aquellas orientaciones profesionales de los alumnos estrictamente relacionadas con los empleos STEM[63] (profesionales de la ciencia y la ingeniería, incluyendo las matemáticas, profesionales de las tecnologías de la información y la comunicación y profesionales relacionados con las ciencias y técnicos asociados). Se dispone así de una visión comparada de lo que hemos denominado 'vocaciones STEM' en las distintas comunidades autónomas. No obstante lo anterior, merece la pena efectuar su análisis en un marco más amplio que incorpore, asimismo, lo relativo al rendimiento en Ciencias.

La figura 6 muestra el diagrama 'rendimiento en Ciencias' *vs*. 'vocaciones STEM', por comunidades autónomas. Un análisis de regresión lineal, junto con el ANOVA correspondiente, revela la existencia de una relación entre ambas variables relativamente intensa y estadísticamente significativa (R^2 = 0,46; sig. = 0,002). Lo que indica que el 46% de la varianza en cuanto a rendimiento en Ciencias entre comunidades autónomas es explicable por las diferencias existentes en relación a la variable 'vocaciones STEM'.

60 <https://top100desafio.fundaciontelefonica.com/incrementar-las-vocaciones-stem-entre-los-jovenes/>.

61 CEDEFOP (2016). *Skill Shortage and Surplus Occupations in Europe*. European Centre for the Development of Vocational Training. Thessaloniki, Greece. <http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/skillstheme/matching-skills-and-jobs>.

62 RANDSTAD RESEARCH (2016). *La digitalización: ¿crea o destruye empleo?* Randstad Research. Madrid. <https://research.randstad.es/wp-content/uploads/2017/05/randstadinformeflexibility2016.pdf>.

63 Las ocupaciones STEM comprenden las categorías 21 (Profesionales de las ciencias y de la ingeniería), 25 (Profesionales de tecnología de la información y de las comunicaciones) y 31 (Profesionales de las ciencias y de la ingeniería de nivel medio) de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones, CIUO-08. <http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/stat/isco/isco08/index.htm>.

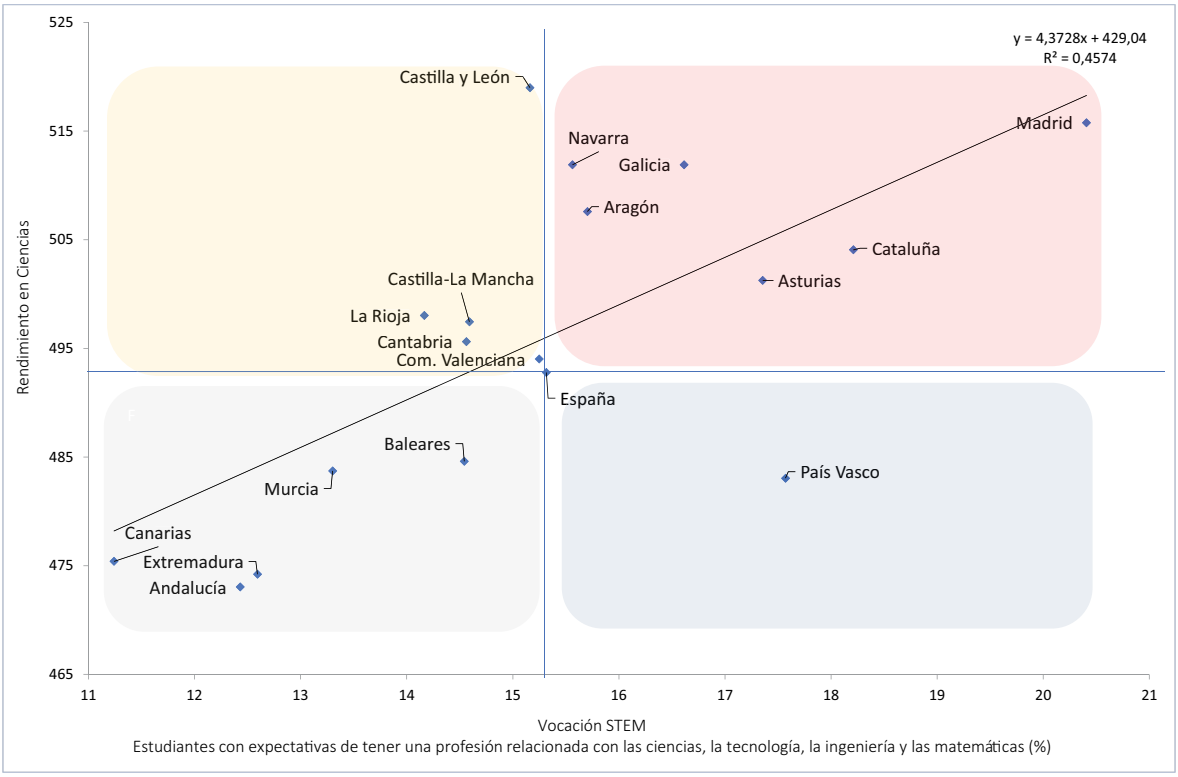
Tabla 5
Vocaciones STEM en las comunidades autónomas. PISA 2015

	Profesionales de las ciencias y de la ingeniería (%)	Profesionales de tecnología de la información y las comunicaciones (%)	Profesionales de las ciencias y la ingeniería de nivel medio (%)	Vocaciones STEM
España	11,1	3,6	0,6	15,3
Andalucía	8,2	3,7	0,5	12,4
Aragón	11,7	3,5	0,6	15,7
Asturias	11,8	4,7	0,8	17,4
Baleares	9,5	4,8	0,3	14,5
Canarias	8,3	2,5	0,4	11,2
Cantabria	10,3	3,6	0,7	14,6
Castilla y León	11,8	3,1	0,3	15,2
Castilla—La Mancha	10,3	3,8	0,5	14,6
Cataluña	12,9	4,5	0,8	18,2
Com. Valenciana	10,9	4,0	0,4	15,2
Extremadura	9,0	3,2	0,4	12,6
Galicia	11,6	4,4	0,6	16,6
Comunidad de Madrid	16,0	4,2	0,2	20,4
Región de Murcia	9,9	2,9	0,5	13,3
Com. Foral de Navarra	12,2	2,7	0,7	15,6
País Vasco	14,4	2,8	0,4	17,6
La Rioja	9,8	4,3	0,0	14,2

Fuente: Elaboración propia a partir de una selección de la información disponible en la base de datos de contexto de PISA 2015.

A pesar de las limitaciones conocidas de este tipo de análisis a la hora de establecer, sin ambigüedad, la dirección de la conexión causal –en este caso es muy probable que estemos ante un bucle causal en el que el rendimiento en Ciencias orienta la vocación STEM y la vocación constituye un estímulo para el aprendizaje científico–, este resultado revela la fuerza de la relación existente entre esas dos variables y resulta de utilidad a la hora de categorizar la posición de las diferentes comunidades autónomas con respecto a dos variables que pueden considerase francamente relevantes como predictores plausibles del desarrollo económico y social que en el futuro tendrán sus correspondientes territorios (véase la Discusión general).

Figura 6
Análisis de regresión lineal entre el rendimiento en Ciencias y las vocaciones STEM en las comunidades autónomas. PISA 2015.



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

A partir de la figura 6, es posible establecer a este respecto cuatro categorías, que se corresponden con cada uno de los cuadrantes definidos a partir del sistema de ejes centrado en las medias nacionales:

- Categoría A (alta vocación, alto rendimiento), que incluye Asturias, Aragón, Cataluña, Galicia, Madrid y Navarra. Estas seis comunidades autónomas ocupan el 'cuadrante óptimo' y, por tanto, se sitúan en una posición relativa destacada a la hora de adaptarse a las exigencias de la 'cuarta revolución industrial', en términos de empleo, crecimiento económico y progreso social.
- Categoría B (baja vocación, alto rendimiento), que comprende Cantabria, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Comunidad Valenciana y La Rioja. Por sus buenas o relativamente buenas cifras de rendimiento con relación a la media nacional, podrían con facilidad incorporarse a la primera categoría –en particular, Castilla y León y la Comunidad Valenciana– incrementando los esfuerzos de sensibilización ante los atractivos de las profesiones STEM, mediante campañas institucionales apoyadas en instrumentos tales como Foros por la Ciencia y la Tecnología, Semana de la Ciencia y la Tecnología, Competiciones científicas, etc. dirigidas, particularmente, a alumnos de educación secundaria. Por otra parte, el operar sobre la mejora del sistema de orientación profesional en los

centros de educación secundaria constituye una recomendación necesaria, habida cuenta de que es este uno de los déficits ya identificado del sistema educativo español[64].

- Categoría C (alta vocación, bajo rendimiento), ocupa dicha categoría únicamente El País Vasco. Esta situación anómala podría interpretarse como la consecuencia de un contexto socioeconómico que anima a abrazar vocaciones STEM, junto con un sistema educativo que no es capaz de dotar a los alumnos de las herramientas intelectuales adecuadas para conseguir ese ideal personal. En tal caso, las recomendaciones para la mejora general del rendimiento escolar que han sido descritas en una investigación anterior[65] (centrarse en políticas educativas de carácter general destinadas a elevar el nivel de rendimiento de todos los alumnos mediante intervenciones, tanto del Estado: modelo de profesión docente, ordenación general del currículo, concepción de la dirección escolar, etc.; como de la comunidad autónoma: gestión de los centros, clima escolar, formación permanente del profesorado, sistema de estímulos, ordenación académica complementaria, relaciones familia-escuela, etc., que mayor impacto tienen sobre los resultados y desarrollar actuaciones dirigidas a mejorar las habilidades no cognitivas de los alumnos) son de aplicación, asimismo, al ámbito específico de las Ciencias.
- Categoría D (baja vocación, bajo rendimiento), se corresponde con el 'cuadrante pésimo' que incluye Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia. Este grupo de comunidades autónomas –y, especialmente, Canarias, Andalucía y Extremadura– se encuentran en una posición precaria para, apoyándose en la educación, asumir los retos de la 'cuarta revolución industrial'. Por tal motivo, en el marco de una necesaria estrategia nacional de adaptación franca del país a la revolución del conocimiento, los sistemas educativos deberían recibir, en estas comunidades autónomas, una especial atención. La combinación de esos dos grupos de políticas más arriba descritos para las categorías B y C constituye una recomendación primordial para enfrentarse, a los desafíos del futuro, en el ámbito regional, con algunas posibilidades de éxito.

3.1.3 Concepciones epistémicas

PISA ha introducido la noción de 'convicción epistémica' como 'la manera en la que los individuos representan la naturaleza, la organización y la fuente del conocimiento, y lo que consideran verdadero'[66]. Por ejemplo, forman parte de las 'convicciones epistémicas' las representaciones de los alumnos sobre la propia naturaleza del saber científico o sobre la validez de la metodología científica que es utilizada para la generación de conocimiento. Esta 'actitud científica' en los alumnos se manifiesta en que «valoran los métodos científicos si buscan aprender y comprender; ponen en cuestión todas las

64 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2012). *Informe 2012 sobre el estado del sistema educativo*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.

65 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E. (2018). *Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas. Financiación pública y políticas de mejora*. Universidad Camilo José Cela. Madrid. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/eficacia-eficiencia-equidad_ccaa-3.pdf>.

66 OECD (2016 a). *Op. cit*. p. 98.

Tabla 6
Concepción epistémica de las Ciencias en las comunidades autónomas. PISA 2015

	Una buena manera de saber si algo es cierto es haciendo un experimento (%)	A veces los conceptos científicos cambian (%)	Las buenas respuestas se basan en los resultados de muchos experimentos diferentes (%)	Es bueno repetir los experimentos más de una vez para asegurarse de los resultados (%)	A veces, los científicos cambian de opinión sobre lo que la ciencia considera como cierto (%)	A veces, los conceptos científicos que figuran en los libros de ciencias cambian (%)	Índice de Concepción epistémica
España	85,5	82,1	86,9	87,9	81,0	81,2	0,11
Andalucía	81,8	79,4	83,6	85,8	79,3	79,0	—0,03
Aragón	86,4	82,1	86,1	88,6	80,3	82,0	0,12
Asturias	86,8	83,1	88,2	90,8	82,5	84,5	0,18
Baleares	85,3	84,9	86,5	86,5	81,5	83,6	0,10
Canarias	83,6	82,1	84,4	86,8	80,1	79,3	0,07
Cantabria	86,5	82,4	87,0	88,7	81,2	81,5	0,14
Castilla y León	89,4	84,4	89,9	91,8	84,5	81,4	0,20
Castilla-La Mancha	87,1	81,4	88,3	90,5	80,0	82,0	0,13
Cataluña	86,5	87,0	88,4	87,2	83,5	84,2	0,21
Com. Valenciana	84,4	81,1	85,4	86,6	80,2	78,9	0,05
Extremadura	84,2	79,6	84,1	88,3	80,3	79,7	0,03
Galicia	89,3	73,1	88,8	91,0	80,5	81,9	0,09
Comunidad de Madrid	87,3	82,7	89,0	90,8	81,7	81,8	0,19
Región de Murcia	86,2	84,6	87,4	88,8	82,0	82,6	0,13
Com. Foral de Navarra	85,6	81,3	86,3	88,7	80,7	79,5	0,09
País Vasco	85,2	83,0	85,9	88,3	82,1	81,7	0,07
La Rioja	83,9	81,1	83,0	87,2	79,5	81,6	0,08

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

afirmaciones; buscan datos y procuran comprender su significado; exigen verificaciones; respetan la lógica y prestan atención a las premisas»[67].

Aun cuando, como señala PISA, existe evidencia empírica sobre la existencia de una relación directa entre este tipo de convicciones y la capacidad de los alumnos para aprender ciencias y, consiguientemente, con sus resultados escolares en las áreas científicas (Mason *et al*., 2012), existe un alcance de dicha variable que trasciende el ámbito escolar para alcanzar la dimensión propiamente cívica de

67 OECD (2016 a). *Op. cit*. p. 100.

los ciudadanos del futuro en un contexto de sobreinformación, de proliferación de las *fake news* y de creciente complejidad en la toma de decisiones que requiere de una opinión informada, de un juicio político riguroso sobre aspectos que les conciernen.

En el presente estudio hemos sustituido la denominación 'convicciones epistémicas' –algunos autores lo traducen por 'creencias epistémicas'[68] – por 'concepciones epistémicas', habida cuenta de que se trata de representaciones de naturaleza cognitiva sobre lo verdadero o sobre la validez de los argumentos utilizados[69] que no están vinculadas *prima facie* con las dimensiones ética, moral, religiosa o política del individuo, por mucho que, en ocasiones y de un modo espontáneo, puedan verse condicionadas por ellas.

La tabla 6 muestra el porcentaje de alumnos, según la comunidad autónoma, que contestaron afirmativamente a cada una de las preguntas planteadas en el cuestionario relacionadas con las concepciones epistémicas de los estudiantes, a partir de las cuales y de acuerdo con la definición de PISA[70] se obtiene el 'índice de convicción epistémica'. Se trata de un índice normalizado, sobre el conjunto de estudiantes de los países de la OCDE, con un valor medio igual a 0, una desviación estándar igual a 1 y valores comprendidos entre-1 y +1. Valores negativos en el índice significa que los alumnos respondieron por debajo de esa media y valores positivos indican que lo hicieron por encima de la media.

La figura 7 muestra el diagrama 'rendimiento en Ciencias' *vs*. 'concepción epistémica de las Ciencias' por comunidades autónomas. Un análisis de regresión lineal, con el correspondiente ANOVA, revela la existencia de una relación entre ambas variables relativamente intensa y estadísticamente significativa (R^2=0,47; sig.=0,0016).

Desde una perspectiva propiamente cívica, que alude implícitamente a algunas de las bases individuales para el ejercicio de una ciudadanía de calidad, procede en ese caso centrar la atención en el grupo de comunidades autónomas que se ubican en lo que cabe denominar como el 'cuadrante pésimo', definido por los resultados más desfavorables en materia tanto de rendimiento como de concepción epistémica. Andalucía, Islas Baleares, Canarias, Extremadura y el País Vasco son las cinco comunidades autónomas que se incluyen en este preocupante cuadrante.

A la vista de lo anterior y con el fin de mejorar, a la vez, el rendimiento en ciencias y las concepciones epistémicas de los alumnos, la cuestión que resulta fundamental consiste en mejorar, de un modo sustantivo, la calidad de la enseñanza de las ciencias, para lo cual se formulan las siguientes recomendaciones en el terreno de la práctica docente:

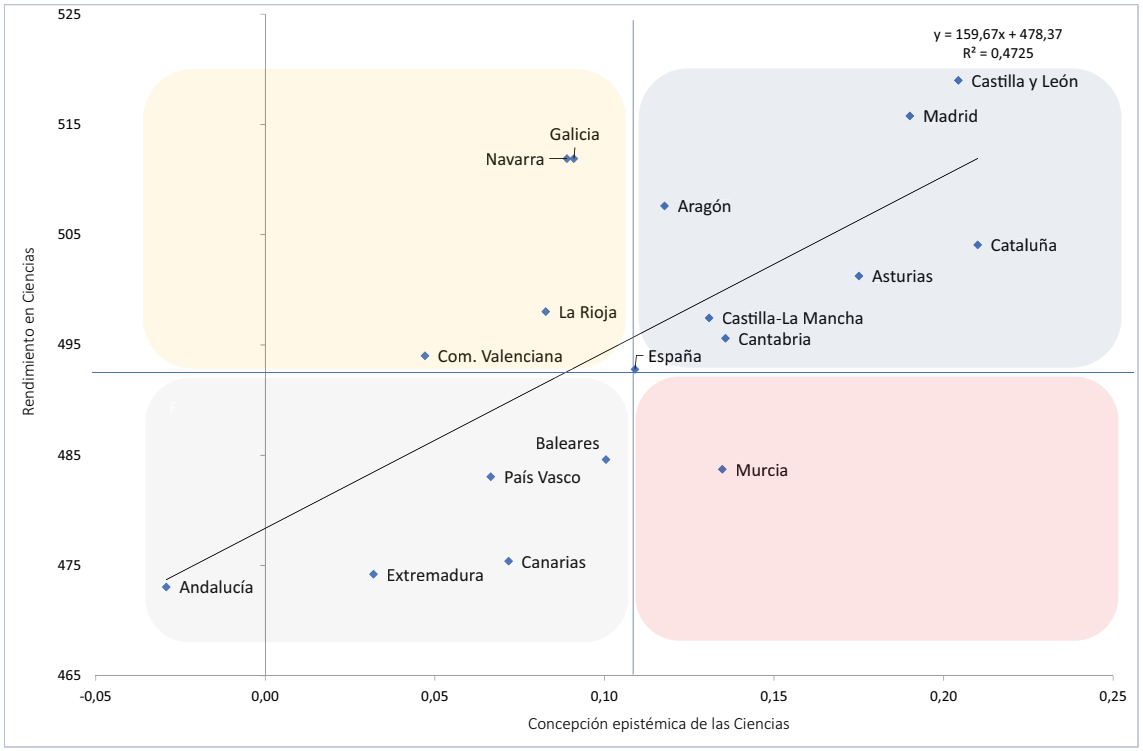
- Incorporar, de forma explícita, al desarrollo de los currículos de ciencias objetivos alineados con aspectos epistemológicos del conocimiento científico.

68 VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M.A. (2018). *Op. cit*.

69 HOFER, B. K.; PINTRICH, P. R. (1997). «The development of epistemic theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning». *Review of Educational Research*, 67, pp. 88-140.

70 OECD (2016b). *PISA 2015. Results (Volume II): Policies and Practices for Successful Schools*. PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264267510-en>.

Figura 7
Análisis de regresión lineal entre el rendimiento en Ciencias y la concepción epistémica de las Ciencias en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

- Organizar situaciones de aprendizaje, en torno a las prácticas de laboratorio o a simulaciones virtuales, que familiaricen a los alumnos con la formulación de hipótesis y con su contrastación empírica, a la luz de los datos generados en dichas actividades prácticas.
- Diseñar experimentos que permitan poner a prueba, de un modo empírico, algunas de las concepciones espontáneas –o alternativas– de los alumnos, a fin de habituarles –sobre la base de experiencias vividas en primera persona– a ser cautos ante las posiciones apriorísticas o ante las afirmaciones de aparente 'sentido común'[71].
- Utilizar los informes de laboratorio como ejercicios de simulación de la actividad científica análogos, a su nivel, a la elaboración de trabajos científicos para publicar en revistas especializadas, manteniendo una estructura y un enfoque similares[72]. Así, por ejemplo, la superación de los informes de laboratorio como meras descripciones de tablas de datos o de observaciones cualitativas, de tal forma que se incluya en ellos la discusión de tales evidencias empíricas, fuerza a los alumnos a realizar procesos de elaboración intelectual en los cuales las formulaciones o interpretaciones personales han de ser coherentes con dichas evidencias.

71 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1994). *Op. cit*.

72 LÓPEZ RUPEREZ. F. (1986). *Cómo estudiar Física*. Madrid/Barcelona: Ministerio de Educación y Ciencia & Ed. Vicens-Vives.

- Recurrir, como uno de los componentes de la enseñanza de las ciencias, a la metodología propia del 'aprendizaje basado en proyectos', en el bien entendido de que, de conformidad con la evidencia disponible[73], ha de tratarse de un instrumento especial –inserto en una estrategia didáctica más amplia– cuya utilidad para desarrollar el pensamiento crítico está comúnmente aceptada por los investigadores, sobre una base empírica[74]. Como han advertido los propios promotores de esta opción metodológica: «Este enfoque no se dirige al conjunto del programa, sino que es usado por el profesor a lo largo de la instrucción sistemática como un medio de lograr los objetivos del currículo»[75].

Todos estos procedimientos didácticos básicos se alinean con la meta de lograr 'aprendizajes profundos' los cuales se caracterizan por un elevado nivel de comprensión de los fenómenos, de su base conceptual y teórica, de sus mecanismos causa-efecto, de su significado y de la transferibilidad. Esos aprendizajes profundos, a la vez que facilitan la consolidación en la mente de los alumnos de esas habilidades metacognitivas, propias del pensamiento científico –que se han dado en llamar, en el estudio PISA, 'convicciones epistémicas'–, mejoran el rendimiento en Ciencias. Así, por ejemplo, un estudio reciente sobre predictores del rendimiento en Ciencias en España ha puesto de manifiesto que los alumnos de centros que disponen de material de laboratorio suficiente obtienen 3,33 puntos más de media en la prueba de Ciencias[76] de PISA.

Desde el punto de vista de las políticas, la mejora de la enseñanza de las ciencias pasa, necesariamente, por incidir de forma efectiva sobre el profesorado y sobre el currículo. En relación con el profesorado, las políticas de selección y de formación inicial resultan clave a la hora de asegurarse de que los profesores que se incorporan al sistema disponen ya de un bagaje de competencias metodológicas suficiente para promover en los alumnos dichas habilidades metacognitivas. Junto con esas políticas, orientadas al medio plazo, las propias de la formación permanente, cuyo desarrollo está al alcance de las comunidades autónomas, resultan imprescindibles para conseguir resultados deseables en el corto plazo.

En cuanto a la organización del currículo, se han de incorporar estrategias que faciliten esos aprendizajes profundos e incrementen la efectividad de las enseñanzas. Para ello, es preciso operar sobre el 'tiempo efectivo de los aprendizajes' –variable que se ha demostrado empíricamente relevante[77, 78]–, mediante el incremento de la dotación horaria semanal para cuya definición las administraciones educativas de las comunidades autónomas concernidas disponen de suficiente margen competen-

73 THOMAS, J. W. (2000). «A Review of Research on Project-based Learning». <http://www.bie.org/index.php/site/RE/pbl_research/29>

74 WILLETT, J.B.; YAMASHITA, J. J. M.; ANDERSON, R. D. (1983). «A metaanalysis of instructional systems applied in science teaching». *Journal of Research in Science Teaching*, 20, pp. 405-417.

75 THE PROJECT APPROACH (2014). <http://projectapproach.org/about/project-approach/>.

76 RODRÍGUEZ-MANTILLA, J. M., FERNÁNDEZ-DÍAZ, M. J.; JOVER OLMEDA, G. (2018). «PISA 2015: Predictores del rendimiento en Ciencias en España». *Revista de Educación*, 380. Abril-junio, pp. 75-102.

77 DOWNER, D. F. (1991). «Review of Research on Effective Schools». *McGill Journal of Education*, Vol. 26, n.º 3, pp. 323-331.

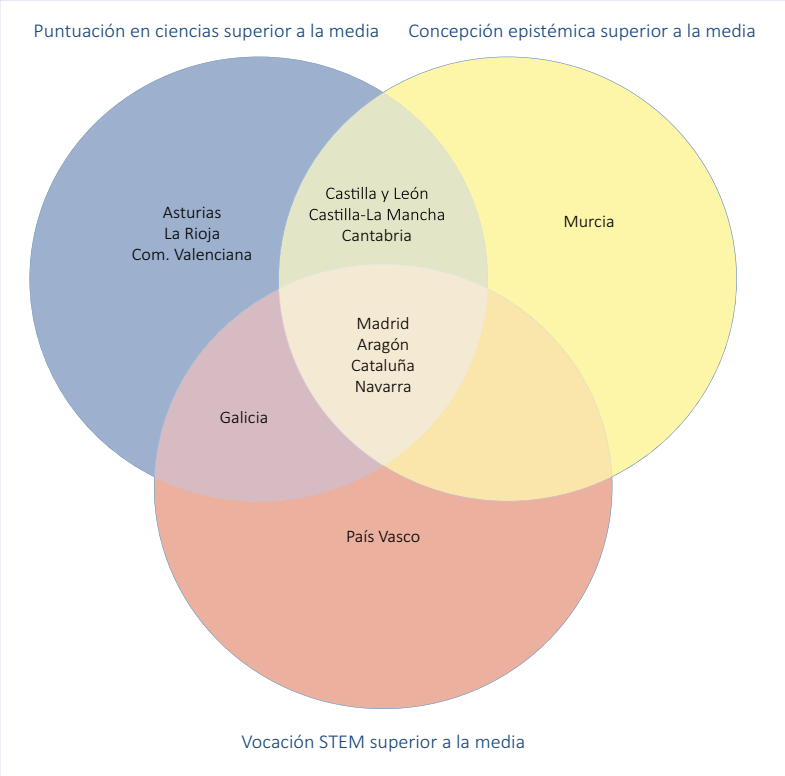
78 OECD (2016b). *Op. cit*.

cial[79]. Asimismo, resulta necesario reducir la extensión de los temarios escolares en beneficio de una mayor profundización a través, entre otros, del tipo de situaciones de aprendizaje más arriba descritas. Esta actuación sobre el currículo puede desarrollarse sin menoscabo del logro de una visión suficientemente completa de la materia a lo largo de una etapa determinada, tomando en consideración la distribución temática con una cierta orientación lineal —y no sistemáticamente en espiral, según la cual se repiten los mismos temas en cursos sucesivos, como es bastante habitual— lo que requiere elegir bien los ítems correspondientes a cada curso, en función de su demanda cognitiva, de la coherencia interna de las materias, en lo posible, y del nivel de edad de los alumnos[80, 81]. Esta reorientación en la concreción e implementación de los currículos de ciencias permitiría mejorar los resultados en general y, en particular, los de las comunidades autónomas ubicadas, según nuestro estudio, en ese 'cuadrante pésimo'.

3.1.4 Una visión de conjunto

A modo de resumen, la figura 8 aporta una visión de conjunto de los resultados de este diagnóstico sobre la posición de las diecisiete comunidades autónomas en relación con las tres variables consi-

Figura 8
Comunidades autónomas que superan a la media en alguna de las siguientes variables: rendimiento en Ciencias, vocación STEM y concepción epistémica. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

79 REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÏSICA (2018). *El estado de la enseñanza de la física en la educación secundaria*. RSEF. Madrid.

80 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; PALACIOS GÓMEZ, C. (1988). *Op. cit*.

81 SHAYER, M. (1978). «The analysis of science curricula for Piagetian level of demand». *Studies in Science Education*, 5, pp. 125-130.

deradas en el presente epígrafe 3.1, y muestra la distribución de las mismas según superen la media nacional en alguno de esos tres aspectos considerados. Así, los estudiantes de Madrid, Cataluña, Aragón y Navarra superan la media nacional tanto en rendimiento en Ciencias, como en su concepción epistémica, como en sus expectativas de ocupaciones futuras relacionadas con los perfiles STEM. Por su parte, los estudiantes de Andalucía, Baleares, Canarias y Extremadura no superan la media nacional en ninguna de estas tres variables analizadas.

3.2 Conocimientos y competencias científicas en las comunidades autónomas

En lo que sigue, se centrará la atención en las cifras de rendimiento en Ciencias analizadas a un mayor nivel de concreción y se profundizará en el comportamiento comparado de las comunidades autónomas en competencias científicas, en áreas de contenido y en tipos de conocimiento científico.

3.2.1 Competencias científicas

Las puntuaciones obtenidas por las diferentes comunidades autónomas, desagregadas por tipo de competencia, se muestran en la tabla A1 del anexo y se representan gráficamente en la figura 9. Se advierte en ellas una tendencia, bastante extendida en todo el territorio nacional, a obtener puntuaciones, en general, significativamente inferiores en la competencia 'Evaluar y concebir investigaciones científicas' que, de acuerdo con las cifras de la tabla 4 es la que acumula el mayor número de ítems de alta demanda cognitiva (6/15). Como era de esperar, tanto las comunidades autónomas del cuartil superior como las del cuartil inferior presentan comportamientos relativamente homogéneos –altos o bajos, respectivamente– en cuanto a sus puntuaciones en las tres competencias científicas consideradas, lo que se traduce, asimismo, en las posiciones que ocupan con respecto a la media nacional y que se representan en la figura 10.

Cabe subrayar, a partir de ella, las posiciones francamente retrasadas, con respecto a dicha media, de Canarias, Extremadura y Andalucía; y, dentro de este grupo, el caso de Extremadura con puntuaciones notablemente por debajo de la media en 'Evaluar y concebir investigaciones científicas' (-21 puntos PISA) y en 'Interpretar datos y evidencias científicamente' (-23 puntos PISA); competencias éstas francamente relevantes para desenvolverse con algunas garantías en una economía y en una sociedad basadas en el conocimiento. Por otra parte, cabe destacar las diferencias existentes con respecto a las correspondientes puntuaciones obtenidas por Castilla y León –26 y 28 puntos PISA respectivamente, por encima de la media– lo que equivale a un desfase escolar promedio entre tales comunidades autónomas superior a un curso académico y medio[82].

82 En PISA 2015 una diferencia de 30 puntos equivale a un desfase escolar promedio de un curso académico completo (OECD, 2016 b).

Figura 9
Puntuaciones medias en el área de Ciencias, según la competencia científica, en las comunidades autónomas. PISA 2015

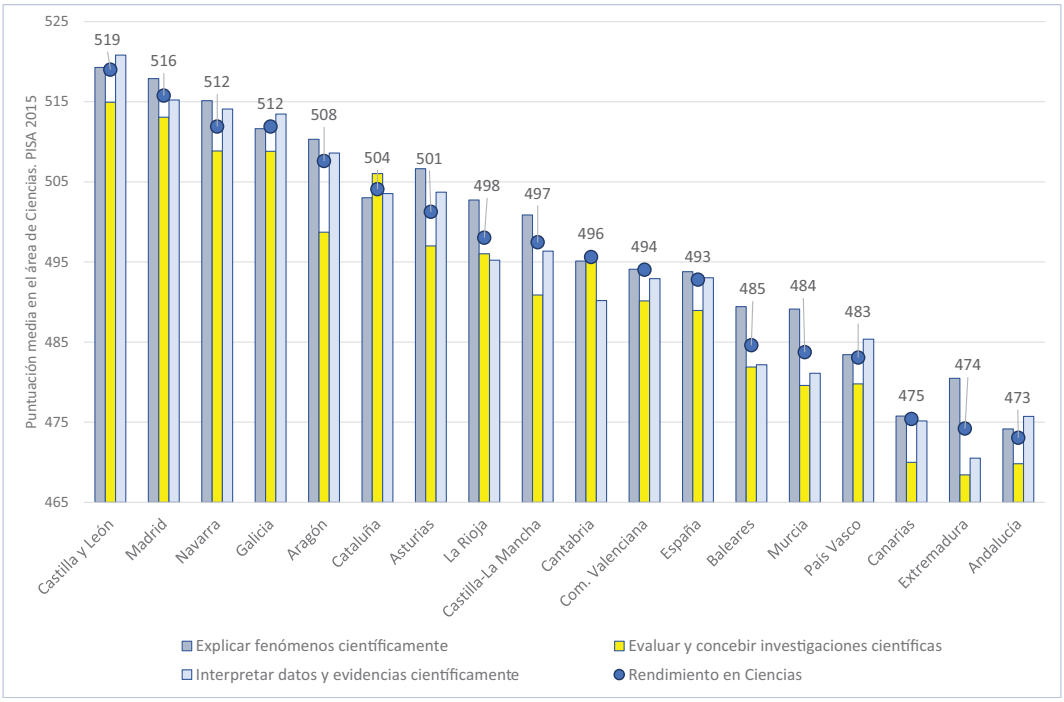
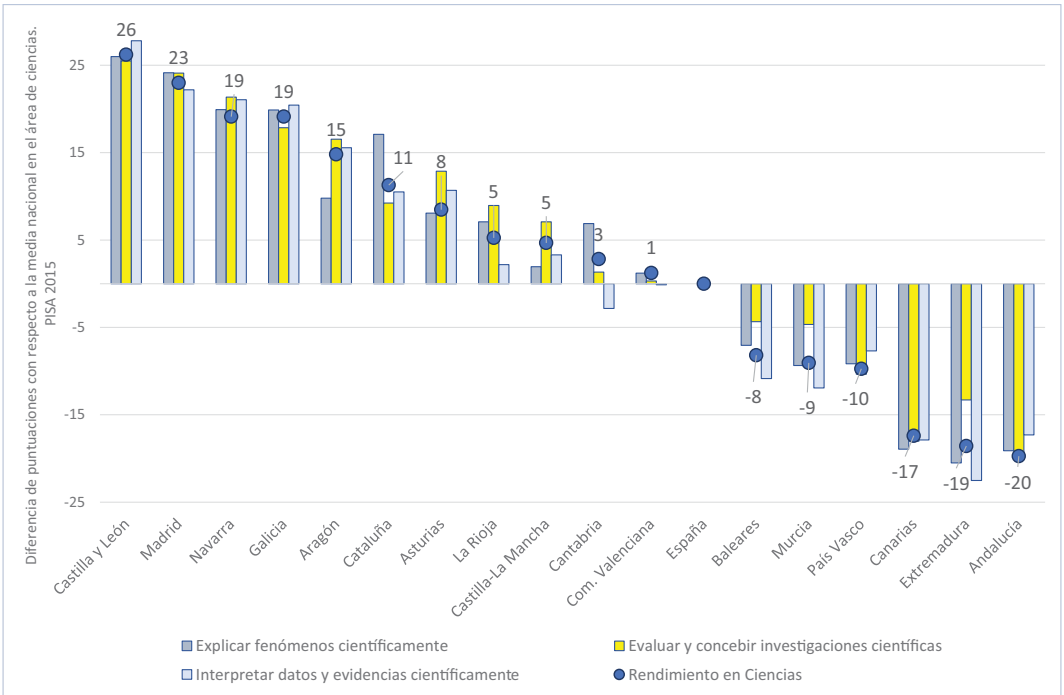


Figura 10
Diferencia de puntuaciones con respecto a la media nacional en el área de Ciencias, según la competencia científica, en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

Figura 11
Puntuaciones medias en el área de Ciencias, según el área de contenido, en las comunidades autónomas. PISA 2015

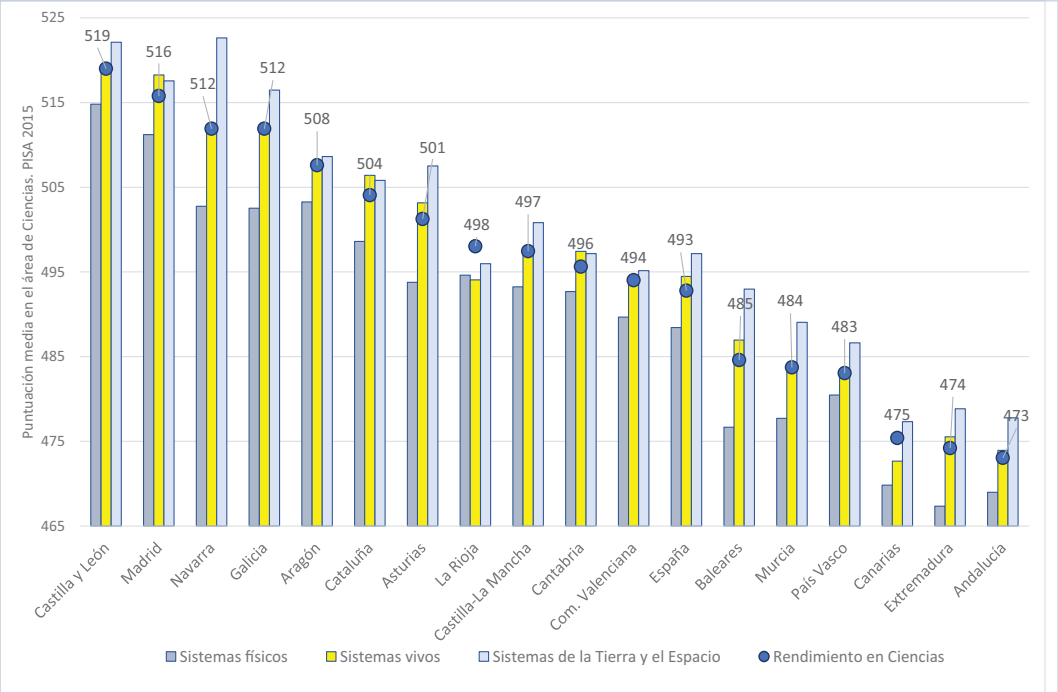
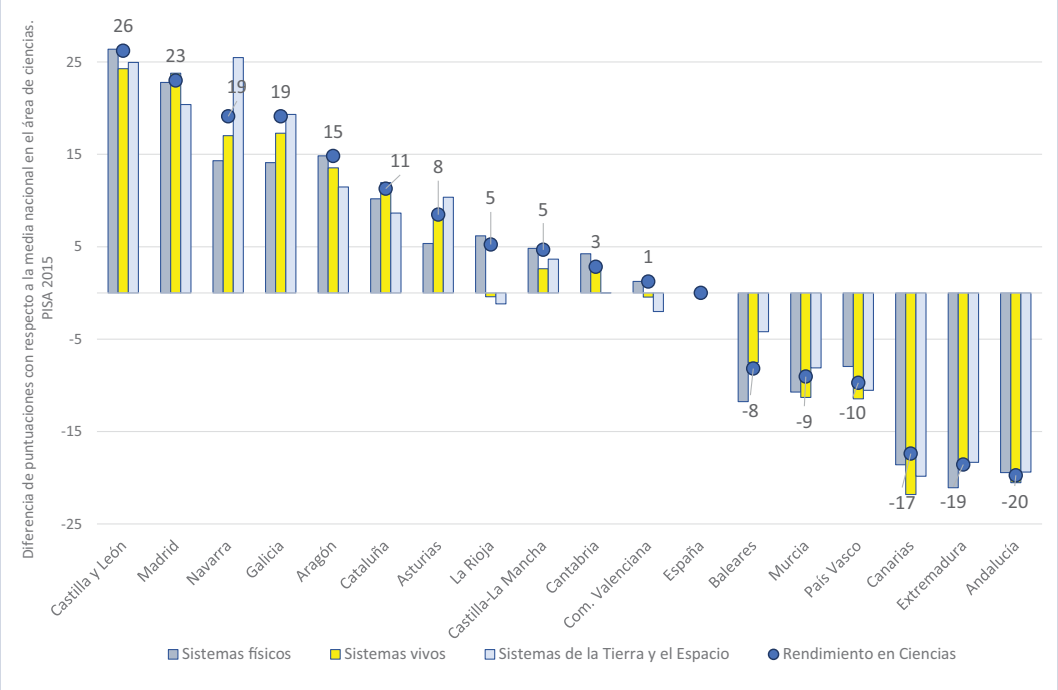


Figura 12
Diferencia de puntuaciones con respecto a la media nacional en el área de Ciencias, según el área de contenido, en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

3.2.2 Áreas de contenido

Las puntuaciones obtenidas por las diferentes comunidades autónomas, desagregadas por área científica de contenido (tipo de sistemas), se muestran en la tabla A2 del anexo y se representan gráficamente en la figura 11. Análisis similares a los anteriores efectuados por áreas de contenido revelan lo siguiente:

- Una menor homogeneidad que se refleja en el mayor grado de dispersión de las medias nacionales, vinculadas a las materias correspondientes.
- Un nivel de rendimiento por lo general decreciente en el orden 'Sistemas de la Tierra y el Espacio', 'Sistemas vivos', 'Sistemas físicos', orden que, al no estar relacionado con la proporción en cada uno de ellos de ítems con un nivel medio o alto de demanda cognitiva –71%; 69%; 69%– (Véase la tabla 7), podría apuntar, como probables factores causales, a aspectos vinculados con las enseñanzas (tiempo de aprendizaje, prioridades curriculares, calidad diferencial de la docencia, etc.)
- La posición notablemente destacada de Castilla y León y Navarra en 'Sistemas de la Tierra y el Espacio'.
- La posición notablemente retrasada de Extremadura en 'Sistemas físicos' lo que, con respecto a Castilla y León, supone una diferencia de 48 puntos PISA, equivalente a un desfase escolar promedio aproximado de más de un curso académico y medio (véase la figura 12).

Tabla 7
Distribución de los diferentes ítems por áreas de contenido y demanda cognitiva. PISA 2015

Áreas de contenido	Demanda cognitiva						Total
	Baja		Media		Alta		
Sistemas físicos	19	31%	38	62%	4	7%	61
Sistemas vivos	23	31%	43	58%	8	11%	74
Sistemas de la Tierra y el Espacio	14	29%	32	65%	3	6%	49
Total general	56	30%	113	61%	15	8%	184

Fuente: elaboración propia a partir de la información contenida en las hojas de cálculo C2.1 y C2.2 (PISA, 2016 b).

3.2.3 Tipos de conocimiento

Las puntuaciones obtenidas por las diferentes comunidades autónomas, desagregadas por tipo de conocimiento (de contenido y procedimental/epistémico) se muestran en la tabla A3 del anexo y se representan gráficamente en la figura 13. Análisis similares a los anteriores revelan lo siguiente:

Figura 13
Puntuaciones medias en el área de Ciencias, según el tipo de conocimiento, en las comunidades autónomas. PISA 2015

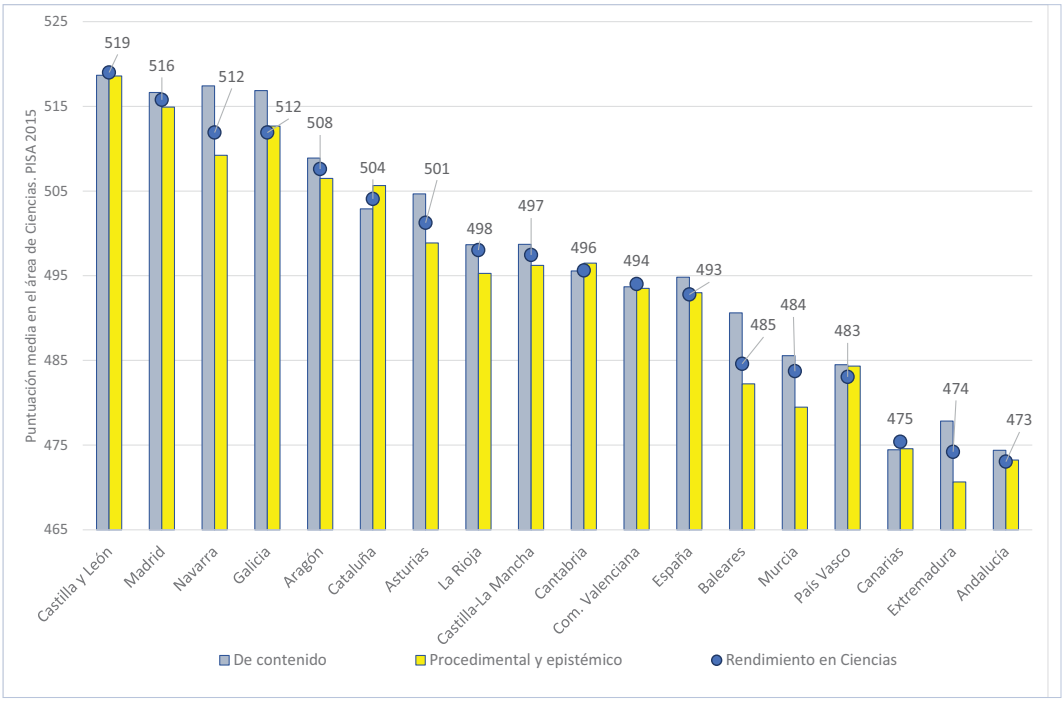
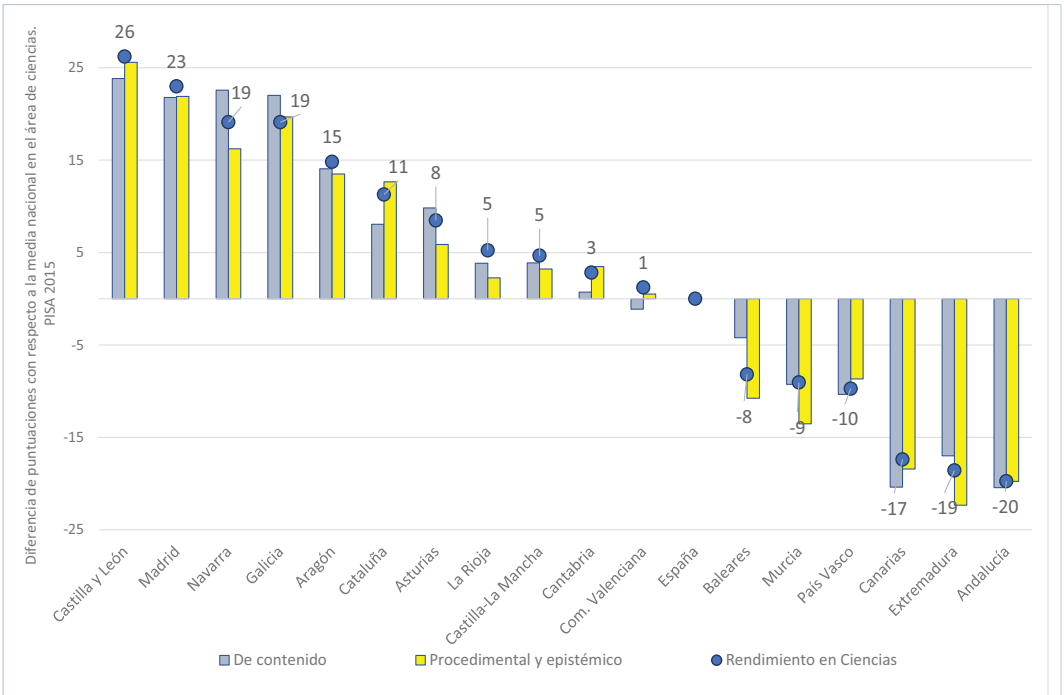


Figura 14
Diferencia de puntuaciones con respecto a la media nacional en el área de Ciencias, según el tipo de conocimiento, en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

- Una cierta homogeneidad en el rendimiento, con respecto a los dos tipos de conocimiento considerados, que se refleja en el relativamente pequeño grado de dispersión de las medias nacionales para ambos tipos.
- Un nivel de rendimiento por lo general inferior para el conocimiento procedimental y epistémico cuyas diferencias, con respecto al conocimiento de contenidos, en muchos casos no son significativas.
- La posición notablemente destacada de Castilla y León en ambas modalidades de conocimiento (figura 14).
- La posición notablemente retrasada de Extremadura en conocimiento procedimental y epistémico lo que, con respecto a Castilla y León, supone una diferencia de 49 puntos PISA (figura 13) y equivale a un desfase promedio aproximado superior a un curso académico y medio.

3.3 La influencia del factor socioeconómico

La influencia del factor socioeconómico sobre el rendimiento ha sido considerada en los diferentes estudios de PISA como una medida inversa del grado de equidad de un sistema educativo[83, 84, 85]. El análisis de la relación entre las variables estatus socioeconómico y cultural y rendimiento escolar permite calcular dos parámetros característicos de esa relación estadística: la magnitud del impacto de la primera de esas dos variables sobre la segunda y la intensidad de dicha relación. Como es sabido, el primero viene definido por la magnitud de la pendiente de la recta que mejor se ajusta a la correspondiente distribución de puntos sobre un diagrama cartesiano, de modo que cuanto mayor sea esa pendiente mayor será la diferencia de puntuaciones por unidad de índice socioeconómico y cultural (ISEC). Como subraya la OCDE[86] a este respecto «La pendiente de la recta de regresión constituye un indicador sintético de la distancia observada entre los grupos socioeconómicos. Si la recta es horizontal –paralela al eje de abcisas– las diferencias de puntuaciones ligadas al estatus socioeconómico son débiles; en otros términos, los alumnos favorecidos y desfavorecidos obtienen resultados similares. Por el contrario, si la recta está fuertemente inclinada las diferencias vinculadas al estatus socioeconómico son importantes» (pág. 216). El segundo mide la fuerza de la relación estadística entre ambas variables, el porcentaje de la varianza del rendimiento explicada por la variable ISEC, o, si se quiere, el poder predictivo que tiene el ISEC sobre los valores de rendimiento escolar. La OCDE, en el texto ya citado, aclara lo siguiente: «Si el rendimiento real de los alumnos no es conforme con el que sugiere su estatus socioeconómico, de modo que los puntos del diagrama están alejados de la recta de ajuste, la intensidad de la relación será débil. Por el contrario, si el estatus socioeconómico predice el

83 OECD (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I)*. PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264091450-en>.

84 OECD (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I, Revised edition, February 2014).* PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>.

85 OCDE (2016a). *Résultats du PISA 2015 (Volume I): L'excellence et l'équité dans l'éducation*. PISA, Éditions OCDE, Paris. < http://dx.doi. org/10.1787/9789264267534-fr>.

86 OCDE (2016a). *Ibid*.

rendimiento de un modo conclusivo, lo que se reflejaría en una concentración notable de la nube de puntos en torno a la recta de ajuste, la intensidad de la relación es fuerte» (pág. 216).

Los sistemas educativos de las sociedades avanzadas han de ser capaces de aminorar la influencia de las diferencias socioeconómicas y culturales de la población sobre los resultados educativos de los niños y de los adolescentes, de modo que se pueda hacer efectivo, en la mayor medida posible, ese principio liberal de la igualdad real de oportunidades en el tramo inicial de la existencia humana, en la línea de salida hacia la edad adulta. En un estudio anterior[87] caracterizamos empíricamente, desde el punto de vista de la equidad, la situación de las comunidades autónomas españolas, mediante análisis secundarios efectuados sobre la base de datos de PISA 2015. Empleamos para ello la 'metodología de los gradientes', que se utiliza habitualmente en PISA para el diagnóstico comparado de los países en materia de equidad educativa.

3.3.1 Una primera aproximación

En el presente trabajo procede analizar la influencia del nivel socioeconómico sobre el rendimiento en ciencias desagregando cada una de sus componentes o subescalas, con la intención de aportar una evidencia empírica más fina o de mayor nivel de detalle. En una primera aproximación cabe operar sobre la muestra total de España en su conjunto para, más adelante, tomar en consideración el nivel de desagregación correspondiente a las comunidades autónomas.

Con el propósito de avanzar razonablemente en los análisis empíricos efectuados a partir de los microdatos disponibles en la base de PISA 2015, se muestran en la tabla 8 los valores de los dos parámetros principales resultantes de los análisis de regresión lineal efectuados sobre la muestra total y referidos más arriba: el coeficiente de determinación (R^2) y la pendiente de la recta de regresión o 'gradiente' (m).

Aun cuando, de acuerdo con la tabla 8, los valores obtenidos para cada una de las subescalas son similares –probablemente porque aluden indirectamente a una dimensión más global del rendimiento–, cabe destacar en la categoría de 'competencias científicas' el valor superior del impacto que presenta la subescala 'interpretar datos y evidencias científicamente', con un m = 27,7; y, en la categoría de 'áreas de contenido', la subescala relativa a los 'sistemas vivos' con un valor de m = 28,3. Ello podría estar asociado al mayor nivel de demanda cognitiva que presentan los correspondientes ítems (véase las tablas 3 y 4).

3.3.2 Análisis por comunidades autónomas

En lo que concierne a los análisis por comunidades autónomas, sería excesivo, en nuestra opinión, replicar completamente los efectuados en el citado estudio anterior al nivel de desagregación de las

87 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E. (2018a). *Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas. Financiación pública y políticas de mejora*. Madrid: Universidad Camilo José Cela. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/eficacia-eficiencia-equidad_ccaa-3.pdf>.

Tabla 8
Valores de la intensidad y del impacto del ISEC sobre el rendimiento en Ciencias para cada una de las subescalas de la prueba. PISA 2015

	Intensidad R^2	Impacto m
Competencias científicas		
Explicar fenómenos científicamente	0,142	27,6
Evaluar y concebir investigaciones científicas	0,145	27,1
Interpretar datos y evidencias científicamente	0,143	27,7
Áreas de contenido		
Sistemas físicos	0,147	27,7
Sistemas vivos	0,145	28,3
Sistemas de la Tierra y el Espacio	0,143	27,1
Tipo de conocimiento		
De contenido	0,141	27,4
Procedimental y epistémico	0,147	27,6
Total Ciencias	0,146	27,2

Fuente: elaboración propia.

subescalas correspondientes a la prueba de 'cultura científica'; entre otras razones porque el enfoque general del estudio que ahora nos ocupa se enfrenta con la tarea del diagnóstico de la situación de la educación científica en las diferentes comunidades autónomas, con la intención última de calibrar los desafíos más que de justificar las diferencias, de asumir los esfuerzos necesarios más que de dar pábulo a las disculpas. Y es que, de acuerdo con las exigencias del actual contexto socioeconómico, son los resultados la única dimensión innegociable del sistema a cuyo logro ha de subordinarse todo lo demás. No obstante lo anterior, merece la pena poner a disposición tanto de los investigadores como de las instancias de decisión, los datos que resultan de dichos análisis secundarios pormenorizados.

La tabla A4 del anexo muestra los valores obtenidos para las tres competencias científicas consideradas, una vez corregidos del efecto del ISEC, para cada una de las comunidades autónomas empleando la 'metodología de los gradientes' antes referida; y lo hace para las diferentes subescalas de la categoría de 'competencias científicas'. Por su parte, en las tablas A5 y A6 se presentan los resultados equivalentes pero referidos, en estos casos, a las distintas subescalas de las categorías 'áreas de contenido' y 'tipo de conocimiento'.

3.4 La influencia de la variable sexo

La brecha de género se manifiesta en multitud de países en el sentido de que, a menudo, las mujeres están infrarrepresentadas en diferentes áreas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería o las matemá-

ticas (STEM) y, sin embargo, están sobrerrepresentadas en otros campos profesionales y del saber, tales como el de la salud, la psicología o la educación[88]. Así, por ejemplo, y como señalan T. Breda y S. T. Ly, en su estudio publicado por la *London School of Economics*[89], solo el 25% de la fuerza de trabajo en profesiones STEM en los Estados Unidos de América, son mujeres[90], mientras que dos tercios de los doctorados fuera de esos campos son conseguidos por mujeres. La probabilidad de que una mujer complete un grado universitario en las áreas STEM es entre un 50% y un 70% inferior a la de un hombre[91] y menos de la cuarta parte de los investigadores que publican artículos de ciencias físicas son mujeres[92]. Probablemente, a consecuencia de tales desequilibrios de género, las invenciones que se reflejan en patentes registradas comportan una notable desproporción que va, en perjuicio de las mujeres, desde un 8% en Japón a un 28% en Portugal[93].

En el caso concreto de España, las cifras más recientes procedentes de las estadísticas de la OCDE sobre indicadores internacionales de educación han puesto de manifiesto que, en el conjunto de las enseñanzas STEM, España presenta una apreciable brecha de género, de modo que solo el 28% de los alumnos que cursan estudios superiores STEM son mujeres frente al 31,4% de la media de los países europeos de la OCDE. Esta cifra es similar a la obtenida en la presente investigación sobre las expectativas de los alumnos de 15 años en relación con su futuro profesional a los 30 años (26%) como se muestra más adelante. La figura 15 ilustra, a modo de síntesis, el panorama internacional a ese respecto.

La búsqueda de los porqués de esa brecha de género en torno a las profesiones STEM ha sido abordada en diferentes países, tanto desde la investigación académica como por iniciativas gubernamentales e intergubernamentales[94, 95, 96]. Las razones que han resultado empíricamente relevantes pueden catalogarse dentro de dos grandes grupos: los efectos de sesgos de género de origen social –por ejemplo, la transferencia de expectativas colectivas y el papel de los estereotipos–, y el impacto cierto de las preferencias personales de naturaleza individual. El problema radica, como ha señalado A. M. Penner[97], en la dificultad que plantea el desacoplamiento de ambos tipos de factores toda vez

88 OECD (2017). *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2017-en>.

89 BREDA, T.; LY, S. T. (2012). «Do Professors Really Perpetuate the Gender Gap in Science? Evidence from a Natural Experiment in a French Higher Education Institutions». *Centre for the Economics of Education, London School of Economics*. Houghton Street. London. <http://cee.lse.ac.uk/ceedps/ceedp138.pdf>.

90 NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2007). *Science and Engineering Degrees: 1966–2004*. NSF 07-307, January 2007. <https://cse.sc.edu/~buell/References/FederalReports/nsf07307degreesawarded.pdf>.

91 WEINBERGER, C. J. (2001). «Is Teaching More Girls More Math the Key to Higher Wages?» en King, M. C. *Squaring Up: Policy Strategies to Raise Women's Incomes in the U. S*. University of Michigan Press.

92 THE ECONOMIST (2017). «The gender gap in Science». Mar 10th 2017. <https://www.economist.com/graphic-detail/2017/03/10/the-gender-gap-in-science>.

93 *Ibid*.

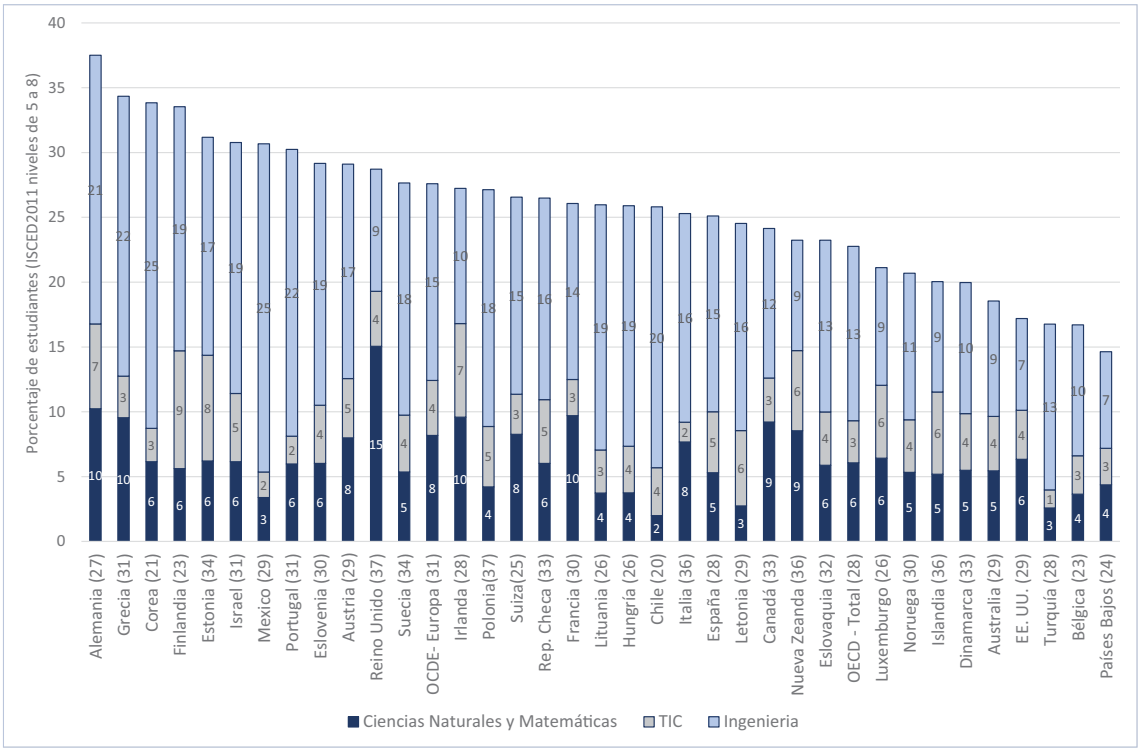
94 BREDA, T.; LY, S. T. (2012). *Op. cit*.

95 STOET, G.; GEARY, D. C. (2018). «The Gender-equality Paradox in Science, Technology, Engineering and Mathematics Education». *Psychological Science*, 29 (4) pp. 581-393.

96 UNESCO (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM).* Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002534/253479e.pdf>.

97 PENNER, A.M. (2015). «Gender inequity in science». *Science*, 347 (6219), pp.234-235. DOI:10.1126/Science.aaa3781.

Figura 15
Distribución de estudiantes STEM de Educación Terciaria (ISCED 2011 niveles de 5 a 8) por campos de estudio con respecto al total de alumnos de Educación Terciaria. (2016)



Nota: Los porcentajes de mujeres con respecto al total de alumnos que cursan estudios STEM figuran entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia propia a partir de <https://stats.oecd.org>.

que los sesgos sociales pueden moldear las preferencias individuales y estas pueden operar sobre el entorno social próximo a las alumnas, sea por efecto de la familia-por lo general las madres-, sea por la influencia de los iguales (*peer effects*)[98]. El posible papel de diferencias innatas, en cuanto a habilidades cognitivas vinculadas a la variable sexo como factor relevante, ha sido considerado improbable a la vista de los resultados de la investigación[99].

Cherian *et al*., sobre la base de una muy extensa revisión bibliográfica, han elaborado un modelo para explicar la brecha de género STEM, que identifica tres factores generales: una cultura masculina que apunta a un sentimiento de pertenencia inferior para las mujeres que para los hombres con respecto a esas opciones; una insuficiente experiencia previa con la informática, con la ingeniería y con la física; y una brecha en materia de autoeficacia[100].

98 HANSON, S. L. (1996). *Lost Talent: Women in the Sciences.* Philadelphia: Temple University Press.

99 PENNER, A. M. (2015). *Op. cit*.

100 CHERYAN, S., ZIEGLER, S.A., MONTOYA, A.K. & JIANG. L. (2017) "Why Are Some STEM Fields More Gender Balanced Than Others?" *Psychological Bulletin*, 143(1), 1-35. <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000052>.

Una revisión bastante completa de las posibles causas de la brecha de género en STEM está disponible en el reciente informe de la UNESCO[101], centrado en esta problemática, que, en síntesis, establece y desarrolla cuatro grupos de factores posibles:

- Factores a nivel individual: biológicos (estructura y funciones del cerebro; lenguaje y habilidades espaciales; genética y hormonas) y psicológicos (autopercepción, estereotipos e identidades STEM, auto eficacia, intereses, compromiso, motivación y disfrute).
- Factores a nivel familiar y de los iguales: creencias y expectativas parentales; educación y profesión de los padres; activos y apoyos familiares; influencia de los iguales.
- Factores a nivel escolar: Profesores (calidad de la enseñanza y dominio de los temas; profesores mujeres; percepción de los profesores; estrategias de enseñanza; interacciones profesor-alumna). Currículo y materiales de enseñanza (Textos y materiales de enseñanza; equipos STEM, materiales y recursos). Evaluación (procedimientos y herramientas de evaluación; percepciones sobre capacidad).
- Factores a nivel social: Igualdad de género y normas sociales y culturales; Políticas y legislación; medios de masas y sociales.

Existe un cierto consenso, basado en revisiones sistemáticas, a la hora de considerar la educación secundaria como una etapa crítica en la cual las chicas inician su distanciamiento de las Ciencias y las Matemáticas que se manifestará, primero, en las opciones propias del ciclo superior y se consolidará, posteriormente, con la elección de estudios terciarios[102, 103]. De ahí la pertinencia de actuar con anterioridad desde las políticas y las prácticas educativas. El trabajo de J. Oakes apunta a tres ámbitos críticos sobre los que operar para reducir la brecha de género en la educación científica: las oportunidades de aprender, el rendimiento y la decisión de las alumnas de continuar estudiando ciencias.

También los estudios de PISA han fijado su atención en la influencia de la variable sexo sobre diferentes aspectos de la educación científica –Ciencias y Matemáticas–. Esto es particularmente cierto para su última edición (2015), centrada en especial en las Ciencias, en donde se resume lo esencial de los hallazgos del estudio, obtenidos para la muestra internacional, en los siguientes términos[104]: «(…) Aun cuando sea estimulante comprobar que chicos y chicas se comportan de forma similar en cuanto a los resultados de las pruebas de ciencias en PISA, la aspiración a ejercer una profesión científica varía sensiblemente en función del sexo, y esto sucede a igualdad de rendimiento y de satisfacción por el aprendizaje de las ciencias(…). Tales resultados tienen serias implicaciones, no solo para la enseñanza superior, donde las chicas están ya infrarrepresentadas en áreas relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, sino también, y consiguientemente, para el mercado de trabajo».

101 UNESCO (2017). *Op. cit*.

102 PENNER, A. M. (2015). *Op. cit*.

103 OAKES, J. (1990). *Lost Talent: The Underparticipation of Women, Minorities, and Disabled Persons in Science*. Santa Monica: Rand Corporation.

104 OECD (2016b). *Op. cit*. p. 4.

A la vista de todo lo anterior, en nuestro estudio, referido a España, hemos analizado la relación entre el rendimiento en Ciencias, la variable sexo y la vocación para el ejercicio de profesiones del ámbito de las ciencias, controlando la influencia del nivel socioeconómico y cultural medido por el ISEC. Para ello, hemos procedido a realizar sendos análisis de covarianza en los que se ha establecido una distinción entre las vocaciones científicas en general, por un lado, y las vocaciones propiamente STEM –que excluyen las relativas a las ciencias de la salud–, por otro. En lo que sigue se muestran los resultados obtenidos, en ambos supuestos, para la muestra global española y por comunidades autónomas, y se efectúan los correspondientes comentarios.

3.4.1 La variable sexo, el rendimiento en Ciencias y las vocaciones científicas. Análisis por comunidades autónomas

La aproximación metodológica empleada ha sido, en este caso, el análisis de covarianza (ANCOVA). Esta técnica hace posible la eliminación del efecto sobre la variable dependiente –en nuestro caso el rendimiento en Ciencias– de variables no incluidas como factores en nuestro modelo. Ello nos ha permitido controlar el efecto significativo de la variable ISEC sobre el rendimiento –demostrado en el apartado 3.3– y analizar, en tal situación, la influencia de los factores sexo y vocación científica, así como de su interacción.

En esta primera aproximación, se ha utilizado el factor 'vocación científica' con las cinco categorías que incluía el indicador original. Cuando se centra, en primer lugar, la atención en los resultados obtenidos para el conjunto de la muestra española, se advierte la existencia de un efecto estadísticamente significativo de los factores sexo y expectativas profesionales relacionadas con la ciencia y un efecto conjunto debido a su interacción, lo que refleja que la influencia de la variable sexo de los alumnos sobre el rendimiento en Ciencias es diferente para las distintas opciones de previsión de su futuro profesional. El Índice Socioeconómico y Cultural, introducido como covariable (ISEC) en el modelo, también tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en Ciencias, coherentemente con los resultados de los análisis efectuados en el apartado 3.3 anterior. En la tabla A7 del anexo se presentan los diferentes parámetros estadísticos correspondientes al ANCOVA más arriba referido.

Como se ha señalado en estudios anteriores efectuados sobre la misma muestra española, la variable sexo del estudiante ha resultado ser un predictor significativo del rendimiento en Ciencias. Así, según Rodríguez-Mantilla *et al*., la media del rendimiento en Ciencias sería de 12,10 puntos menos en el caso de las chicas, sin controlar el efecto del ISEC[105].

La tabla 9 presenta los resultados obtenidos por nosotros para la relación entre opciones vocacionales relacionadas con las Ciencias y rendimiento en Ciencias, por sexo, una vez controlado el efecto del ISEC. La media global resultante para las mujeres en el área de Ciencias (489,87 puntos PISA) se sitúa por debajo de la de los hombres (499,25) en 9,38 puntos. Se aprecia en dicha tabla que

105 RODRÍGUEZ-MANTILLA, J. M.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, M..J.; JOVER OLMEDA, G. (2018). *Op. cit*.

Tabla 9
Resultados de la relación entre opciones vocacionales relacionadas con las ciencias y rendimiento en Ciencias por sexo, una vez controlado el efecto del ISEC. PISA 2015

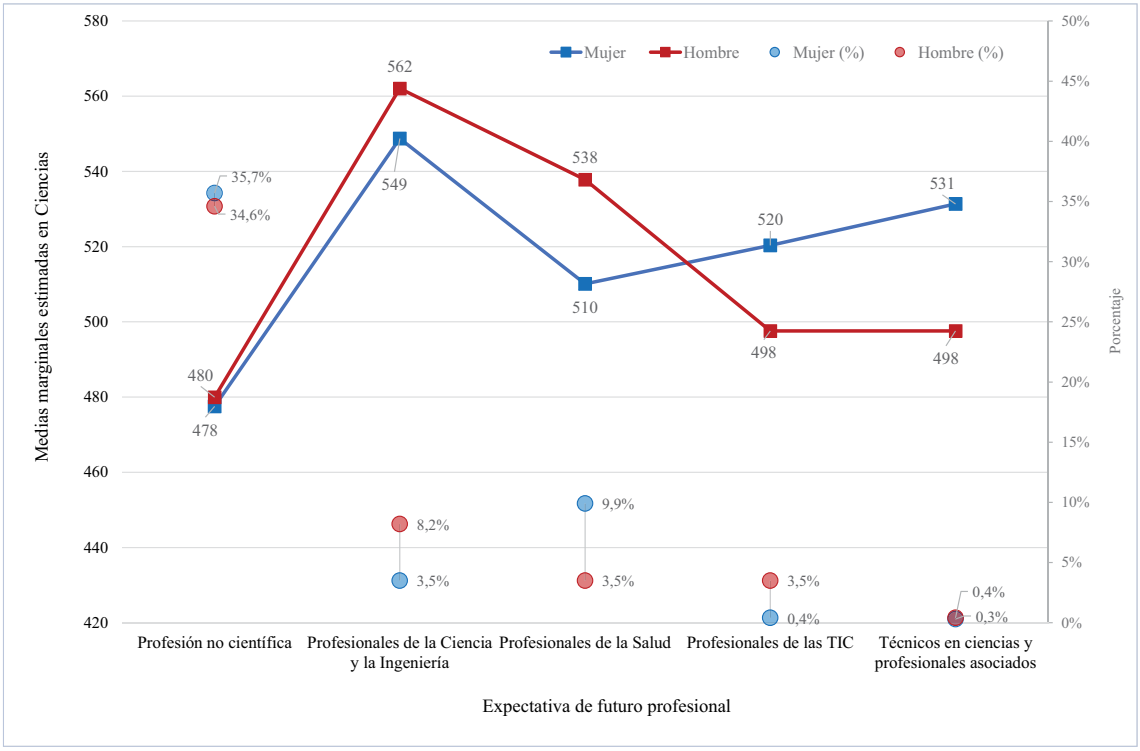
Expectativa de futuro profesional	Sexo	Media en Ciencias	Porcentaje
Profesión no científica	Mujer	477,52	35,70%
	Hombre	479,96	34,60%
Profesionales de la Ciencia y la Ingeniería	Mujer	548,74	3,50%
	Hombre	562,06	8,20%
Profesionales de la salud	Mujer	510,09	9,90%
	Hombre	537,82	3,50%
Profesionales de las TIC	Mujer	520,33	0,40%
	Hombre	497,56	3,50%
Técnicos en Ciencia y profesionales asociados	Mujer	531,33	0,30%
	Hombre	497,58	0,40%
Total	Mujer	489,87	49,80%
	Hombre	499,25	50,20%

Fuente: Elaboración propia.

las correspondientes diferencias de puntuaciones varían en función de los factores considerados. En concreto, las mujeres que eligen 'Técnicos en Ciencia y profesionales asociados' (531,33 puntos PISA) superan a los hombres que también eligen este grupo profesional (497,58). La misma relación observamos en 'Profesionales de las TIC' con una media para las mujeres de 520,33 puntos frente a los 497,56 obtenidos por los hombres.

La columna de porcentajes de la tabla 9 revela diferentes hechos relevantes con respecto al fenómeno de la brecha de género en materia de opciones profesionales futuras. En primer lugar, dicha brecha no se da para las profesiones no científicas (35,7% *vs.* 34,6% del total) y las mujeres están, además, claramente sobrerrepresentadas en las opciones del área de la salud (9,9% *vs*. 3,5% del total). En segundo lugar, la brecha se hace muy notoria para la opción 'Profesionales de la Ciencia y la Ingeniería' (3,5% *vs*. 8,2% del total) y, en especial, para la de 'Profesionales de las TIC' (0,4% *vs*. 3,5% del total). Sin embargo, la brecha disminuye considerablemente para la opción 'Técnicos en Ciencia y profesionales asociados' (0,3 % *vs*. 0,4 % del total). Si bien es cierto que esos sesgos en la extensión de la muestra, en favor de los chicos, podría explicar, en parte, la ventaja comparativa de las chicas en cuanto a puntuaciones en las dos primeras opciones de este segundo grupo, no lo es menos que

Figura 16
Medias marginales estimadas *vs.* opciones vocacionales por sexo. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

en el caso de la tercera opción, para la cual el sesgo es pequeño, la ventaja de las chicas en cuanto a puntuaciones en Ciencias resulta notable.

Por otro lado, lo que sí parece claro es que las chicas que apuestan por una opción científico-tecnológica son las que obtienen buenos resultados en Ciencias, lo que no siempre es el caso de los chicos, de ahí sus inferiores puntuaciones. Esta circunstancia sería compatible con algunos de los factores explicativos de la brecha de género, en materia de opciones profesionales relacionadas con las ciencias, contenidos en el modelo de Cherian *et al*. (2017) antes descrito, particularmente lo relativo al sentimiento de pertenencia de los hombres con respecto a este tipo de opciones profesionales.

La perspectiva de la probable doble direccionalidad de la conexión causal –las chicas con elevada vocación científico-tecnológica suelen obtener mejores resultados en Ciencias y las chicas con los mejores resultados en Ciencias suelen inclinarse hacia una vocación relacionada con las Ciencias y la Tecnología– sugiere algunas vías efectivas para reducir la brecha de género en materia de Ciencias y de profesiones científico-tecnológicas que serán desarrolladas más adelante.

La figura 16 ilustra, de un modo gráfico, la tabla precedente y advierte de la atracción que ejercen las profesiones relacionadas con la salud sobre los chicos con relativamente buenos resultados en ciencias. Sin embargo, de las cuatro opciones vocacionales relacionadas con las Ciencias, esa opción

de futuro profesional es situada en el último lugar para las chicas por orden de sus puntuaciones en Ciencias, una vez controlado el efecto del ISEC. A la luz de los resultados anteriores, un buen rendimiento en Ciencias es, cuando menos, una condición necesaria para las mujeres a la hora de elegir opciones profesionales científico-tecnológicas. Esta circunstancia abre una puerta a la posibilidad fundada de estimular una transferencia de chicas hacia las opciones de futuro profesional STEM, operando para ello sobre políticas y prácticas educativas que mejoren su rendimiento en Ciencias.

La tabla 10 muestra, por su parte, los resultados de los análisis desagregados por comunidades autónomas. Llaman la atención las variaciones observables en cada una de las distintas comunidades autónomas. Así, la fuerza R^2 de la relación entre la variable dependiente –rendimiento en Ciencias– y las independientes –vocación científica, sexo e interacción entre ambas–, una vez controlado el efecto del ISEC, es más intensa ($R^2 > 0{,}20$) en Andalucía, Asturias, Canarias, Cataluña, Madrid, Murcia y la Comunidad Valenciana; y lo es menos ($R^2 < 0{,}15$) para Baleares, Castilla y León y Galicia. Asimismo, destaca el hecho de que la variable sexo no tenga, por sí sola, efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en Ciencias en las comunidades autónomas de Aragón, Baleares, Cantabria, Castilla-La Mancha, Extremadura, Galicia, La Rioja, Navarra y País Vasco. En todas estas, el efecto conjunto de sexo y vocación científica es significativo, así como el efecto de la vocación científica considerado aisladamente, pero no lo es por sí solo el de la variable sexo.

Estos resultados empíricos sugieren la oportunidad de poner en marcha políticas y prácticas educativas en la enseñanza secundaria que contribuyan a reducir la influencia de la variable sexo y, por tanto, la brecha de género en materia de educación científica, particularmente en las comunidades autónomas de Andalucía, Asturias, Canarias, Castilla y León, Cataluña, Madrid, Murcia y la Comunidad Valenciana.

Investigaciones precedentes[106] han destacado algunos hechos, suficientemente probados, que podrían servir de base para diseñar, promover e implementar tales actuaciones. Así, se ha comprobado que la autoconfianza tiene una mayor influencia sobre el rendimiento en mujeres que en hombres[107] , o que las alumnas, a igualdad de nota en matemáticas, tienen una probabilidad significativamente inferior a la de los alumnos de reconocer que son 'buenas en matemáticas'[108]. Por otra parte, se ha evidenciado que las chicas que logran altos niveles de rendimiento y actitudes positivas hacia el estudio tienen amigos que, muy probablemente, están también interesados en el estudio. Es un hecho establecido a partir de estudios meta-analíticos que la influencia de los iguales se sitúa entre los factores con mayor impacto sobre el rendimiento[109]; pero análisis efectuados desde la perspectiva

106 ALEXAKOS, K.; ANTOINE, W. (2003). «The Gender Gap in Science Education. Strategies to encourage female participation in science». *Science teacher* (Normal, Ill.) January 2003. <https://www.researchgate.net/publication/234654925_The_Gender_Gap_in_Science_Education>

107 STAGE, F. K.; KLOOSTERMAN, P. (1995). «Gender, beliefs, and achievement in remedial college-level mathematics». *Journal of Higher Education*, 66(3), pp. 294–311.

108 BHARADWAJ, P.; DE GIORGI, G.; HANSEN, D.; NEILSON, C. A. (2016). «The Gender Gap in Mathematics: Evidence from Chile». *Economic Development and Cultural Change*,2016.65:141-166. <www.journals.uchicago.edu by 84.78.24.117>.

109 HATTIE, J. (2003). «Teachers Make a Difference: What is the research evidence?». *Australian Council for Educational Research Annual Conference on: Building Teacher Quality*. October 2003, pp 1-17.

Tabla 10
Resultados principales de los diferentes ANCOVAS desagregados por comunidades autónomas. Intensidad de la relación y significación estadística de las variables independientes y de la covariable

	R^2	ISEC	ScienceRelatedCareer5	Sexo	ScienceRelatedCareer*Sexo (interacción)
Andalucía	23,1	✓	✓	✓	✓
Aragón	18,2	✓	✓		✓
Asturias	24,3	✓	✓	✓	✓
Baleares	14,6	✓	✓		✓
Canarias	20,2	✓	✓	✓	✓
Cantabria	19,2	✓	✓		✓
Castilla y León	13,9	✓	✓	✓	✓
Castilla-La Mancha	19	✓	✓		✓
Cataluña	21,4	✓	✓	✓	✓
Com. Valenciana	20,8	✓	✓	✓	✓
Extremadura	19,2	✓	✓		✓
Galicia	14,9	✓	✓		✓
Comunidad de Madrid	22,4	✓	✓	✓	✓
Región de Murcia	27,1	✓	✓	✓	✓
Com. Foral de Navarra	19,3	✓	✓		✓
País Vasco	16,5	✓	✓		✓
La Rioja	19,8	✓	✓		✓

Fuente: Elaboración propia.

de género han establecido que el apoyo de los iguales en materia de aprendizaje escolar tiene un efecto mayor en las chicas que en los chicos[110]. Otro de los factores que se han revelado francamente relevantes en cuanto al éxito en ciencias es el papel de las madres y de sus expectativas. Así, las chicas que tienen éxito en las ciencias tienden a tener madres con elevadas expectativas educativas y que se preocupan de los progresos escolares de sus hijas[111].

Junto con las anteriores evidencias procedentes de la literatura, el presente trabajo ha aportado para España y sus comunidades autónomas tres elementos empíricos de diagnóstico principales: la existencia de una cierta brecha de género en cuanto al rendimiento en Ciencias –medido por PISA 2015–, una vez controlado el efecto del ISEC, que resulta francamente relevante en materia de futu-

110 HANSON, S. L. (1996). *Op. cit*.

111 *Ibid.*

ras opciones vocacionales STEM; la vinculación entre vocaciones STEM y elevados rendimientos en Ciencias, particularmente en las chicas; y la diferente intensidad de la relación entre sexo y rendimiento por comunidades autónomas.

De conformidad con lo precedente, el país en su conjunto y particularmente aquellas comunidades autónomas que han demostrado una relación más intensa entre las variables sexo y rendimiento en Ciencias deberían implementar políticas y prácticas educativas, desde la óptica de la educación científica, orientadas en torno a los siguientes ejes:

- Enfocar la enseñanza de las Ciencias de modo que se faciliten los aprendizajes profundos. En apartados anteriores del presente estudio (véanse el 2.1.3 y el 3.1.3) nos hemos referido al aprendizaje profundo desde un punto de vista tanto conceptual como metodológico; aprendizaje que se caracteriza por un elevado nivel de comprensión de los fenómenos, de su base conceptual y teórica, de sus mecanismos causa-efecto, de su significado y, consiguientemente, de la transferibilidad. En el apartado 3.1.3, hemos hecho referencia a algunas de las prácticas y de las políticas educativas que permitirían mejorar el rendimiento en ciencias y que cabe invocar de nuevo aquí, ahora como instrumentos para reducir la brecha de género en las Ciencias. Además de lo anterior, y como han destacado K. Alexakos y W. Antoine[112] sobre la base de investigaciones precedentes[113, 114], las 'experiencias de dominio' ayudan a crear una sensación fuerte de alta autoeficacia, lo que contribuye obviamente a reforzar la autoconfianza. En este mismo sentido cabría añadir que elementos metodológicos alineados con el *Mastery Learning,* cuyo poderoso impacto sobre el rendimiento –particularmente en programas de Ciencias– ha sido sólidamente establecido[115], deberían ser introducidos como piezas clave de una estrategia didáctica compuesta para una enseñanza de las Ciencias capaz de operar eficazmente sobre la brecha de género en la educación científica.
- Promover situaciones de aprendizaje científico de carácter cooperativo. Particularmente dos de las prácticas recomendadas en el epígrafe 3.1.3 resultan también pertinentes a la hora de crear situaciones de aprendizaje efectivas que, por su carácter cooperativo, pueden incrementan la autoconfianza de las chicas, al facilitar el efecto positivo de los iguales: las actividades de laboratorio realizadas en equipo y el uso ponderado del 'Aprendizaje basado en proyectos'. Esas actividades, de naturaleza cooperativa, facilitan el apoyo reciproco de los alumnos en pos de unos objetivos bien definidos y de suficiente nivel de dificultad, cuyo logro no sólo produce una satisfacción colectiva sino que, en el plano individual, fortalece habilidades no cognitivas tales como la autoconfianza.

112 ALEXAKOS, K.; ANTOINE, W. (2015). *Ibid*.

113 AMES, C.; ARCHER, J. (1988). «Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivation process». *Journal of Educational Psychology* 80:(3), pp. 260–267.

114 BANDURA, A. (1994). *Self-efficacy. In Encyclopedia of Human Behavior*, Ed. V.S. Ramachaudran, Vol. 4, pp. 71–81. New York: Academy Press.

115 LÓPEZ LÓPEZ, E. (2006). «El *Mastery Learning* a la luz de la investigación educativa». *Revista de Educación*, 340. Mayo-agosto, pp. 625-665.

- Promover la implicación parental, en especial de las madres, en la escolaridad de las alumnas en el área de las Ciencias. La transferencia sistemática de expectativas positivas por parte de los padres –en especial de las madres– se ha revelado un factor significativo de éxito escolar que probablemente produzca ventajas comparativas en el caso de las chicas. Sin perjuicio de las responsabilidades individuales, esta implicación parental debería ser promovida por los centros en el marco de unas relaciones positivas familia-escuela[116].
- Atender las necesidades específicas de orientación de las alumnas en el marco de una concepción reforzada de la orientación profesional para todos. Si, de conformidad con el trabajo de J. Oakes[117], la decisión de las alumnas de proseguir estudios de Ciencias constituye uno de los factores críticos sobre los que actuar, no cabe ninguna duda de que una de las maneras de influir en esa decisión, de un modo fundado y sin perjuicio de las preferencias personales, es a través de las actividades personalizadas de orientación profesional desarrolladas por los centros.
- Concebir e implementar, por parte de las administraciones educativas, políticas efectivas destinadas a orientar, facilitar y apoyar a los centros educativos y a su profesorado de Ciencias para poder actuar, con garantías de éxito, en el ámbito de su competencia.

Si se pretende que las anteriores actuaciones, recomendadas para reducir el sesgo de la variable sexo en materia de Ciencias, tengan efectos masivos, no pueden dejarse al cuidado de los centros docentes, aisladamente considerados, y de sus iniciativas individuales, aun cuando sean aquellos los principales protagonistas. Su profesorado y sus directivos han de ser formados, guiados, estimulados y apoyados, de un modo ordenado y sistemático, por las administraciones responsables y por sus instancias de decisión mediante la concepción e implementación de políticas efectivas.

3.4.2 La variable sexo, el rendimiento en ciencias y las vocaciones STEM. Análisis por comunidades autónomas

Habida cuenta de la importancia económica y para el empleo futuro de las profesiones STEM propiamente dichas, y con el propósito de cerciorarse de la probable similitud de los resultados con respecto a los obtenidos en los anteriores análisis, procede replicar el anterior ANCOVA utilizando en este caso el factor 'vocación científica' con dos únicas categorías (STEM/no STEM), tal y como han sido definidas en el apartado 3.1 2.

Cuando se centra la atención, en primer lugar, en los resultados obtenidos para el conjunto de la muestra española, se observa la existencia de un efecto estadísticamente significativo de los factores sexo y vocación científica (STEM/ No STEM), así como un efecto conjunto debido a su interacción. La covariable (ISEC) introducida en el modelo tiene también un efecto estadísticamente significativo so-

116 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *La participación de las familias en la educación escolar*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.

117 OAKES, J. (1990). *Op. cit*

Tabla 11
Resultados de la relación entre la opción vocacional STEM/no STEM y el rendimiento en Ciencias, por sexo, una vez controlado el efecto del ISEC. PISA 2015

Sexo	Opción vocacional	Media en Ciencias	Desviación típica	Porcentaje
Mujer	No STEM	484,75	80,12	45,60%
	STEM	545,13	70,10	4,20%
	Total	489,87	81,08	49,80%
Hombre	No STEM	485,81	83,97	38,10%
	STEM	541,21	81,67	12,10%
	Total	499,25	86,73	50,20%
Total	No STEM	485,23	81,89	83,70%
	STEM	542,22	78,87	16,30%
	Total	494,57	84,09	100,00%

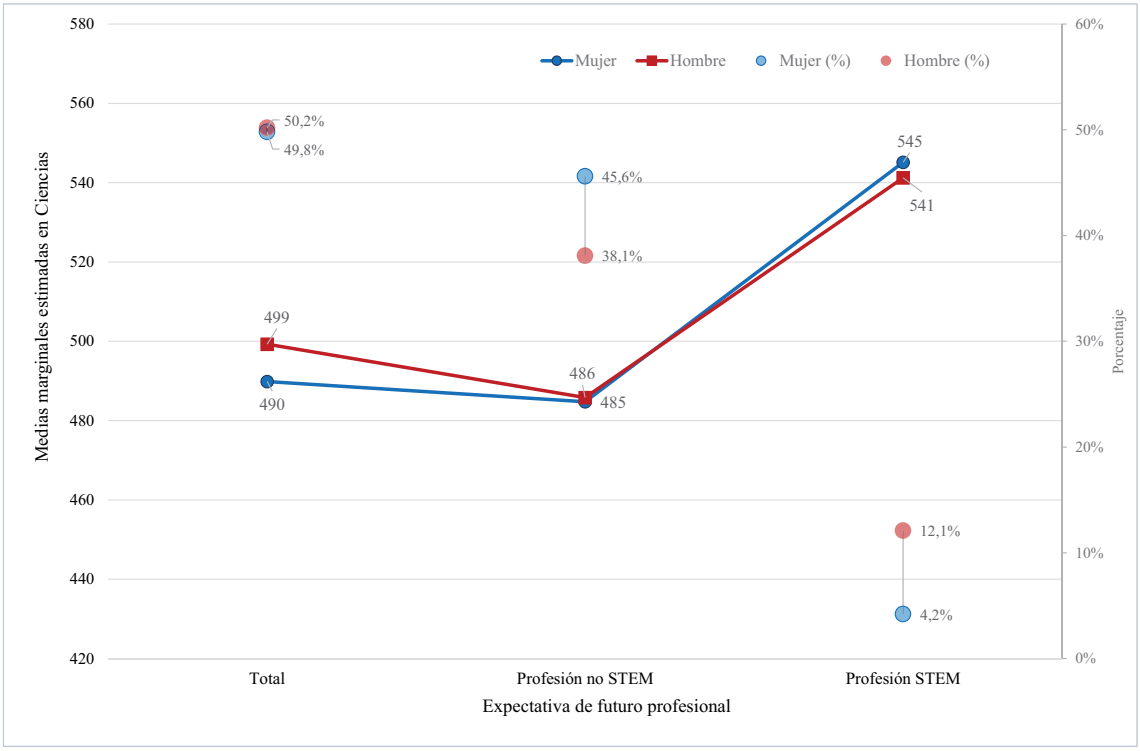
Fuente: Elaboración propia.

bre el rendimiento en ciencias. La tabla A8 del anexo muestra los diferentes parámetros estadísticos referidos al ANCOVA correspondiente.

Los resultados de la relación entre la opción vocacional STEM/no STEM y el rendimiento en Ciencias, por sexo, una vez controlado el efecto del ISEC, se muestran en la tabla 11. Se advierte en ella, en primer lugar, la escasez de vocaciones STEM (16,3%) previstas por los adolescentes de 15 años para su horizonte profesional de adultos; y, además, se evidencia la magnitud de la brecha de género –en contra de las mujeres– en cuanto a tales opciones profesionales (4,2% *vs*. 12,1% del total). En segundo lugar, se observa de nuevo que, si bien la media global de las mujeres en el área de Ciencias (489,87 puntos PISA) se sitúa por debajo de la de los hombres (499,24), estas diferencias varían en función de cada uno de los dos factores considerados, siendo las mujeres que optan para su futuro por profesiones STEM las que presentan una media mayor (545,13), frente a los hombres que apuestan por estas mismas profesiones (541,21). Resultan también de aplicación aquí los razonamientos efectuados más arriba a partir de los datos desagregados. La figura 17 ilustra, de un modo gráfico, los principales resultados de la tabla 11.

Por otra parte, cabe destacar la enorme desproporción que existe entre la brecha de género en cuanto al rendimiento en Ciencias y la brecha de género en materia de opciones STEM de futuro profesional (9,6 puntos PISA; 7,9 puntos porcentuales), lo que pone de manifiesto la existencia de un efecto de amplificación de la brecha cuyas causas son compatibles con las evidencias internacionales previamente descritas y cuyo tratamiento comporta operar sobre las políticas y las prácticas educa-

Figura 17
Medias marginales estimadas vs. opciones vocacionales STEM /no STEM por sexo. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

tivas que han sido formuladas más arriba y orientadas a la mejora tanto del rendimiento en Ciencias como de la orientación profesional.

En la tabla 12 se presentan los resultados del análisis desagregado por comunidades autónomas. En ella llaman igualmente la atención las variaciones observables en la aplicación del modelo a cada una de las distintas comunidades autónomas.

En concreto, destaca que la variable sexo, por si sola, no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en ciencias en las comunidades autónomas de Andalucía, Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura, Galicia, País Vasco y Valencia. No obstante, en Andalucía, Asturias, Canarias, Castilla La Mancha, Extremadura, Galicia, País Vasco y Valencia, el efecto conjunto de sexo y vocación STEM, es significativo, así como el efecto de la vocación STEM considerado aisladamente, pero no lo es por sí solo el de la variable sexo. En Baleares, Cantabria y Castilla y León, no se ha observado efecto significativo de la variable sexo ni de la interacción 'Sexo*vocación STEM', aunque si se observa efecto aislado de la vocación. Aragón, Cataluña, La Rioja, Madrid, Murcia y Navarra son comunidades autónomas en las cuales, por el efecto estadísticamente significativo de la variable sexo, resultan de aplicación preferente las políticas y las prácticas efectivas destinadas a la reducción de la brecha de género en Ciencias descritas en el epígrafe anterior.

Tabla 12
Resultados principales de los diferentes ANCOVAS desagregados por comunidades autónomas. Intensidad de la relación y significación estadística de las variables vocación STEM, sexo y la interacción de ambas y del ISEC como covariable

	R^2	ISEC	Vocación STEM	Sexo	Vocación STEM*Sexo (interacción)
Andalucía	19,3	✓	✓		✓
Aragón	16,6	✓	✓	✓	✓
Asturias	21,1	✓	✓		✓
Baleares	13,2	✓	✓		
Canarias	17,4	✓	✓		✓
Cantabria	15,7	✓	✓		
Castilla y León	11,9	✓	✓		
Castilla-La Mancha	15,3	✓	✓		✓
Cataluña	20,0	✓	✓	✓	✓
Com. Valenciana	17,2	✓	✓		✓
Extremadura	16,1	✓	✓		✓
Galicia	12,6	✓	✓		✓
Comunidad de Madrid	19,6	✓	✓	✓	✓
Región de Murcia	22,9	✓	✓	✓	
Com. Foral de Navarra	17,8	✓	✓	✓	
País Vasco	13,9	✓	✓		✓
La Rioja	18,0	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los casos más destacables es el de la Comunidad de Madrid, en donde se observa con gran claridad una relación inversa en los rangos bajos de puntuación y en los altos, a consecuencia de este efecto de interacción entre la vocación STEM y el género; es decir, las mujeres sin vocación STEM, obtienen una puntuación más baja (502,7 puntos) que la de sus compañeros varones con las mismas preferencias vocacionales (511,7), situación inversa a la observada cuando nos situamos ante estudiantes que manifiestan su interés por profesiones STEM, con una media para las chicas de 562,8 puntos frente a los 549,03 puntos de los chicos. Este resultado viene a sugerir, de nuevo, la posibilidad de que, operando sobre aquellos factores que mejoran el rendimiento en ciencias –particularmente de las chicas–, la proporción de éstas que se decantaría por opciones STEM se vería incrementada.

Cabe subrayar además que, como ha mostrado la OCDE sobre una base empírica, existe una diferencia sistemática entre la percepción de los alumnos sobre su futuro profesional en el área de STEM, medida por PISA, y la realidad de los estudios superiores que finalmente emprenden, en contra de la segunda. En el caso de España, dicha diferencia ha resultado ser de 9 puntos porcentuales[118]. Algo se tuerce, probablemente para muchas chicas, en el tramo que va de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) a la elección efectiva de carrera y que les hace cambiar de opción. Resulta plausible suponer que el tránsito de la ESO al Bachillerato –o a la Formación Profesional de grado medio- es decisivo a este respecto. Este hecho observado revaloriza el papel de las políticas enfocadas a mejorar notablemente el sistema de orientación profesional español, que es bastante insuficiente[119].

4. Algunos análisis relevantes al nivel de alumno

Con el propósito de profundizar en los comportamientos cognitivos de los alumnos que se manifiestan en las pruebas de Ciencias, con vistas a orientar las prácticas de enseñanza, merece la pena analizar, a partir de la información disponible, la fuerza de la relación entre el rendimiento en Ciencias –desagregado en sus correspondientes subescalas– y las otras dos áreas principales de PISA.

4.1 Análisis para la muestra española global

En este epígrafe se presentan y comentan los análisis de correlación realizados de las diferentes subescalas de ciencias con las puntuaciones en Comprensión Lectora (CL) y en Matemáticas (MAT) para la muestra española globalmente considerada. La tabla 13 contiene los correspondientes resultados numéricos. Cuatro rasgos de los datos contenidos en dicha tabla pueden destacarse. En primer lugar, los elevados valores que presentan, en todos los casos, los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables consideradas, así como su significatividad estadística. En segundo lugar, una superioridad sistemática de las correlaciones con Matemáticas frente a las correspondientes con Comprensión Lectora. En tercer lugar, que la correlación más alta (0,926) se da entre el conocimiento procedimental y epistémico y el rendimiento en Matemáticas, siendo también la correlación más alta con el área de Comprensión Lectora (0,918) la que se corresponde con el conocimiento procedimental y epistémico. En cuarto lugar, que la correlación más baja (0,889) es la hallada entre el rendimiento en Comprensión Lectora y la subescala 'explicar fenómenos científicamente'.

En consecuencia, la fuerte correlación observada entre las puntuaciones obtenidas por los alumnos en las diferentes subescalas de Ciencias, tanto con las de las Matemáticas como con las de la Comprensión Lectora , podría aludir a la existencia de distintas dimensiones de una habilidad cognitiva general que se proyectaría sobre áreas diferentes. Además, tales resultados serían compatibles con el planteamiento que, sobre la organización del conocimiento científico en el ámbito escolar, se ex-

118 OECD (2017). *Op. cit*

119 CONSEJO ESCOLAR DE LA COMUNIDAD DE MADRID (2011). *Op. cit*.

Tabla 13
Matriz de correlaciones de Pearson entre las puntuaciones en Matemáticas y en Comprensión Lectora, y las de las diferentes subescalas de Ciencias, con sus correspondientes significaciones estadísticas

		Comprensión Lectora		Matemáticas	
		Pearson	Sig. (bilateral)	Pearson	Sig. (bilateral)
Competencia científica	Explicar fenómenos científicamente	0,889	0,000	0,920	0,000
	Evaluar y concebir investigaciones científicas	0,908	0,000	0,912	0,000
	Interpretar datos y evidencias científicamente	0,914	0,000	0,924	0,000
Contenido	Sistemas físicos	0,892	0,000	0,922	0,000
	Sistemas vivos	0,911	0,000	0,920	0,000
	Sistemas de la Tierra y el Espacio	0,902	0,000	0,916	0,000
Conocimiento	De contenidos	0,890	0,000	0,919	0,000
	Procedimental y epistémico	0,918	0,000	0,926	0,000

Fuente: Elaboración propia.

puso en el apartado 2.1.2 del presente estudio, según el cual el conocimiento verbal, el conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental estarían encajados en un marco cognoscitivo común, de modo que el manejo del conocimiento procedimental requiere una comprensión profunda del ámbito conceptual y ésta va acompañada, necesariamente, de un buen dominio semántico del ámbito verbal. Ello tiene consecuencias evidentes para la enseñanza y el aprendizaje científicos que, a partir de los datos de PISA y en concordancia con la naturaleza epistemológica de las Ciencias, se revelan como una suerte de 'puentes cognitivos' entre el mundo de las palabras y el mundo de los números y de las estructuras formales que son típicas del pensamiento matemático; además, refuerza la importancia de un aprendizaje profundo de las Ciencias y vincula, de un modo indisoluble, conocimientos y competencias.

Por otra parte, las mayores correlaciones observadas con las matemáticas estarían reflejando simplemente la conocida contigüidad/solapamiento epistemológico existente entre Matemáticas y Ciencias. Finalmente, el hecho de que el conocimiento procedimental y epistémico sea el que se vincula con la competencia matemática con una fuerza de la mayor intensidad se corresponde, por un lado, con el que la componente procedimental de los conceptos matemáticos sea francamente elevada, y, por otro, con la frecuente expresión lógico-matemática de los procedimientos científicos.

Tabla 14
Coeficientes de correlación de Pearson entre las puntuaciones en Comprensión Lectora y las de las diferentes subescalas de Ciencias, con sus correspondientes significaciones estadísticas, por comunidades autónomas. PISA 2015

	Competencias científicas			Áreas de contenido			Tipo de conocimiento	
	Explicar fenómenos científica-mente	Evaluar y concebir in-vestigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científica-mente	Sistemas físicos	Ssistemas vivos	Sistemas de la Tierra y el Espacio	De contenido	Procedimen-tal y epistémico
Andalucía	0,900	0,917	0,923	0,899	0,920	0,918	0,903	0,926
Aragón	0,910	0,923	0,929	0,916	0,930	0,921	0,907	0,932
Asturias	0,905	0,929	0,931	0,909	0,928	0,921	0,907	0,934
Baleares	0,900	0,916	0,919	0,897	0,919	0,914	0,907	0,934
Canarias	0,901	0,922	0,926	0,903	0,922	0,916	0,901	0,929
Cantabria	0,903	0,927	0,930	0,907	0,923	0,920	0,903	0,932
Castilla y León	0,898	0,922	0,926	0,903	0,920	0,912	0,900	0,931
Castilla-La Mancha	0,897	0,921	0,923	0,903	0,921	0,913	0,897	0,930
Cataluña	0,894	0,908	0,917	0,895	0,915	0,907	0,894	0,918
Com. Valenciana	0,879	0,904	0,911	0,882	0,910	0,901	0,883	0,914
Extremadura	0,909	0,925	0,931	0,914	0,927	0,924	0,911	0,935
Galicia	0,906	0,925	0,927	0,907	0,930	0,918	0,906	0,934
Comunidad de Madrid	0,901	0,918	0,923	0,908	0,919	0,914	0,899	0,927
Región de Murcia	0,909	0,927	0,929	0,910	0,931	0,922	0,910	0,935
Com. Foral de Navarra	0,899	0,917	0,924	0,901	0,923	0,913	0,902	0,929
País Vasco	0,897	0,915	0,920	0,895	0,918	0,910	0,895	0,926
La Rioja	0,913	0,930	0,932	0,916	0,932	0,924	0,913	0,936

Nota: todos los valores de los coeficientes de correlación de Pearson son estadísticamente significativos con $p<0,001$.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Análisis por comunidades autónomas

Posteriormente, se ha realizado una serie de análisis similares al anterior considerando ahora la desagregación por comunidades autónomas. En primer lugar, se muestra en la tabla 14 los resultados de la correlación observada entre el área de Comprensión Lectora y las subdimensiones de Ciencias por comunidades autónomas.

Tabla 15
Coeficientes de correlación de Pearson entre las puntuaciones en Matemáticas y las de las diferentes subescalas de Ciencias, con sus correspondientes significaciones estadísticas, por comunidades autónomas. PISA 2015

	Competencias científicas			Áreas de contenido			Tipo de conocimiento	
	Explicar fenómenos científica-mente	Evaluar y concebir in-vestigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científica-mente	Sistemas físicos	Ssistemas vivos	Sistemas de la Tierra y el Espacio	De contenido	Procedimen-tal y epistémico
Andalucía	0,926	0,925	0,929	0,929	0,924	0,926	0,923	0,933
Aragón	0,928	0,928	0,938	0,935	0,930	0,930	0,922	0,939
Asturias	0,930	0,930	0,936	0,939	0,931	0,936	0,927	0,941
Baleares	0,924	0,927	0,931	0,929	0,928	0,927	0,924	0,936
Canarias	0,933	0,932	0,936	0,938	0,936	0,934	0,933	0,941
Cantabria	0,924	0,926	0,930	0,934	0,930	0,926	0,924	0,938
Castilla y León	0,928	0,928	0,937	0,934	0,932	0,931	0,926	0,937
Castilla-La Mancha	0,925	0,927	0,931	0,937	0,930	0,930	0,926	0,939
Cataluña	0,926	0,922	0,930	0,931	0,930	0,928	0,924	0,935
Com. Valenciana	0,916	0,915	0,919	0,923	0,922	0,917	0,915	0,927
Extremadura	0,930	0,933	0,936	0,937	0,932	0,929	0,928	0,939
Galicia	0,928	0,932	0,936	0,937	0,934	0,928	0,927	0,940
Comunidad de Madrid	0,920	0,917	0,924	0,924	0,920	0,919	0,918	0,927
Región de Murcia	0,931	0,933	0,937	0,939	0,936	0,935	0,932	0,944
Com. Foral de Navarra	0,922	0,922	0,928	0,924	0,923	0,921	0,924	0,932
País Vasco	0,920	0,919	0,922	0,924	0,924	0,919	0,918	0,927
La Rioja	0,930	0,928	0,932	0,935	0,921	0,925	0,925	0,936

Nota: todos los valores de los coeficientes de correlación de Pearson son estadísticamente significativos con $p<0,001$.

Fuente: Elaboración propia.

De forma análoga, se han calculado las correlaciones, para cada una de las comunidades autónomas, entre la puntuación total en Matemáticas y las subdimensiones de Ciencias. Los resultados se muestran en la tabla 15.

Un análisis comparativo del contenido de las tablas 13, 14 y 15 pone de manifiesto que los cuatro rasgos descritos más arriba para la muestra nacional se preservan, en términos generales, para las comunidades autónomas, en este caso como tendencias. Del mismo modo, parece apreciarse una

cierta inclinación hacia valores superiores de los coeficientes de correlación en aquellas comunidades autónomas con menores valores de rendimiento en Ciencias, lo que indicaría que la fuerza de la correspondiente relación es más intensa en tales comunidades autónomas. Ello podría aludir a una mayor homogeneidad de las submuestras que es capaz de compensar, con creces, su inferior extensión.

5. Algunos factores relevantes al nivel de aula

Tal y como se ha destacado en el apartado 3.1 Aproximación general, el rendimiento en Ciencias y la vocación STEM constituyen dos factores francamente importantes en los planos social y económico. Con el propósito de identificar variables relevantes relacionadas con la instrucción que puedan incidir positivamente sobre dichos factores, y arrojar alguna luz sobre las consiguientes políticas y prácticas educativas, se abordan en lo que sigue los análisis correspondientes y se formulan, a partir de ellos, algunas recomendaciones. La selección de indicadores se ha realizado atendiendo a los datos disponibles en PISA 2015 relativos a variables relacionadas con la instrucción, así como a la revisión de la literatura precedente.

5.1 La influencia sobre el rendimiento en ciencias de variables relacionadas con la instrucción, a escala nacional y por comunidades autónomas

A fin de analizar la relación con el rendimiento global en ciencias de distintas variables PISA vinculadas con la instrucción –*Disciplinary climate in science classes* (DISCLISC), *Teacher support in a science classes of students choice* (TEACHSUP), *Inquiry-based science teaching and learning practices* (IBTEACH), *Teacher-directed science instruction* (TDTEACH) y *Enjoyment of science* (JOYSCI)–, así como del ISEC, se ha llevado a cabo una regresión lineal múltiple sobre la muestra total y para cada una de las comunidades autónomas, de acuerdo con un modelo multivariado. Los resultados de dicho modelo para el conjunto de la muestra española presentan un buen grado de ajuste, con un porcentaje de varianza explicada del 29% y una aportación estadísticamente significativa de todos los predictores introducidos en el mismo.

Cabe destacar la notable influencia de la variable *Enjoyment of science* (Beta = 25,51) en la predicción del rendimiento en Ciencias, así como de la variable ISEC (Beta = 22,61). Con efecto negativo se sitúan las variables *Teacher support in a science classes of students choice* (Beta = -7,71) e *Inquiry-based science teaching and learning practices* (Beta = -9,37).

Aplicando este mismo modelo a cada una de las submuestras de las distintas comunidades autónomas se observa, de nuevo, un buen grado de ajuste del mismo para todas ellas, con pequeños matices relativos a la influencia diferencial de las distintas variables introducidas como predictores. La tabla 16, muestra un resumen de los resultados obtenidos para las distintas comunidades autónomas. El porcentaje de varianza total del rendimiento en Ciencias explicada oscila entre el 31,7% para Mur-

Tabla 16
Variables relacionadas con la instrucción que influyen en el rendimiento en Ciencias, que han resultado estadísticamente significativas, y resumen de los resultados obtenidos del ajuste del modelo a las distintas comunidades autónomas. PISA 2015

	R^2	ISEC	DISCLISC	TEACHSUP	IBTEACH	TDTEACH	JOYSCI
Andalucía	30,3	+	+	-	-	+	+
Aragón	26,5	+	+	-	-	+	+
Asturias	29,6	+	+	-	-	+	+
Baleares	25,0	+	+	-	-	+	+
Canarias	26,9	+	+	-	-	+	+
Cantabria	23,6	+	+	-	-	+	+
Castilla y León	25,5	+	+	-	-	+	+
Castilla-La Mancha	26,2	+	+	-	-	+	+
Cataluña	30,0	+	+	-	-	+	+
Com. Valenciana	27,7	+	+	-	-	+	+
Extremadura	26,6	+	+	-	-	+	+
Galicia	22,0	+	+	-	-	+	+
Comunidad de Madrid	27,9	+	+	-	-	+	+
Región de Murcia	31,7	+	+	-	-	+	+
Com. Foral de Navarra	29,5	+	+	-	-	+	+
País Vasco	24,6	+	+	-	-	+	+
La Rioja	27,9	+	+	-	-	+	+

Notas:

ISEC: índice socioeconómico y cultural; DISCLISC: clima de disciplina escolar; TEACHSUP: apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción; IBTEACH: prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación; TDTEACH: instrucción directa por parte del profesor; JOYSCI: el disfrute con la ciencia.

Los correspondientes valores de los coeficientes Beta se muestran en la tabla A9 del anexo.

Fuente: Elaboración propia.

cia y el 22,0% para Galicia. Los signos '+' , presentes en dicha tabla, indican una relación directa de la respectiva variable independiente con el rendimiento global en Ciencias y los signos '-' una relación inversa.

Cabe subrayar, en primer lugar, la relación inversa y estadísticamente significativa con el rendimiento que manifiesta la variable 'apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción' (TEACHSUP) para todas las comunidades autónomas. Este resultado, aparentemente contraintuitivo, podría ser explicado por el hecho de que son los alumnos que parten de una situación de mayor desventaja los que, por lo general, más apoyo reciben.

En segundo lugar, podría resultar chocante para los defensores acérrimos de las 'nuevas metodologías' el hecho de que la 'instrucción directa por parte del profesor' (TDTEACH) presente, de un modo sistemático en todas las comunidades autónomas, una relación directa y estadísticamente significativa, mientras que las 'prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación' (IBTEACH) muestren una relación con el rendimiento de carácter inverso. Sin embargo, este resultado se alinea con los resultados globales de PISA 2015, así como con las evidencias disponibles en relación con la influencia de diferentes metodologías sobre el rendimiento escolar[120] así como, específicamente, con la del 'aprendizaje basado en proyectos'[121], y advierte sobre la necesidad de administrar con prudencia estos recursos que son valiosos para la educación científica si se integran en una estrategia didáctica compuesta y modulable que tome en consideración las necesidades individuales de los alumnos y sus variables de contexto.

Unas conclusiones similares se desprenden de los análisis secundarios efectuados en el estudio de McKinsey & Co. sobre los datos de PISA 2015, con la ayuda del procedimiento de inteligencia artificial conocido como *machine learning*[122]. A partir de los resultados obtenidos, sus autores postulan como más favorable, en términos generales, un modelo metodológico mixto que combine «muchas clases con instrucción directa y algunas con enseñanza basada en la investigación». No obstante, se señala la existencia de interacción, en este caso, entre los niveles de rendimiento en Ciencias de las diferentes regiones consideradas en el estudio –Asia, Europa, América Latina, Oriente Medio, Norte de África y Norte América– y cada una de estas dos orientaciones metodológicas, de modo que la instrucción directa resulta más eficaz en las regiones con rendimiento en Ciencias inferiores. Para que esas metodologías innovadoras sean efectivas, el alumno ha de disponer de un conocimiento estructurado suficientemente consolidado que se refleja, en este tipo de análisis, en niveles superiores de puntuación en las pruebas de PISA. Esta conclusión resulta asimismo coherente con el enfoque de nuestro modelo jerárquico del conocimiento científico en el ámbito escolar, representado en la figura 1 del presente trabajo, cuyas derivadas en el plano de la didáctica de las Ciencias resultan bastante directas [123]. Asimismo, advierte, sobre una base empírica, sobre las relaciones de una cierta prelación natural –por razones tanto psicológicas, como epistemológicas– entre 'conocimientos' y 'competencias'.

En tercer lugar, el destacado poder predictivo del 'disfrute con la ciencia' con respecto al rendimiento alude a la importancia de la motivación intrínseca de los alumnos que, no obstante, puede ser alimentada previamente por el estilo de enseñanza del profesor, por su capacidad de transferir a los alumnos expectativas positivas con respecto a la materia y, en fin de cuentas, por los propios resultados académicos; resultados que operan retroactivamente sobre el disfrute de acuerdo con un mecanismo circular: el disfrute influye sobre el rendimiento que influye, a su vez, sobre el disfrute.

120 LÓPEZ LÓPEZ, E. (2006). *Op. cit*.

121 THOMAS, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-based Learning*. <http://www.bie.org/index.php/site/RE/pbl_research/29>.

122 MOURSHED, M.; KRAWITZ, M.; DORN, E. (2017). *How to improve student educational outcomes: New insights from data analytics*. <https://www.mckinsey.com/industries/social-sector/our-insights/how-to-improve-studenteducational-outcomes-new-insights-from-data-analytics >.

123 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1994). *Op. cit.*

Finalmente, y en cuarto lugar, el 'clima de disciplina escolar' –cuya relación con el rendimiento analizamos en un trabajo anterior para la media de las puntuaciones en Comprensión Lectora, Matemáticas y Ciencias y sobre la muestra internacional de PISA 2015[124]–, es otro de los predictores que resulta positivo y significativo –como cabría esperar– y que, muy probablemente, mantenga con el rendimiento en Ciencias una conexión causal asimismo circular: un buen clima disciplinar en el aula incide positivamente sobre el rendimiento de los alumnos que facilita, a su vez, la mejora del clima disciplinar.

5.2 La influencia sobre el rendimiento en Ciencias de variables relacionadas con la instrucción, para las diferentes subdimensiones de la prueba

Con el fin de profundizar en los anteriores resultados, se ha tomado ahora en consideración las distintas subescalas de competencias científicas establecidas en PISA 2015 (explicar fenómenos científicamente, evaluar y concebir investigaciones científicas, interpretar datos y evidencias científicamente), así como las subdimensiones de los contenidos (sistemas físicos, sistemas vivos, sistemas de la Tierra y del Espacio) y de las subescalas del tipo de conocimiento (de contenido, procedimental y epistémico) (véase la descripción contenida en el apartado 2.2.2). Se han utilizado sendos modelos de regresión múltiple, análogos al presentado en el epígrafe precedente y aplicado sobre la muestra nacional. En este caso, se ha considerado como variable dependiente, en cada uno de estos modelos, cada una de las mencionadas subescalas de ciencias y se han introducido como predictores las variables relacionadas con la instrucción anteriormente mencionadas (*Disciplinary climate in science classes* [DISCLISC], *Teacher support in a science classes of students choice* [TEACHSUP], *Inquiry-based science teaching an learning practices* [IBTEACH], *Teacher-directed science instruction* [TDTEACH] *y Enjoyment of science* [JOYSCI]) así como el ISEC. En la tabla 17, se muestra un resumen de los resultados de la aplicación del modelo para cada una de las variables dependientes. Los resultados de la aplicación individualizada efectuada por comunidades autónomas no se explicitan debido al hecho de que las diferencias entre ellas han resultado ser escasamente relevantes.

El modelo ha presentado un buen ajuste en todos los casos, con un porcentaje de varianza explicada situado entre el 29,2% de la competencia científica 'explicar fenómenos científicamente' y el 27,7% de la competencia científica 'interpretar datos y evidencias científicamente' así como un patrón de influencia de los predictores sobre cada una de las variables consideradas como dependientes, e identificadas como subescalas en la tabla 17, que es análogo al precedente (compárense las tablas 15 y 16), lo que refuerza la consistencia del modelo. Aun cuando los diferentes valores de R^2 muestran pequeñas variaciones entre ellos, es la competencia 'explicar los fenómenos científicamente' (R^2=29,2) y el 'conocimiento de contenidos' (R^2=29,4) las variables mejor explicadas por nuestro modelo.

124 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Op. cit*.

Tabla 17
Variables relacionadas con la instrucción que influyen en el rendimiento en Ciencias, que han resultado estadísticamente significativas, y resumen de los resultados obtenidos del ajuste del modelo a las distintas subdimensiones de la prueba. PISA 2015

		R^2	ISEC	DISCLISC	TEACHSUP	IBTEACH	TDTEACH	JOYSCI
Competencias	Explicar fenómenos científicamente	29,2	+	+	-	-	+	+
	Evaluar y concebir investigaciones científicas	27,4	+	+	-	-	+	+
	Interpretar datos y evidencias científicamente	27,7	+	+	-	-	+	+
Contenidos	Sistemas físicos	28,8	+	+	-	-	+	+
	Sistemas vivos	28,3	+	+	-	-	+	+
	Sistemas de la Tierra y el Espacio	28,5	+	+	-	-	+	+
Conocimiento	De contenidos	29,4	+	+	-	-	+	+
	Procedimental y epistémico	28,2	+	+	-	-	+	+

Notas:

ISEC: índice socioeconómico y cultural; DISCLISC: clima de disciplina escolar; TEACHSUP: apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción; IBTEACH: prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación; TDTEACH: instrucción directa por parte del profesor; JOYSCI: el disfrute con la ciencia.

Los correspondientes valores de los coeficientes Beta se muestran en la tabla A10 del anexo.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 La influencia sobre la vocación STEM de variables relacionadas con la instrucción, a escala nacional y por comunidades autónomas

En este caso se ha optado por realizar una regresión logística binaria multivariante, habida cuenta del carácter dicotómico de la variable dependiente (vocación STEM/ vocación No STEM) que se pretende predecir o asociar a otras variables independientes (*Disciplinary climate in science classes* [DISCLISC], *Teacher support in a science classes of students choice* [TEACHSUP], *Inquiry-based science teaching an learning practices* [IBTEACH], *Teacher-directed science instruction* [TDTEACH], *Enjoyment of science* [JOYSCI] y rendimiento en Ciencias), atendiendo para esta última variable a los seis niveles de rendimiento establecidos en PISA 2015 y considerando los efectos del sexo y del nivel socio económico de los alumnos (ISEC). En definitiva, la regresión logística nos permite expresar la probabilidad de que ocurra un evento (vocación no STEM/vocación STEM), como función de las variables independientes consideradas relevantes o influyentes.

A tenor de los resultados obtenidos, se aprecia, en primer lugar, que el modelo es estadísticamente significativo, y que también lo es el efecto de todas las variables introducidas. Por su parte, la aplicación del modelo a la muestra nacional indica que los estadísticos R^2 de Cox y Snell y R^2 de Nagelkerke, que nos informan de una explicación de la varianza de la variable dependiente por par-

Tabla 18
Resumen de los resultados obtenidos por la aplicación del modelo de regresión logística binaria a cada una de las comunidades autónomas. PISA 2015

	Sig. modelo	R^2 Cox y Snell	R^2 Nagelkerke	% global correctamente clasificado
Andalucía	✓	12,5	21,4	85
Aragón	✓	8,4	13,6	81,4
Asturias	✓	13,2	20,2	78
Baleares	✓	10,2	17,1	82,7
Canarias	✓	6,5	11,8	86,4
Cantabria	✓	10,6	17,6	82,4
Castilla y León	✓	8,5	13,5	80,9
Castilla-La Mancha	✓	8,5	14,3	82,9
Cataluña	v	10,3	15,9	78,1
Com. Valenciana	✓	11,8	19,2	81,4
Extremadura	✓	10,4	18,3	85,7
Galicia	✓	14,4	22,8	81,4
Comunidad de Madrid	✓	13,1	19,7	76,4
Región de Murcia	✓	11,2	18,7	83,2
Com. Foral de Navarra	✓	13,5	21,3	81,4
País Vasco	✓	13,5	21	79,3
La Rioja	✓	13,4	21,8	81,5

Fuente: Elaboración propia.

te de nuestro modelo, se sitúan entre un 11,0% y un 17,8%. Cuanto más alto es el valor de R^2 más explicativo es el modelo, es decir, en mayor medida las variables independientes explican la variable dependiente.

El cálculo del porcentaje global correctamente clasificado mediante el modelo arroja una cifra del 81,5%, es decir, es capaz de predecir con acierto la vocación STEM/no STEM en el 81,5% de los casos. La base metodológica correspondiente[125] consiste en efectuar, en base a la ecuación de regresión y a los datos observados, una predicción del valor de la variable dependiente (valor pronosticado). Esta predicción se compara con el valor observado; si acierta, el caso es correctamente clasificado, si no acierta, el caso no lo es. Cuantos más casos clasifica correctamente –es decir, cuando el valor pronosticado coincide con el valor observado– mejor es el modelo pues más explicativo es y, por tanto,

125 SILVA AYÇAGUER, L. C.; BARROSO UTRA, I. M. (2004). *Regresión logística*. Madrid: La Muralla.

las variables independientes son buenas predictoras del evento o variable dependiente. Si el modelo clasifica correctamente más del 50% de los casos, el modelo es aceptado.

Todas las variables incluidas en la ecuación, tienen un efecto significativo sobre la vocación STEM (sig. < 0,05). Por su parte, las *Odds ratios* –el *Odds ratio* se define como la razón entre el *odds* correspondiente a un suceso bajo cierta condición y el *odds* que le corresponde al mismo suceso bajo otra condición[126]– nos informan de la fortaleza de la relación. Cuanto más alejada de 1 esté más fuerte es la relación. En nuestro caso, y en el orden de la fortaleza de la relación con la vocación STEM, la prime-

Tabla 19
Resumen de las diferentes variables que han resultado significativas en su relación con la variable vocación STEM (Si/NO) en cada una de las comunidades autónomas. PISA 2015

	Sexo	Nivel de Ciencias	ISEC	DISCLISC	TEACHSUP	IBTEACH	TDTEACH	JOYSCI
Andalucía	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Aragón	✓	✓						✓
Asturias	✓	✓	✓		✓			✓
Baleares	✓	✓		✓	✓		✓	✓
Canarias	✓	✓		✓	✓		✓	✓
Cantabria	✓	✓						✓
Castilla y León	✓	✓		✓				✓
Castilla-La Mancha	✓	✓				✓	✓	✓
Cataluña	v	v	✓	✓		✓		v
Com. Valenciana	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Extremadura	✓	✓	✓			✓		✓
Galicia	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Comunidad de Madrid	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Región de Murcia	✓	✓				✓	✓	✓
Com. Foral de Navarra	✓	✓			✓			✓
País Vasco	✓	✓			✓		✓	✓
La Rioja	✓	✓		✓				✓

ISEC: índice socioeconómico y cultural; DISCLISC: clima de disciplina escolar; TEACHSUP: apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción; IBTEACH: prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación; TDTEACH: instrucción directa por parte del profesor; JOYSCI: el disfrute con la ciencia.

Fuente: Elaboración propia.

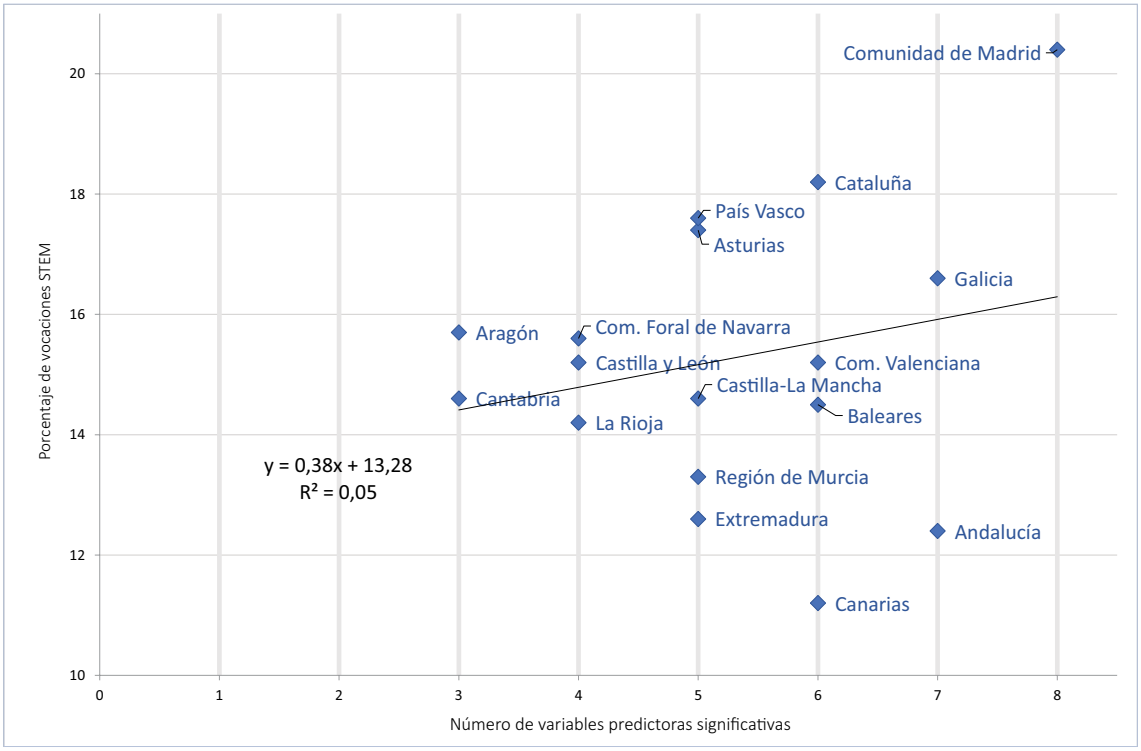
126 «El *odds* asociado a un suceso se define como la razón o cociente entre la probabilidad de que dicho suceso ocurra y la probabilidad de que no ocurra». En SILVA AYÇAGUER, L. C.; BARROSO UTRA, I. M. (2004). *Regresión logística*. Villares de la Reina (Salamanca);Madrid;: La Muralla.

ra variable sería el sexo, seguido del nivel en Ciencias y del disfrute con la ciencia. Cuando se procede a la aplicación de este modelo de regresión logística binaria multivariante a cada una de las diecisiete comunidades autónomas, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 18.

Por otro lado, como puede observarse en la tabla 19 –que resume las diferentes variables que han resultado significativas en su relación con la variable vocación STEM en cada una de las comunidades autónomas–, existen tres variables que han resultado estadísticamente significativas en la aplicación del modelo a todas las comunidades autónomas: sexo, nivel en Ciencias y disfrute con las ciencias. Este resultado es consistente con los obtenidos en nuestros análisis precedentes y apunta a la naturaleza de las políticas y de las prácticas educativas sobre las que resulta necesario actuar a fin de preparar a la sociedad española para algunos de los desafíos del presente siglo.

Un análisis más detallado de la tabla 19 permite orientar las decisiones más plausibles de las administraciones educativas a la hora de operar sobre aquellas variables que son susceptibles de intervención, sea desde las instancias de decisión sea desde los propios centros educativos. Así, por ejemplo, fijando la atención en dos casos extremos, para mejorar la proporción de vocaciones STEM la Comunidad de Madrid habría que operar sobre el mayor número posible de predictores 'maleables' –es decir, aquellos sobre los que se puede intervenir– pues todos se han revelado significativos,

Figura 18
Número de variables predictoras significativas y porcentaje de vocaciones STEM y en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

mientras que Aragón podría centrarse sobre la mejora del nivel de Ciencias y sobre el disfrute de los alumnos en los aprendizajes científicos. Estas diferencias en cuanto al número de predictores están relacionadas, de un modo grueso, con el grado de presencia de vocaciones STEM en las diferentes comunidades autónomas, de manera que cuanto mayor sea el número de predictores significativos mayor será el porcentaje de vocaciones STEM en una comunidad autónoma. En el caso singular de la Comunidad de Madrid, es posible que obtenga mejores resultados en vocaciones STEM (20,4% *vs*. 15,3% de la media nacional), en parte, porque se opere en ella sobre más predictores. Por tal motivo, a la hora de incrementar las vocaciones STEM, dicha comunidad autónoma debería concebir e implementar mejor aquellas políticas que actúan sobre cada uno de los predictores identificados como más relevantes. La figura 18 muestra esa relación gruesa existente entre el número de predictores significativos y el porcentaje de vocaciones STEM.

6. Algunos factores relevantes al nivel de centro

La concepción de políticas de mejora que operen en el nivel de aproximación que es característico de los centros educativos requiere identificar factores que influyan, de un modo relevante, en el éxito escolar. Sobre la base de los resultados obtenidos en PISA 2015 para el rendimiento en Ciencias del conjunto de los países de la OCDE, hemos seleccionado por su relevancia empírica dos de esas variables –el absentismo y la repetición escolares– que muestran una relación inversa con el rendimiento muy destacada[127]. Un análisis de diagnóstico sobre las comunidades autónomas españolas permitirá identificar aquellas que, por padecer tales fenómenos en mayor medida y con un impacto superior, deberían ser objeto de políticas correctoras de carácter prioritario. Por otra parte, existe una evidencia empírica consolidada sobre la influencia de la implicación parental en el éxito escolar[128, 129] que avala la oportunidad de un análisis para España de esa relación en el caso específico de las Ciencias, recurriendo a la rica información de base que, a través de las respuestas a sus cuestionarios, facilita PISA 2105.

6.1 El absentismo escolar

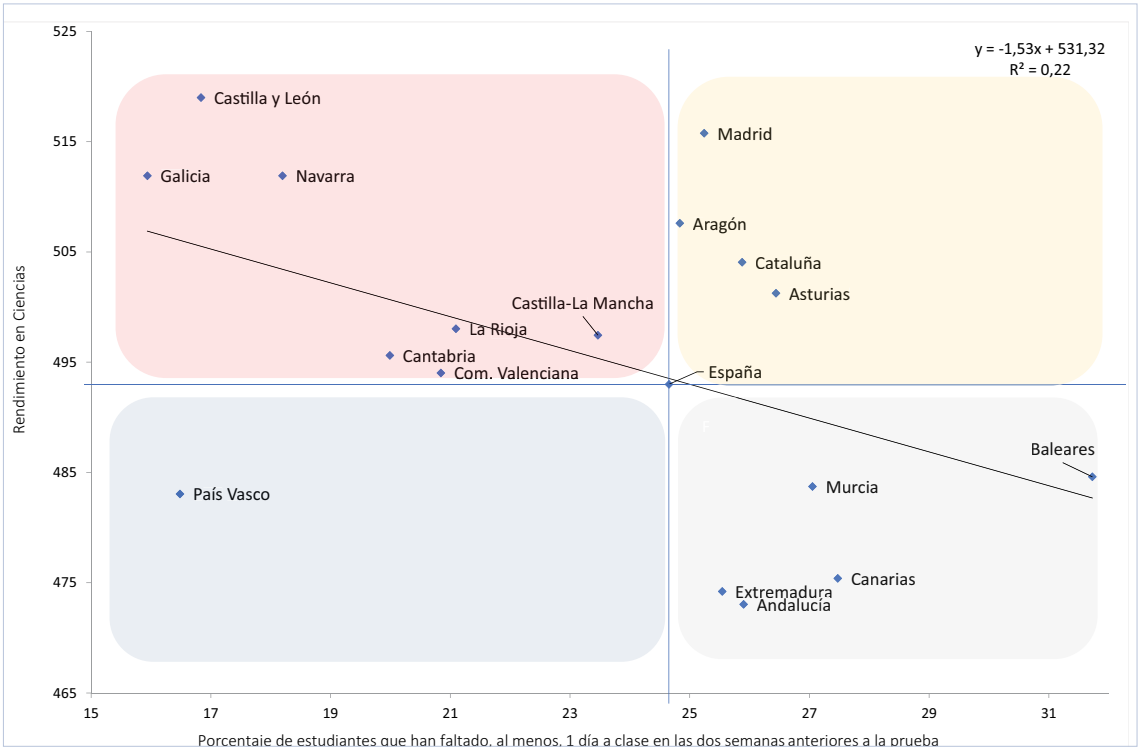
Como parece razonable esperar, el absentismo escolar constituye un factor que incide de forma negativa en los resultados académicos. No obstante, es probable la coexistencia de lo anterior con una relación causal de sentido opuesto, de modo que una mejora del rendimiento puede traducirse, por la vía de un incremento de la motivación de los alumnos, en una reducción de sus niveles de absentismo. En un estudio anterior determinamos, mediante un análisis de regresión lineal, el valor del coefi-

127 OECD (2016 b). *Op. cit*., p. 228.

128 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *La participación de las familias en la educación escolar*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.

129 CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO. E.; GAVIRIA J. L. (2015). «Parental involvement on student academic achievement: A meta-analysis». *Educational Research Review*, 14 (2015) 33–46

Figura 19
Rendimiento en Ciencias y absentismo escolar en las comunidades autónomas. PISA 2015



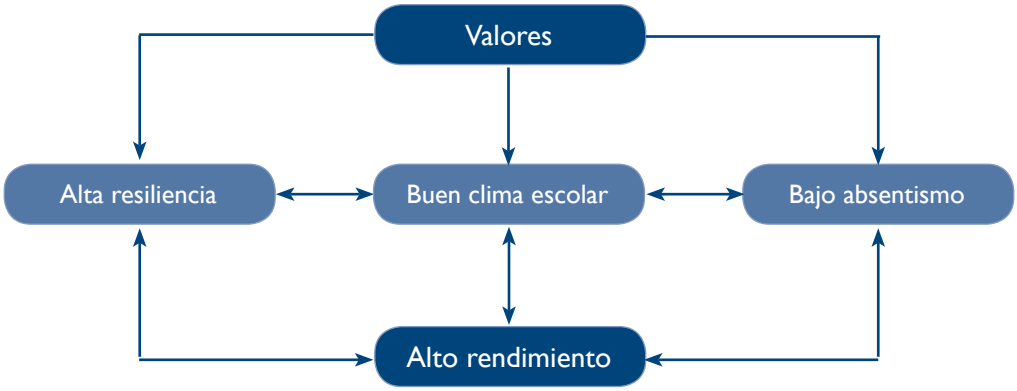
Fuente: Elaboración propia.

ciente de determinación de la relación entre ambas variables, para el conjunto de países y economías participantes en la edición 2015 de PISA, que alcanza un valor de $R^2 = 0,41$[130].

A la hora de procurar un diagnóstico educativo suficientemente completo de las comunidades autónomas, a partir del análisis de los datos generados por PISA 2015, procede fijar de nuevo la atención en esa misma relación, referida ahora al ámbito regional español. La figura 19 muestra el análisis de regresión lineal entre esas dos variables, midiendo el grado de absentismo por el porcentaje de alumnos que declararon en el cuestionario correspondiente haber faltado, al menos, un día a clase en las dos semanas anteriores a la prueba. El valor de $R^2 = 0,22$ (sig. = 0,051) revela una intensidad moderada de la correspondiente relación cuya teórica proporción de varianza explicada en el sentido *absentismo → rendimiento* será muy probablemente superior a la correspondiente al sentido opuesto. Esta hipótesis plausible, basada en la observación profesional, abre la puerta a una recomendación a las administraciones educativas y a los propios centros docentes de operar sobre la reducción de los niveles de absentismo como medio para incrementar el rendimiento escolar, particularmente en Ciencias.

130 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Valores y éxito escolar ¿Qué nos dice PISA 2015?* Universidad Camilo José Cela. Madrid. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/valoresyexito_171116.pdf>.

Figura 20
Un modelo conceptual



Fuente: LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017).

Un análisis de cuadrantes nos remite, como situación que más atención reclama, al quinteto formado por las comunidades autónomas de Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia que ocupan el "cuadrante pésimo", correspondiente en este caso a valores de absentismo escolar situados por encima de la media nacional y a valores de rendimiento en Ciencias inferiores a la media. Esta circunstancia requiere intervenciones, tanto a nivel de los centros como de los órganos externos de control de los mismos, para operar en esa doble dirección: *absentismo → rendimiento* y *rendimiento → absentismo*.

En el trabajo más arriba citado, postulamos un esquema conceptual plausible que se ilustra en la figura 20 y que puede resultar de interés a la hora de orientar políticas y prácticas educativas[131]. Si se fija la atención en la mitad derecha de ese modelo aparecen como ámbitos básicos de intervención, por un lado, el de los valores y la cultura del centro, que se manifestará en la reducción de los niveles de absentismo –-por lo que comporta aquélla de elemento estructurante de las conductas individuales[132]–; y, por otro, el de las políticas destinadas a mejorar el rendimiento.

Ambos tipos de intervenciones configuran un círculo virtuoso según el cual la mejora del clima escolar reduce el absentismo y mejora el rendimiento; y, a su vez, la mejora del rendimiento incide positivamente, de un modo retroactivo, sobre el clima escolar y sobre el nivel de absentismo; y así sucesivamente en un bucle causal. Ese círculo virtuoso terminará por acelerar el proceso de transformación del centro en el sentido de la mejora, como corresponde a los mecanismos propios de una dinámica no lineal[133].

131 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Ibid*.

132 DOWNER, D. F. (1991). «Review of Research on Effective Schools». *McGill Journal of Education*, Vol. 26, n.º 3, pp. 323-331.

133 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2001). *Preparar el futuro. La educación ante los desafíos de la globalización*. Ed. La Muralla. Madrid.

Es sabido que, en este contexto, se entiende por cultura el conjunto de normas, creencias y valores compartidos en el seno de la institución escolar; o, en palabras de Fullan (2007), «las creencias y los valores evidentes que guían la forma en la que la escuela opera»[134]. Por tal motivo, la reducción directa del absentismo requiere operar del lado de las normas que facilitan la generación de hábitos; y, a través de ellos, sobre la consolidación de valores que orientan los comportamientos de los alumnos. Es por tal motivo por lo que la definición de protocolos completos de lucha contra el absentismo de los alumnos en los centros educativos –protocolos que impliquen a todo el personal del centro, a las familias y a las autoridades locales– ha dado excelentes resultados en algunas de las comunidades autónomas que están situadas en el 'cuadrante óptimo' de la figura 19, o en sus proximidades[135]. Y en este punto, las actividades de formación, primero, para la elaboración de protocolos efectivos, y de control, después, a través de la Inspección educativa, así como la suscripción de convenios con las autoridades locales para dicho fin, constituyen responsabilidades indiscutibles de las administraciones educativas en los centros escolares de titularidad pública.

En cuanto a las políticas de carácter general, destinadas a mejorar el rendimiento educativo en las comunidades autónomas, han sido descritas en un trabajo anterior –al que nos remitimos[136]– y referidas más arriba. No obstante, por la vinculación existente entre el absentismo de los alumnos y su nivel socioeconómico y cultural[137], procede reiterar a continuación aquellas dirigidas particularmente a centros que escolarizan, en una proporción notable, a alumnos socialmente desfavorecidos:

- Privilegiar las políticas compensatorias centradas en los alumnos socialmente desfavorecidos y evaluar sistemáticamente su grado de eficacia.
- Desarrollar planes específicos sobre centros que, de acuerdo con indicadores objetivos definidos al efecto y referidos a aspectos socioeconómicos y socioculturales, requieran una intervención prioritaria de los poderes públicos[138].
- Evaluar el impacto de tales planes para asegurar, y en su caso reorientar, los procesos de mejora.

6.2 La repetición de curso

La repetición escolar es un fenómeno que, por su influencia sobre el rendimiento de los alumnos, ha sido tomado en consideración reiteradamente en los estudios de la OCDE[139]. Asimismo, la Comisión Europea, a través de Eurydice, ha prestado atención al análisis comparado de dicho fenómeno, en

134 FULLAN, M. (2007). *The new meaning of educational change*. Routledge, New York.

135 CONSEJO ESCOLAR DE LA COMUNIDAD DE MADRID (2011). *Informe 2011 sobre la situación de la Enseñanza no Universitaria en la Comunidad de Madrid.* Consejería de Educación y Empleo. Madrid.

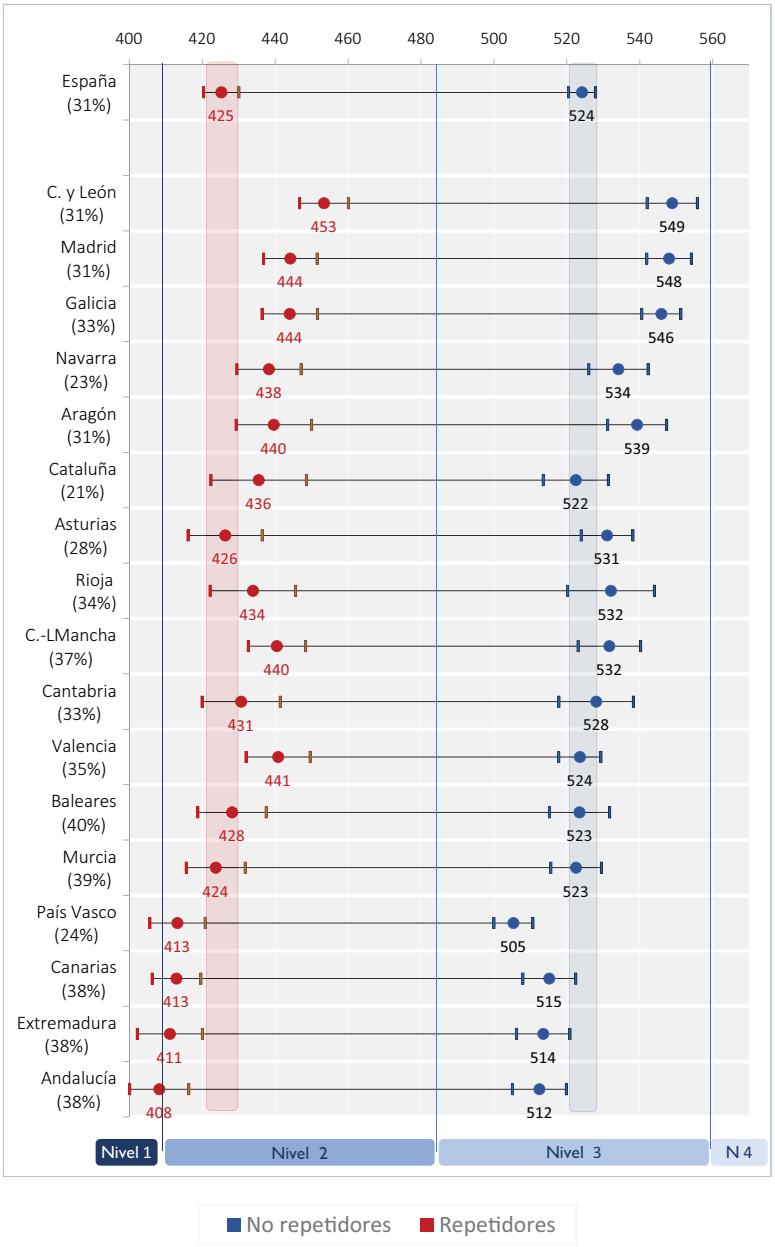
136 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E.; (2018). *Op. cit*.

137 OECD (2016 b). *Op. cit*.

138 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2008). «La Educación Pública Prioritaria de la Comunidad de Madrid y el reto de la integración de la población socialmente desfavorecida». En *Políticas educativas para la cohesión social*, pp. 319-352. Madrid: Comunidad de Madrid-Fundación Europea Sociedad y Educación.

139 OECD (2012). *Equity and Quality in Education. Supporting Disadvantages Students and Schools*. Paris: OECD Publishing 2012.

Figura 21
Rendimiento en Ciencias según la variable repetición de curso en las comunidades autónomas. PISA 2015



El porcentaje de estudiantes que han repetido algún curso figura entre paréntesis en el eje vertical de las comunidades autónomas

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

una aproximación cualitativa a los diferentes países de la Unión[140]. Los análisis de regresión lineal simple efectuados en la edición de PISA 2015 entre la tasa de repetición en cursos anteriores de los alumnos de 15 años y su rendimiento en Ciencias han arrojado una cifra de $R^2 = 0,12$ para el conjunto de los países participantes en el estudio. Cuando se aplica la misma metodología al caso de España

140 EURYDICE (2011) "La repetición de curso en la educación obligatoria en Europa; normativa y estadísticas" EACEA P9 EURYDICE. Bruselas.

se obtiene un valor de $R^2 = 0,28$. Ello supone que el 28% de la varianza del rendimiento en Ciencias es explicada por las diferencias en las tasas de repetición. Habida cuenta de la intensidad de dicha relación, procede profundizar en el comportamiento territorial de las diferentes comunidades autónomas a propósito de este preocupante fenómeno escolar, fenómeno que se sustancia en el nivel del centro, pero que tiene implicaciones tanto en el nivel inferior (aula) como en el superior (sistema), en términos de prácticas y de políticas educativas, respectivamente.

La figura 21 muestra el rendimiento en Ciencias de los estudiantes, en cada una de las comunidades autónomas, cuando se considera la variable repetición de curso. En el eje vertical aparecen ordenadas las comunidades autónomas en forma decreciente de acuerdo con la correspondiente puntuación media global en Ciencias (véase la figura 4). Además, se indica el porcentaje correspondiente de estudiantes que han repetido al menos un curso. El valor de dicho porcentaje en España (31%) nos advierte de que casi la tercera parte de los alumnos españoles ha repetido curso al menos una vez, proporción que duplica la de los estudiantes repetidores en la Unión Europea (15%). El porcentaje de alumnos repetidores varía en las comunidades autónomas entre el 21% en Cataluña y el 40% en las Islas Baleares.

Como puede apreciarse en la figura 21 la puntuación media de los estudiantes españoles que no han repetido ningún curso (524 puntos PISA) se corresponde con el nivel 3 de rendimiento establecido por PISA, mientras que la puntuación de los alumnos repetidores (425 puntos PISA) los sitúa en un nivel 2 de rendimiento. Esta diferencia de puntuaciones equivale a un desfase escolar que supera los tres cursos académicos.

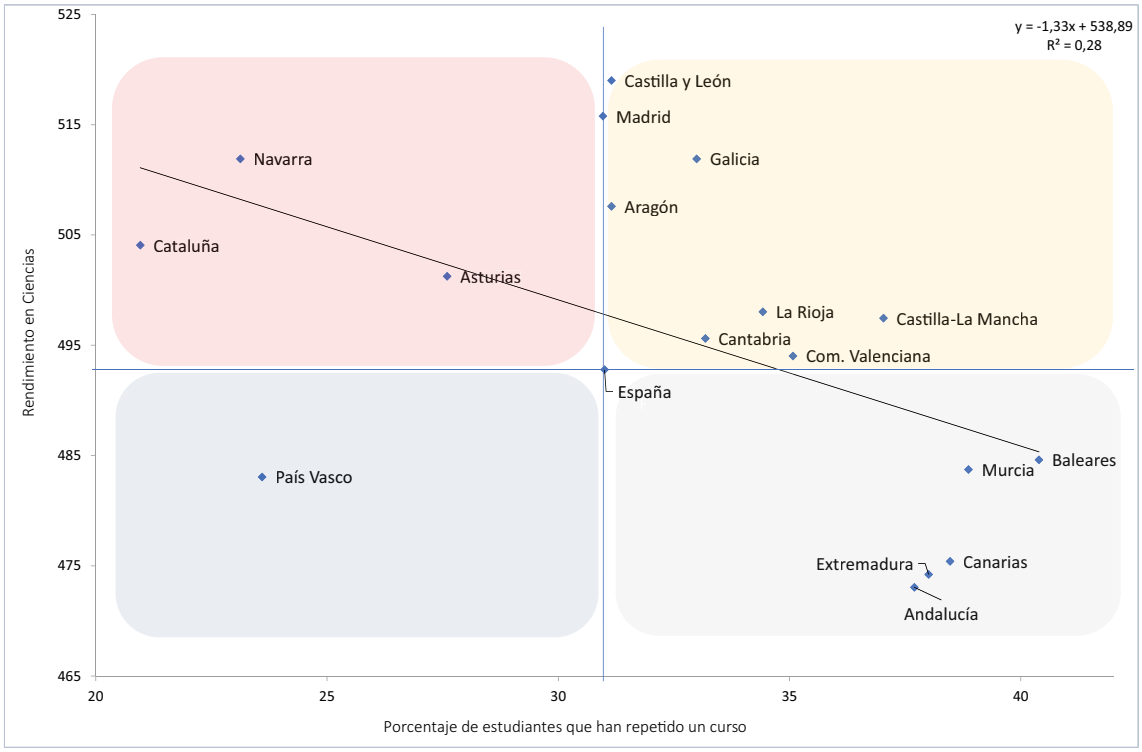
Otro de los aspectos más relevantes que se puede apreciar en la mencionada figura es la elevada diferencia que existe entre las puntuaciones medias de los alumnos no repetidores y los repetidores en las diferentes comunidades autónomas, diferencia que oscila entre los 83 puntos en la Comunidad Valenciana y los 105 en Asturias. Ello supone un desfase escolar equivalente superior a los dos cursos completos en el primer caso, y a los tres en el segundo.

Esta muy amplia brecha de puntuaciones entre alumnos no repetidores y alumnos repetidores, junto con el alto porcentaje de repetidores en todas las comunidades autónomas, predice con una elevada probabilidad un incremento de dificultades del profesor a la hora de desarrollar su tarea. Un análisis cualitativo, promovido por el Consejo Escolar de la Comunidad Foral de Navarra sobre la repetición escolar en dicha comunidad autónoma, revela que la mitad de los profesores entrevistados declara que «les supone nuevo trabajo y esfuerzo, como hacer nuevos materiales, corregir más trabajos, dedicar tiempo a la atención del alumno»[141].

Además, y como ha señalado J. Márquez, a partir de un estudio que reposa en análisis secundarios de PISA 2015 referidos al conjunto de España, «a igualdad de competencias académicas, los repetidores parecen más propensos a percibir que sus profesores creen que son menos inteligentes de

141 ARTUCH GARDE, R; GONZÁLEZ FELIPE, P; PASCUAL ASURA, A; SANZ MORENO, A. (2015). *Idoneidad y repetición en el sistema educativo en Navarra*. Consejo Escolar de la Comunidad Foral de Navarra. Pamplona.

Figura 22
Rendimiento en Ciencias y repetición de curso en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

lo que realmente son»[142]. Esta circunstancia podría estar reflejando la transferencia de expectativas negativas del profesor sobre el rendimiento de dichos alumnos que operarían como una especie de profecía autocumplida y que debería ser corregida mediante la explicitación ante el profesorado, por vía formativa, del poder, tanto en negativo como en positivo, de tales mecanismos.

Por otro lado, cabe señalar la existencia en España de diferencias estadísticamente significativas, en cuanto a la tasa de alumnos repetidores en función del nivel socioeconómico y cultural de los estudiantes (ISEC). Así, el 45,6% de los alumnos repetidores se sitúan en el cuartil inferior del ISEC mientras que solo 11,6% de esos alumnos se sitúan en el cuartil superior. Sin postular ningún tipo de determinismo social, parece claro, a la luz de los datos anteriores, que en términos probabilísticos la repetición escolar es un fenómeno vinculado al nivel socioeconómico y cultural de los alumnos, cuya influencia sobre el rendimiento en Ciencias parece amplificar el desfase escolar por encima del retraso asociado a las simples diferencias en el ISEC.

J. Márquez[143] en el trabajo antes citado, indica que el nivel socioeconómico y cultural podría estar operando a través de vectores de influencia tales como, la falta de acceso a ciertos recursos educa-

142 MARQUEZ, J. (2017). «Por qué la repetición puede ser injusta» <https://politikon.es/2017/09/05/por-que-la-repeticicion-puede-ser-injusta/>.

143 *Ibid*.

tivos materiales en el hogar, la incapacidad de las familias para ayudar con los deberes y el estudio, motivar al estudiante y persuadirle de que dedique más interés a las tareas escolares, o la no disponibilidad por parte del alumno de un entorno familiar que esté decidido a corregir su situación de desfase escolar y que, a menudo, considera que la salida más asequible es la repetición.

Con la intención de profundizar en el análisis por comunidades autónomas, la figura 22 muestra el análisis de regresión lineal entre la variable repetición de curso y el rendimiento en Ciencias. Como se ha adelantado más arriba, la fuerza de esa relación inversa existente entre ambas variables es considerable, y del análisis de cuadrantes, que se hace explícito en dicha figura, cabe destacar la composición del 'cuadrante pésimo' (porcentaje de repetición superior a la media nacional y puntuación en Ciencias inferior a la media) que incluye, de nuevo, las comunidades autónomas de Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia y que requeriría una actuación singular destinada a reducir la tasa de repetición escolar.

La notable influencia que presenta la repetición de curso en España y su vinculación con el ISEC de los alumnos ponen de manifiesto que la política consistente en la mera 'repetición de curso' no resulta eficaz si no va acompañada de actuaciones de atención personalizada –o de'instrucción adaptativa' como lo denomina PISA 2015– orientadas a reducir dicho fenómeno, así como de políticas propiamente compensatorias más efectivas. No se trata, pues, de eliminar la repetición por la vía administrativa más simple, consistente en erradicar de un plumazo su presencia en las leyes, sino de concebir e implementar esas políticas más eficaces que permitan elevar el nivel de los alumnos que más lo necesitan. Tales actuaciones han de iniciarse pronto en su *cursus* escolar, mucho antes de comenzar la Educación Secundaria Obligatoria, pues la edad de 15 años es demasiado tardía para corregir desfases escolares de tal magnitud. Por ello, se debería poner remedio a este problema desde los primeros años de la Educación Primaria.

En el estudio antes citado referido a la Comunidad de Navarra, tanto alumnos como profesores coinciden al considerar que «la principal causa que lleva al alumnado a repetir es su falta de esfuerzo» a la que añaden otras como «la falta de conocimientos previos, la falta de ayuda de la familia y tener problemas personales». Al menos una parte de esos factores causales, que han sido identificados por los principales actores, son susceptibles de ser corregidos mediante una orientación adecuada de las políticas y de las prácticas educativas en línea con lo formulado más arriba.

6.3 La implicación parental

Como hemos señalado en otro lugar[144], la implicación parental es considerada como la implicación activa de los padres en todos los aspectos del desarrollo social, emocional y académico de sus hijos. Existe una abundante evidencia empírica que muestra la estrecha relación existente entre la implica-

144 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *Op. cit*.

ción parental y el rendimiento escolar[145, 146, 147] y que fundamenta, por tanto, la consideración de este factor como relevante a la hora de concebir e implementar, a nivel de centro educativo, políticas para la mejora del rendimiento en Ciencias.

La aproximación metodológica empleada en el presente estudio ha consistido en un análisis de regresión lineal múltiple que considera la influencia sobre el rendimiento en ciencias de los indicadores de PISA 2015 asociados a la implicación parental y del ISEC. Concretamente, se han utilizado los indicadores: *Parental current support for learning at home* (CURSUPP), *Parental emotional support* (EMOSUPP), *Parents perceived school quality* (PQSCHOOL), *School policies for parental involvement* (PASCHPOL) y *Parents' view on science* (PQGENSCI), todos ellos estimados a partir de la respuesta obtenida para la muestra española del cuestionario destinado a padres.

Tal y como se indica en la tabla 20, el porcentaje de varianza explicada es del 16,4%, con un efecto estadísticamente significativo del conjunto de las variables introducidas en el modelo, lo que indica, en coherencia con investigaciones anteriores[148], que la implicación parental, en el conjunto de sus diferentes manifestaciones, constituye una variable relevante a la hora de explicar, en este caso, el rendimiento en Ciencias.

Tabla 20
Resumen de los parámetros resultantes de la aplicación del modelo de regresión múltiple a la muestra española. PISA 2015

Modelo	R	R^2	R^2 corregida	Error típico de la estimación
1	0,405	0,164	0,164	74,91

Fuente: Elaboración propia.

Con la intención de facilitar una aproximación más analítica, la tabla 21 resume el conjunto de parámetros estadísticos relativos a las diferentes variables independientes incorporadas al modelo y consideradas en el análisis de regresión lineal multivariado. Destaca en dicha tabla, en primer lugar, la significatividad de todas y cada una de las variables consideradas, así como los valores negativos de los coeficientes beta correspondientes a las variables 'apoyo de los padres para el aprendizaje en casa' (CURSUPP) e 'implicación parental' (PASCHPOL).

El efecto negativo del apoyo de los padres para el aprendizaje en casa (Beta = -0,041), posiblemente sea debido a que son precisamente los alumnos con mayores dificultades en el aprendizaje los

145 JEYNES, W. H.(2012). *Parental Involvement and Academic Success*. New York: Routledge.

146 CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO. E.; GAVIRIA, J. L. (2015). *Op cit*.

147 Para una referencia exhaustiva a los correspondientes estudios meta-analíticos veáse CASTRO *et al*. (2015).

148 CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO. E.; GAVIRIA, J. L. (2014). «Evaluación del impacto de la participación familiar sobre la competencia matemática en PISA 2012. Un estudio internacional comparado». En CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *La participación de las familias en la educación escolar.* Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.

Tabla 21
Resumen de las diferentes variables que han resultado significativas en su relación con la variable vocación STEM (Si/NO) en cada una de las comunidades autónomas. PISA 2015

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	Beta	Error típ.	Beta		
(Constante)	506,931	0,181		2.794,812	0,000
ISEC	22,324	0,128	0,322	173,908	0,000
CURSUPP	-3,583	0,163	-0,041	-21,932	0,000
EMOSUPP	6,855	0,160	0,081	42,795	0,000
PQSCHOOL	6,281	0,191	0,088	32,845	0,000
PASCHPOL	-9,603	0,201	-0,127	-47,870	0,000
PQGENSCI	9,914	0,146	0,128	67,725	0,000

ISEC: índice socioeconómico y cultural; CURSUPP: apoyo de los padres para el aprendizaje en casa; EMOSUPP: apoyo emocional de los padres; PQSCHOOL: percepción de la calidad del centro al que acuden sus hijos; PASCHPOL: implicación parental; PQGENSCI: la visión de la ciencia de las familias.

Fuente: Elaboración propia.

que requieren un mayor apoyo de los padres. Un resultado semejante se ha puesto de manifiesto en investigaciones anteriores[149]. En cuanto a las políticas escolares para la implicación parental, el efecto inverso y estadísticamente negativo (Beta = - 0,127) podría ser explicado por la aplicación de este tipo de actuaciones particularmente en aquellos centros con peor implicación de las familias, pudiendo darse un tipo de implicación 'extrínseca' más vinculada a cierto sentimiento de obligatoriedad.

El apoyo emocional de los padres (Beta = 0,081) así como su opinión acerca de la calidad del centro al que acuden sus hijos (Beta = 0,088) presentan efectos estadísticamente significativos y positivos en el rendimiento en ciencias. Por otra parte, es la visión de la ciencia de las familias (Beta = 0,128), la variable que, después del ISEC (Beta = 0,322), parece tener un efecto más destacado sobre el rendimiento en Ciencias.

A tenor de los resultados anteriores, un conjunto de políticas de mejora debería ser concebido e implementado, al nivel de los centros educativos, por las administraciones educativas y por los propios centros. Entre las políticas de mejora que deberían ser desarrolladas por las administraciones educativas, cabría formular las siguientes:

- Favorecer la implicación parental mediante su tratamiento en la legislación educativa de un modo adecuado.

149 CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO. E.; GAVIRIA, J. L. 014). *Op. cit*.

- Desarrollar políticas de formación eficaces dirigidas a los centros docentes y, a través de estos, a las propias familias, de modo que, sobre la base de la evidencia disponible, contribuyan a persuadir a unos y a otros de su importancia y les orienten sobre los procedimientos más efectivos.
- Difundir el desarrollo de 'buenas prácticas' evaluadas y ponerlas a disposición de los procesos de formación.
- Favorecer la cooperación entre familia y escuela en los ámbitos que corresponda.
- Promover, de forma prioritaria, este tipo de políticas en aquellos centros situados en entornos desfavorecidos en los cuales, como muestra la investigación[150, 151], su impacto es superior.

En el caso de las actuaciones protagonizadas por los propios centros, se destacan las siguientes:

- Promover la incorporación de la problemática de la implicación parental al programa formativo de los propios centros, asegurando su fundamentación científica e incluyendo los análisis de casos que hayan sido convenientemente evaluados.
- Promover la creación de un clima cooperativo y de confianza entre las partes que estimule en los padres el sentimiento de pertenencia al centro y facilite un compromiso efectivo de partenariado entre familia y escuela; incluso, cuando fuese necesario, mediante la suscripción por escrito de 'contratos' en los que se establezca, sin ambigüedad, los compromisos que asumen las partes para apoyar el progreso escolar de sus hijos[152].
- Establecer mecanismos fluidos de información y de comunicación con los padres a través de los cauces ordinarios.

7. Discusión general

La evolución de la economía y de la sociedad en los países avanzados hacia contextos, tanto laborales como propiamente cívicos, fuertemente dependientes del conocimiento ha situado la educación científica y las llamadas 'enseñanzas STEM' entre las áreas consideradas como estratégicas para la educación y la formación del siglo XXI. No es de extrañar, por tanto, la convergencia de las previsiones y de los diagnósticos efectuados en este sentido por organizaciones de los países más desarrollados que advierten de la importancia de preparar a los jóvenes para ocupar los abundantes nichos de empleo STEM que se están generando ya y que se van a generar, de un modo acelerado, en el futuro. Así, por ejemplo, el Centro Europeo para el desarrollo de la Formación Profesional (CEDEFOP) ha estimado que más del 14% de los perfiles profesionales que se demandarán en 2020 provendrán de

150 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *Op. cit.*

151 SCHWEINHART, L. J.; MONTIE, J.; XIANG, Z.; BARNETT W. S.; BELFIELD, C. R.; NORES, M. (2011). *The High/Scope Perry Preschool Study Through Age 40. Summary, Conclusions, and Frequently Asked Questions*. <http://nieer.org/wp-content/uploads/2014/09/specialsummary_rev2011_02_2.pdf>.

152 BELINCHÓN, J. *et al*. (2009). *Fortalecer los compromisos entre familia y escuela. Un ejemplo de buena práctica.* Instituto de Educación Secundaria Mariano José de Larra. Madrid: Consejo Escolar de la Comunidad de Madrid. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001894.pdf>.

carreras STEM[153]. El Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América ha calculado que el incremento de empleos STEM a lo largo de esta última década alcanzará en 2018 en ese país una cifra del 17% frente al 9,8 % de los empleos no-STEM[154]. Tanto *The Royal Academy of Engineering*[155] británica, como la *Real Academia de Ingeniería*[156] española, a través de sendos informes completos, han puesto el acento en este tipo de desafíos para los sistemas de educación y formación de sus respectivos países.

Pero no se trata de considerar únicamente el empleo directo vinculado a los perfiles profesionales STEM, sino también su considerable impacto indirecto sobre el empleo no tecnológico. Así, la investigación *Future of Work in the Digital Age*, desarrollada conjuntamente por las universidades de Utrech y de Lovaina y que ha sido descrita en el informe de Randstad Research antes citado[157], ha concluido que por cada empleo de alta tecnología generado se crean entre 2,5 y 4,4 empleos adicionales en las regiones de alta tecnología, pero fuera de los sectores tecnológicos.

Uno de los mecanismos conocidos que explican el desarrollo regional en materia de industrias tecnológicas tiene que ver con la implantación de compañías multinacionales que, además de producir empleo de alto valor añadido, dan lugar a transferencias de conocimiento en su entorno y estimulan, en el medio plazo, el desarrollo de pymes especializadas. Dicho mecanismo es fuertemente dependiente de la existencia en la región de un capital humano con una buena formación científico-tecnológica de base; capital humano que es heredero de lo que acontezca a este respecto, en el ámbito de su educación secundaria, quince años antes. Todo lo anterior subraya la importancia de tomar en consideración la distribución territorial en España del rendimiento en Ciencias y de vocaciones STEM en 2015 como elementos predictores –con un nivel de probabilidad no despreciable– del grado de desarrollo social y económico que, en el horizonte de 2030, alcanzarían las comunidades autónomas si no se introducen en el sistema educativo políticas y prácticas de mejora, como las descritas anteriormente, que sean capaces de modificar el *cursus* de su evolución espontánea.

La figura 23 ilustra el valor predictivo que posee el rendimiento en ciencias con respecto al nivel de riqueza de los países de la OCDE. En ella se muestra el resultado de un análisis de regresión efectuado expresamente para el presente estudio, que ha considerado como variable independiente el rendimiento en ciencias obtenido en PISA 2000 por los países que eran, a la sazón, miembros de la organización, y como variable dependiente su PIB per capita diecisiete años después, cuando la correspondiente cohorte de edad ya se había consolidado, por lo general, en sus puestos de trabajo.

153 CEDEFOP (2016). *Op. cit*.

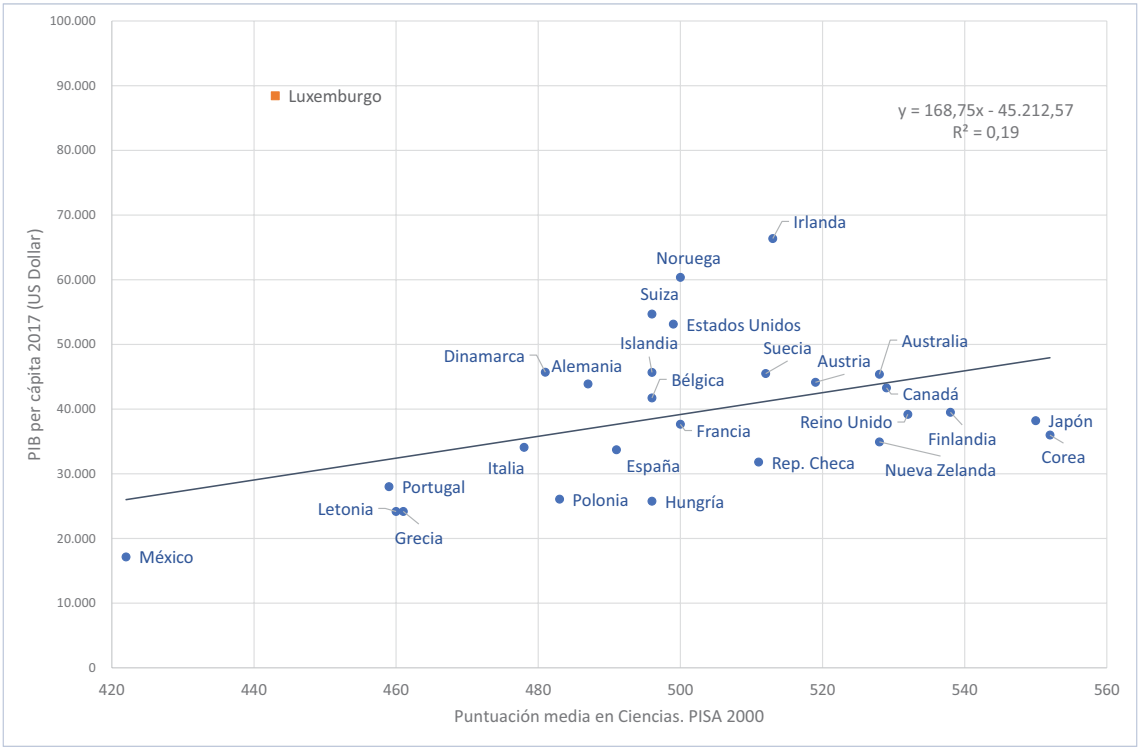
154 LANGDON, D.; MCKITTRICK, G.; BEEDE, D.; KHAN, B.; DOMS, M. (2011). *STEM: Good Jobs Now and for the Future*. Washington: U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics administration. <http://www.esa.doc.gov/sites/default/files/stemfinalyjuly14_1.pdf>.

155 ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. Econometrics of engineering skills project (2012). J*obs and growth: the importance of engineering skills to the UK economy.* Royal Academy of Engineering. Londres. <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/jobs-and-growth>.

156 CAVERO CLERENCIA, J. M.; RUIZ QUEJIDO, D. (2017). E*ducación para la innovación y el emprendimiento: una educación para el futuro. Recomendaciones para su impulso*. Real Academia de Ingeniería. Madrid. <http://www.raing.es/sites/default/files/EDUCACION_PARA_INNOVACION_Web.pdf>.

157 RANDSTAD RESEARCH (2016). *Op. cit*.

Figura 23
Análisis de regresión entre el rendimiento en Ciencias de los países de la OCDE en PISA 2000 y su grado de riqueza medido por su PIB per capita diecisiete años después



Nota: Luxemburgo se ha ignorado en el análisis.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la OECD.

Los resultados de dicho análisis, junto con el del ANOVA correspondiente (veáse la tabla A11), ponen de manifiesto la existencia de una relación de intensidad moderada ($R^2 = 0{,}19$) y estadísticamente significativa (sig. = 0,022) que ratifica, sobre una base empírica, la más que probable influencia de la educación científica de un país sobre su grado futuro de riqueza y de desarrollo económico.

Aun cuando no hay que ignorar las limitaciones que, en general, presentan este tipo de análisis a la hora de establecer, sin ambigüedad, la dirección de la atribución causal, en el caso que nos ocupa –salvo que estuviéramos ante una correlación espuria por la vinculación de ambas variables con otra de un orden superior–, al estar el análisis vinculado a la dimensión temporal, la irreversibilidad de la 'flecha del tiempo' –que opera siempre del pasado hacia el futuro– nos permite hacer caso omiso de la contribución a esa correlación procedente de una conexión causal de sentido inverso según la cual el grado de crecimiento de un país al cabo de diecisiete años explicaría, en parte y con carácter retrospectivo, el rendimiento en Ciencias.

Por otra parte, y como se ha destacado en el apartado 3.1.2 del presente trabajo, tanto en el estudio de PISA 2015 como en el nuestro propio, referido en este caso a España y a sus comunidades autónomas, ambas variables –rendimiento en Ciencias y vocaciones científicas o, en su caso, vocaciones STEM– están fuertemente correlacionadas. Todo lo cual refuerza la importancia decisiva que tiene,

en el plano del desarrollo económico de las comunidades autónomas, el operar con eficacia sobre las políticas y las prácticas de mejora en materia de educación científica.

En este mismo orden de ideas, cabe poner el acento en esta discusión general sobre la dimensión económica de la brecha de género en lo concerniente a las vocaciones STEM. Y es que, como han señalado T. A. Breda y S. T. Ly[158], sobre la base de la evidencia empírica disponible, la corrección de estas diferencias de género abre la puerta no solo a la disminución de una parte significativa de las diferencias entre hombres y mujeres en cuanto al sueldo de los graduados[159, 160, 161] sino que, además, se podría evitar con ello una reducción de la productividad agregada como consecuencia de una asignación errónea del talento[162].

De acuerdo con lo destacado más arriba, uno de los desafíos en concreto de España y de sus comunidades autónomas en materia de progreso económico y social pivota sobre su capacidad para incrementar, en las próximas décadas, el porcentaje de titulados superiores en enseñanzas STEM[163]. Existe una manera –probablemente muy eficiente, habida cuenta de las actitudes diferenciales de las chicas frente al estudio– de generar ese incremento necesario que consiste en elevar la contribución de las mujeres a dicho porcentaje y facilitar, de un modo más amplio que en la actualidad, el desarrollo de las potencialidades científico-tecnológicas de esa otra mitad de la población.

Se ha observado que en países con inferior nivel de desarrollo y menor nivel de igualdad de género existe una inferior diferencia entre hombres y mujeres en materia de STEM que se ha podido atribuir a las 'presiones de calidad de vida' vinculadas a los superiores salarios de que se benefician ese tipo de profesiones[164]. En los países ricos, sin embargo y como ha razonado O. Khazan[165], «(…) no es que la igualdad de género desanime a las chicas a proseguir en pos de la ciencia. Es que ello les permite no hacerlo si no están interesadas». Y es que las chicas suelen disponer de la libertad de perseguir otras alternativas profesionales, basadas en sus propias fortalezas, sin preocuparse demasiado de los salarios. A la vista de estos razonamientos, resulta necesario conseguir que el área de las STEM se sitúe entre las fortalezas académicas de las mujeres –cuando menos al mismo nivel que los hombres–, lo cual está al alcance de la mano si se ordenan correctamente las actuaciones hacia el logro de dicho objetivo.

En lo concerniente al ámbito cívico, o relativo al ejercicio de la ciudadanía, una educación científica de calidad ha sido invocada en el propio informe PISA desde dos perspectivas complementarias que podríamos caracterizar aquí como la de una 'ciudadanía intelectualmente madura' y la de una

158 PENNER, A.M. (2015). *Op. cit*.

159 BROWN, C.; CORORAN, M. (1997). «Sex-Based Differences in School Content and the Male Female Wage Gap». *Journal of Labor Economics*, pp. 431-65.

160 WEINBERGER, C. J. (1999). *Mathematical College Majors and the Gender Gap in Wages*. Industrial Relations, pp. 407-13.

161 HUNT, J.; GARANT, J. P.; HERMAN, H.; MUNROE, D. J. (2012). «Why Don't Women Patent?». *NBER Working Paper*.

162 WEINBERGER, C. J. (1998). «Race and Gender Wage Gaps in the Market for Recent College Graduates». *Industrial Relations*, pp. 67-84.

163 CAVERO CLERENCIA, J. M.; RUIZ QUEJIDO, D. (2017). *Op. cit*.

164 STOET, G.; GEARY, D. C. (2018). *Op. cit*.

165 KHAZAN, O. (2018) «The More Gender Equality. The fewer Women in STEM». *The Atlantic*, Feb 18.

'ciudadanía políticamente responsable'. Cabe identificar la primera como propia de aquellos ciudadanos capaces de adoptar, en sus razonamientos sobre las cuestiones de interés colectivo, elementos y criterios propios de la ciencia, de su quehacer y de sus procedimientos. Ello incrementa el rigor de sus aproximaciones a la realidad política y social y refuerza, sobre una base adecuada, su espíritu crítico. A la evaluación del cumplimiento de dicho objetivo se dirigen, particularmente, los ítems centrados en las 'concepciones epistémicas'.

En cuanto a la segunda, tiene que ver con «la capacidad de los individuos de implicarse en las cuestiones y en las ideas relacionadas con la ciencia en tanto que ciudadanos reflexivos»[166]. Es lo que se ha venido denominando 'cultura científica', cuya evaluación se efectúa mediante la mayor parte de las pruebas de PISA en el área de Ciencias. Habida cuenta de la importante penetración del conocimiento científico en multitud de problemas de orden social y en sus soluciones políticas, los ciudadanos responsables han de ser capaces de posicionarse, con fundamento, ante los debates y ante las propuestas políticas que tengan, o deban tener, alguna base científica o tecnológica, las cuales en el momento presente son muchas[167].

Este doble enfoque relativo, por un lado, al potencial de crecimiento económico y de empleo, vinculado a la calidad de la educación científica, y, por otro, a la construcción de las bases para una ciudadanía democrática, responsable y madura, justifica con creces la aproximación de la presente investigación al ámbito regional español, cuyo nivel de descentralización política y administrativa le hace corresponsable de su propio futuro.

El presente trabajo ha aportado evidencia empírica sobre la relación relativamente intensa existente en nuestro país entre el rendimiento en Ciencias y las vocaciones STEM, lo que alude con toda probabilidad a la presencia de una conexión causal circular entre ambas variables. Por ello, operar directamente sobre uno de los extremos de esta relación dipolar producirá, sin ningún género de dudas, efectos sobre el otro polo, contribuyendo así a un círculo virtuoso de vital importancia para el desarrollo social y económico de España y de sus comunidades autónomas.

En su interés por las enseñanzas STEM como opción académica particularmente vinculada con la innovación, el trabajo promovido por la Real Academia de Ingeniería[168] ha prestado atención a los factores que intervienen en la elección de estudios y descrito cuatro de ellos que, de acuerdo con el Centro de Investigación para la Educación Científica y Matemática (CRECIM)[169] de la Universidad Autónoma de Barcelona, podrían orientar las actuaciones dirigidas a tal fin: un factor social, un factor educativo, un factor psicológico y un factor informativo (véase la figura 24). De su análisis se infiere que sobre todos estos factores clave se puede incidir desde las políticas y las prácticas educativas que han sido aludidas en la presente investigación.

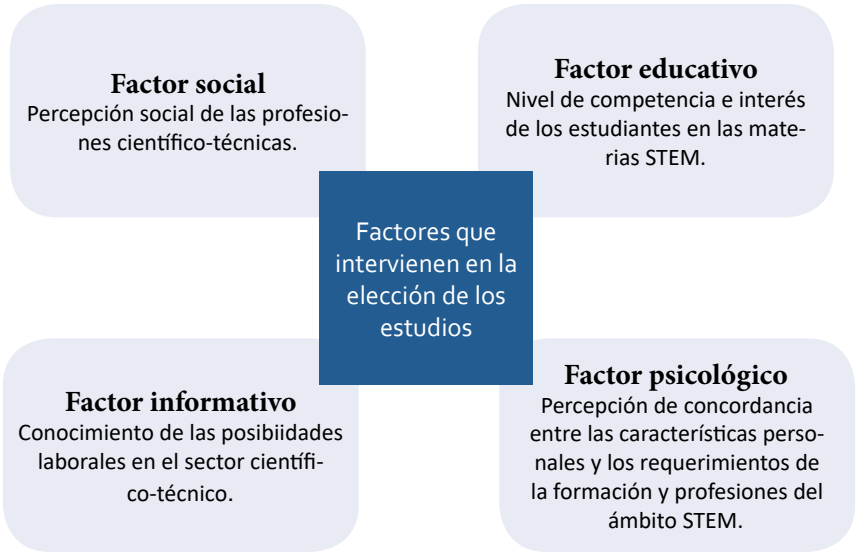
166 OECD (2016 b). *Op.cit*. p. 30

167 EUROPEAN COMMISSION (2015). *Op. cit*.

168 CAVERO CLERENCIA, J. M.; RUIZ QUEJIDO, D. (2017). *Op. cit*.

169 <http://crecim.cat/es/>

Figura 24
Factores que intervienen en la elección de los estudios



Fuente: CAVERO CLERENCIA, J. M.; RUIZ QUEJIDO, D. (2017). *Op. cit*. (p. 57).

En lo concerniente al otro polo de la relación –el rendimiento en Ciencias–, este trabajo ha aportado evidencias empíricas sobre algunos factores relevantes vinculados con el rendimiento académico, tales como las metodologías didácticas, el absentismo escolar, la repetición de los alumnos, o la implicación parental. Sobre la base de diagnósticos territorializados, hemos formulado un conjunto de recomendaciones en pos de un objetivo común: mejorar los resultados de la educación científica en nuestro país.

La Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU., en el capítulo introductorio de su informe *Educating Teachers of Science, Mathematics and Technology. New Practices for the New Millenium*[170] y refiriéndose a los resultados de su educación científica, ha formulado las siguientes preguntas «¿Qué podrían suponer estos pobres rendimientos para nuestro futuro internacional y nuestra estatura económica? ¿Están consiguiendo nuestras escuelas lo que deseamos para nuestros alumnos? ¿Para todos nuestros alumnos?». Estas tres preguntas –trasladables con mayor razón y pertinencia a la situación española– nos interpelan y requieren de los poderes públicos, de los centros educativos y de su profesorado de Ciencias una respuesta que vaya acompañada de una acción efectiva, coordinada y coherente, y que esté orientada, de un modo intencionado, a la preparación de nuestro futuro colectivo: de España y de cada una de sus comunidades autónomas.

170 NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2001). *Educating Teachers of Science, Mathematics, and Technology. New Practices for the New Millenium*, (p. 16). Washington: National Academy Press.

8. Conclusiones y recomendaciones

La educación científica constituye un elemento clave para la preparación del futuro en los ámbitos personal, social y económico. Y no sólo por las habilidades cognitivas que desarrolla, por los hábitos personales que contribuye a consolidar, o por su incidencia en la formación de una ciudadanía madura, sino también por su impacto directo e indirecto –en el medio y el largo plazos– sobre el empleo, y por sus efectos sobre el desarrollo económico en el contexto propio de la cuarta revolución industrial.

La configuración de España en comunidades autónomas, con un elevado grado de descentralización política y administrativa en materia educativa, junto la extensión a cada una de ellas de los desafíos del futuro que nos espera, requieren disponer de diagnósticos territorializados que posibiliten la concepción e implementación de políticas educativas adaptadas a cada realidad autonómica, sin perjuicio de la acción integradora del Estado y de la necesaria existencia de un marco común.

Con la intención de atender ese tipo de requerimientos, el presente estudio ha explotado la base de datos de PISA 2015 y, mediante la realización de análisis secundarios, aporta diagnósticos originales que van acompañados de una formulación de políticas y de prácticas educativas, en materia de educación científica, enfocadas hacia la mejora. En este capítulo de síntesis de lo esencial, se presenta un conjunto de conclusiones y de recomendaciones que, por un lado, resume lo principal de los hallazgos del estudio y, por otro, aporta a las administraciones, a los centros educativos y a su profesorado algunas orientaciones de futuro apoyadas en una base empírica.

8.1 Conclusiones

De la evidencia empírica generada y de los análisis realizados en el presente estudio se derivan las siguientes conclusiones:

1. Ocupan un lugar destacado en cuanto a rendimiento en el área de Ciencias, Castilla y León, la Comunidad de Madrid, Navarra y Galicia, en este orden; y una posición particularmente retrasada, Canarias, Extremadura y Andalucía. Cuando se compara Castilla y León con Andalucía, la diferencia equivale a un desfase escolar promedio, entre ambas comunidades autónomas, de más de un curso académico y medio.
2. Existe un consenso amplio entre instituciones internacionales y entre especialistas a la hora de relacionar el incremento de la demanda de las enseñanzas STEM, y la mejora de las correspondientes competencias, con el crecimiento económico, en el contexto propio de la ya iniciada 'cuarta revolución industrial'.

3. España presenta una relación entre 'rendimiento en Ciencias' y 'vocaciones STEM' relativamente intensa y estadísticamente significativa (R^2=0,46; sig.=0,002), lo que indica que el 46% de la varianza en cuanto a vocaciones STEM entre comunidades autónomas es explicable por las diferencias existentes entre ellas en rendimiento en Ciencias.
4. Un 'análisis de cuadrantes', efectuado sobre el diagrama correspondiente a la relación anterior, arroja para el 'cuadrante óptimo' (alta vocación, alto rendimiento) la siguiente composición: Asturias, Aragón, Cataluña, Galicia, Madrid y Navarra. Estas comunidades autónomas se sitúan, por tanto, en una posición relativa destacada –en especial, la Comunidad de Madrid– a la hora de adaptarse a las exigencias de la 'cuarta revolución industrial', en términos de empleo, crecimiento económico y progreso social.
5. En el 'cuadrante pésimo' (baja vocación, bajo rendimiento) se sitúan Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia. Este grupo de comunidades autónomas –y especialmente Canarias, Andalucía y Extremadura– se encuentran en una posición precaria para asumir los retos del futuro, apoyándose en su educación en el estado actual de resultados.
6. La relación entre "rendimiento en ciencias" y "concepciones epistémicas" es relativamente intensa y estadísticamente significativa (R^2=0,47; sig.=0,0016), lo que indica que el 47% de la varianza, en cuanto a concepciones epistémicas, entre comunidades autónomas es explicable por las diferencias existentes entre ellas en rendimiento en Ciencias.

7. Las 'concepciones epistémicas' son considerada por PISA como algo que trasciende el ámbito escolar para alcanzar la dimensión propiamente cívica de los ciudadanos del futuro, en un contexto de sobreinformación y de creciente complejidad en la toma de decisiones que requiere de juicio político riguroso sobre aspectos que les conciernen. El grupo de comunidades autónomas que se ubican en el 'cuadrante pésimo' –definido por los resultados más desfavorables en materia tanto de rendimiento como de concepción epistémica– está formado por Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y el País Vasco.
8. Los estudiantes de Madrid, Cataluña, Aragón y Navarra superan la media nacional tanto en rendimiento en Ciencias y en su concepción epistémica, como en sus expectativas de opciones profesionales futuras relacionadas con los perfiles STEM. Por su parte, los estudiantes de Andalucía, Baleares, Canarias y Extremadura no superan la media nacional en ninguna de estas tres variables analizadas.
9. El análisis de las puntuaciones PISA en materia de 'competencias científicas' muestra unas posiciones francamente retrasadas de Canarias, Extremadura y Andalucía, con respecto a la media nacional. Cabe destacar, dentro de este grupo, el caso de Extremadura con puntuaciones notablemente por debajo de la media en 'evaluar y concebir investigaciones científicas' (-21 puntos PISA) y en 'interpretar datos y evidencias científicamente' (-23 puntos PISA), competencias éstas francamente relevantes para desenvolverse con algunas garantías en una economía y en una sociedad basadas en el conocimiento.

10. Un rasgo común de los resultados PISA en materia tanto de áreas de contenido (sistemas físicos, sistemas vivos y sistemas de la Tierra y el Espacio) como de tipos de conocimiento (de contenido y procedimental/epistémico) es la presencia sistemática de Castilla y León y de la Comunidad de Madrid –en ese orden– en las primeras posiciones y de Extremadura y Andalucía –en ese orden– en las últimas, con diferencias que sobrepasan en cualquier caso los 40 puntos PISA.

11. El análisis de la influencia del nivel socioeconómico y cultural ha permitido identificar, de nuevo, este factor como relevante a la hora de explicar el rendimiento en Ciencias (R^2=0,146 y m=27,2). No obstante, lo que se ha pretendido en este estudio ha sido calibrar los desafíos más que de justificar, a ese respecto, las diferencias; asumir los esfuerzos necesarios más que de dar pábulo a las disculpas. Y es que, de acuerdo con las exigencias del actual contexto socioeconómico, son los resultados la única dimensión innegociable del sistema educativo a cuyo logro ha de subordinarse todo lo demás.

12. La brecha de género entre hombres y mujeres se manifiesta en multitud de países, entre ellos España, en el sentido de que, a menudo, las mujeres están infrarrepresentadas en diferentes áreas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería o las matemáticas (STEM) y, sin embargo, están sobrerrepresentadas en otros campos profesionales y del saber, tales como el de la salud, la psicología o la educación.

13. Las razones que han resultado empíricamente relevantes, en artículos científicos e informes nacionales, pueden catalogarse dentro de dos grandes grupos: los efectos de sesgos de género de origen social –por ejemplo, la transferencia de expectativas colectivas y el papel de los estereotipos–, y el impacto cierto de las preferencias personales de naturaleza individual. El problema, desde el punto de vista del análisis, radica en la dificultad que plantea el desacoplamiento de ambos tipos de factores. El posible papel de diferencias innatas, en cuanto a habilidades cognitivas, vinculadas a la variable sexo como factor relevante, ha sido considerado improbable a la vista de los resultados de la investigación internacional.

14. Investigaciones precedentes han destacado algunos hechos, suficientemente probados, que podrían servir de base para diseñar, promover e implementar actuaciones correctoras de la brecha de género en Ciencias. Así, se ha comprobado que la autoconfianza tiene una mayor influencia sobre el rendimiento en mujeres que en hombres. Se ha evidenciado que las chicas que logran altos niveles de rendimiento y actitudes positivas hacia el estudio tienen amigos que, muy probablemente, están también interesados en el estudio y que el apoyo de los iguales en materia de aprendizaje escolar tiene un efecto mayor en las chicas que en los chicos. Además, las chicas que tienen éxito en las ciencias tienden a tener madres con elevadas expectativas educativas y que se preocupan de los progresos escolares de sus hijas.

15. En cuanto al rendimiento en Ciencias, nuestro estudio revela que la media global de las mujeres (489,87 puntos PISA) se sitúa por debajo de la de los hombres (499,25), una vez controlado el efecto del ISEC; no obstante, las correspondientes diferencias varían en función de los factores considerados.

16. Las mujeres que eligen 'Técnicos en ciencia y profesionales asociados' como futura opción profesional (531,33 puntos PISA) superan a los hombres que también eligen este grupo profesional (497,58) si bien su presencia es algo inferior (0,3% vs. 0,4%); la misma relación se observa en 'Profesionales de las TIC' con una media para las mujeres de 520,33 puntos frente a los 497,56 puntos obtenidos por los hombres, con una presencia en este caso bastante inferior (0,4% *vs*. 3,5%). La perspectiva de la probable doble direccionalidad de la conexión causal –las chicas con elevada vocación científico-tecnológica suelen obtener mejores resultados en Ciencias y las chicas con los mejores resultados en Ciencias suelen inclinarse hacia una vocación relacionada con las Ciencias y la Tecnología– abre una puerta a la posibilidad fundada de estimular una transferencia de las chicas hacia las opciones de futuro profesional STEM, operando para ello sobre políticas y prácticas educativas que mejoren su rendimiento en Ciencias y faciliten una buena orientación profesional.

17. En nuestros análisis por comunidades autónomas, destaca el hecho de que la variable sexo no tenga, por sí sola, efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en Ciencias en las comunidades autónomas de Aragón, Baleares, Cantabria, Castilla la Mancha, Extremadura, Galicia, La Rioja, Navarra y País Vasco. En todas éstas, el efecto conjunto de sexo y vocación científica, es significativo, así como el efecto de la vocación científica considerado aisladamente, pero no lo es por sí solo el de la variable sexo. Si lo es, no obstante, en Andalucía, Asturias, Canarias, Castilla y León, Cataluña, Madrid, Murcia y la Comunidad Valenciana.

18. Uno de los desafíos, en concreto de España y de sus comunidades autónomas, en materia de progreso económico y social pivota sobre su capacidad para incrementar, en las próximas décadas, el porcentaje de titulados superiores en enseñanzas STEM. Por las actitudes de las chicas ante el estudio en comparación con las de los chicos, existe una manera eficiente de generar ese incremento que consiste en elevar la contribución de las mujeres a dicho porcentaje y facilitar, de un modo más amplio que en la actualidad, el desarrollo de las potencialidades científico-tecnológicas de esa otra mitad de la población.

19. Los análisis de correlación realizados entre las diferentes subescalas de ciencias con las puntuaciones en Comprensión Lectora (CL) y en Matemáticas (MAT) para la muestra nacional indican, en lo esencial, lo siguiente:

    - Elevados valores, en todos los casos, de los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables consideradas, así como su significatividad estadística.
    - Una superioridad sistemática de las correlaciones con Matemáticas frente a las correspondientes con Comprensión Lectora.
    - La correlación más alta (0,926) se da entre el 'conocimiento procedimental y epistémico' y el rendimiento en Matemáticas, siendo también la correlación más alta con el área de Comprensión Lectora (0,918) la que corresponde con el 'conocimiento procedimental y epistémico'.

20. La realización de esos mismos análisis por comunidades autónomas pone de manifiesto que esos rasgos descritos más arriba para la muestra nacional se preservan, en términos generales, para

las comunidades autónomas, en este caso como tendencias. Del mismo modo, parece apreciarse una cierta inclinación hacia valores superiores de los coeficientes de correlación en aquellas comunidades autónomas con menores valores de rendimiento en Ciencias, lo que indicaría que la fuerza de la correspondiente relación es más intensa en tales comunidades autónomas. Ello podría aludir a una mayor homogeneidad de las submuestras que es capaz de compensar, con creces, su inferior extensión.

21. Un análisis multivariable ha puesto de manifiesto la existencia de una relación inversa y estadísticamente significativa entre la variable 'apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción' con el rendimiento en Ciencias, para todas y cada una de las comunidades autónomas. Este resultado contraintuitivo podría ser explicado por el hecho de que son los alumnos que parten de una situación de mayor desventaja los que, por lo general, más apoyo reciben.

22. Se ha advertido que la variable 'instrucción directa por parte del profesor' presenta una relación directa y estadísticamente significativa en todas y cada una de las comunidades autónomas, con el rendimiento en Ciencias, mientras que las 'prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación' muestran una relación con el rendimiento de carácter inverso. Este resultado se alinea con las evidencias disponibles en relación con la influencia de diferentes metodologías sobre el rendimiento escolar y advierte sobre la necesidad de administrar con prudencia estos recursos que son valiosos para la educación científica si se integran en una estrategia didáctica compuesta y modulable que tome en consideración las necesidades individuales de los alumnos y sus variables de contexto.

23. Es de destacar el importante poder predictivo de la variable 'disfrute con la ciencia' con respecto al rendimiento, lo que alude a la importancia de la motivación intrínseca de los alumnos. No obstante, ésta puede ser alimentada previamente por el estilo de enseñanza del profesor, por su capacidad de transferir a los alumnos expectativas positivas con respecto a la materia y por los propios resultados académicos que operan de acuerdo con un mecanismo circular: el disfrute influye sobre el rendimiento que influye, a su vez, sobre el disfrute.

24. El 'clima de disciplina escolar' es otro de los predictores del rendimiento en Ciencias que ha resultado positivo y significativo –como cabría esperar– para todas y cada una de las comunidades autónomas. Muy probablemente mantenga con el rendimiento una conexión causal asimismo circular.

25. Al replicar el análisis multivariable anterior para las diferentes subescalas del rendimiento en Ciencias, se ha observado un patrón de influencia de los predictores sobre cada una de las variables dependientes –subescalas– análogo al precedente, lo que refuerza la consistencia del modelo. Aun cuando los diferentes valores de R^2 muestran pequeñas variaciones entre ellos, es la competencia 'Explicar los fenómenos científicamente' (R^2=29,2) y el 'Conocimiento de contenidos' (R^2=29,4) las variables mejor explicadas por nuestro modelo.

26. La aplicación de un modelo de regresión logística binaria multivariante a cada una de las diecisiete comunidades autónomas para un análisis predictivo de la 'vocación STEM' (si/no) indica la existencia de tres predictores que han resultado estadísticamente significativos en todos los modelos: sexo, nivel en Ciencias y disfrute con las Ciencias. Este resultado es consistente con los obtenidos en nuestros análisis precedentes y apunta a la naturaleza de aquellas políticas y prácticas educativas sobre las que resulta necesario actuar a fin de preparar a la sociedad española para algunos de los desafíos del presente siglo.

27. El valor de R^2=0,22 de la relación entre absentismo escolar y rendimiento en Ciencias revela una intensidad moderada de la correspondiente relación que da cuenta de la conexión causal en el sentido *absentismo → rendimiento* así como de la correspondiente al sentido opuesto. Este resultado observacional abre la puerta a una recomendación a las administraciones educativas y a los propios centros docentes de operar sobre la reducción de los niveles de absentismo como medio para incrementar el rendimiento escolar, particularmente en Ciencias.

28. Un análisis de cuadrantes nos remite, como situación que más atención reclama, al quinteto formado por las comunidades autónomas de Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia que ocupan el 'cuadrante pésimo', correspondiente en este caso a valores de absentismo escolar situados por encima de la media nacional y a valores de rendimiento en Ciencias inferiores a dicha media. Esta circunstancia requiere intervenciones, tanto a nivel de los centros como de los órganos externos de control de los mismos, para operar en esa doble dirección: *absentismo → rendimiento* y *rendimiento → absentismo*.

29. Los análisis de regresión lineal simple efectuados en la edición de PISA 2015, a nivel internacional, entre la tasa de repetición en cursos anteriores de los alumnos de 15 años y su rendimiento en Ciencias han arrojado una cifra de R^2=0,12 para el conjunto de los países participantes en el estudio. Cuando se aplica la misma metodología al caso de España se obtiene un valor de R^2=0,28. Ello supone que el 28% de la varianza del rendimiento en Ciencias es explicada por las diferencias en las tasas de repetición. Además, el porcentaje correspondiente de estudiantes que han repetido al menos un curso, resulta ser de 31% en España lo que duplica la cifra correspondiente de la Unión Europea (15%). El porcentaje de alumnos repetidores varía en las comunidades autónomas entre el 21% en Cataluña y el 40% en las Islas Baleares.

30. Existen en España diferencias importantes en cuanto a la tasa de alumnos repetidores en función del nivel socioeconómico y cultural de los estudiantes (ISEC). Así, el 45,6% de los alumnos repetidores se sitúan en el cuartil inferior del ISEC mientras que solo 11,6% de esos alumnos se sitúan en el cuartil superior. Sin postular ningún tipo de determinismo social, parece claro, a la luz de los datos anteriores, que en términos probabilísticos la repetición escolar es un fenómeno claramente vinculado al nivel socioeconómico y cultural de los alumnos.

31. El análisis de cuadrantes efectuado a partir de la relación entre rendimiento en Ciencias y repetición escolar ha situado en el 'cuadrante pésimo' (porcentaje de repetición superior a la media nacional y puntuación en Ciencias inferior a la media) las comunidades autónomas de Andalucía,

Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia lo que apela a una actuación singular en tales comunidades autónomas destinada a reducir la tasa de repetición escolar.

32. Existe una abundante evidencia empírica que muestra la estrecha relación existente entre la implicación parental y el rendimiento escolar y que fundamenta, por tanto, la consideración de este factor como relevante a la hora de concebir e implementar, a nivel de centro educativo, políticas para la mejora del rendimiento en Ciencias.

33. Del análisis de regresión múltiple efectuado se deduce que el apoyo emocional de los padres, así como su opinión acerca de la calidad del centro al que acuden sus hijos, son los predictores que presentan efectos estadísticamente significativos y positivos en el rendimiento en Ciencias. Por otra parte, es la visión de la ciencia por parte de las familias, la variable que, después del ISEC, parece tener un efecto más destacado sobre el rendimiento en Ciencias.

8.2 Recomendaciones

A la vista de las anteriores conclusiones, se formulan las siguientes recomendaciones en el terreno de las políticas educativas y de las prácticas docentes:

1. En el marco deseable de una necesaria estrategia nacional de adaptación del país a la revolución del conocimiento y de la información, particularmente el conjunto de comunidades autónomas que presentan bajos valores tanto de rendimiento en Ciencias, como de vocaciones STEM (Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y Murcia) deberían ser objeto de una especial atención, mediante el desarrollo de los siguientes grupos de políticas:
   - Políticas destinadas directamente a mejorar el rendimiento en ciencias y que son competencia tanto del Estado (modelo de profesión docente, recuperación de la especialidad de Ciencias para los Maestros, ordenación general del currículo, concepción de la dirección escolar) como de las Comunidades autónomas (gestión de los centros, formación permanente del profesorado, implementación del sistema de estímulos, ordenación académica complementaria).
   - Políticas destinadas directamente a incrementar las vocaciones STEM y que son competencias del Estado (mejora en la concepción del sistema de orientación profesional) y, en mayor medida, de las comunidades autónomas (desarrollo de la orientación profesional, campañas institucionales apoyadas en instrumentos tales como Foros por la Ciencia y la Tecnología, Semana de la Ciencia y la Tecnología, Competiciones científicas, etc.).
2. La mejora, a la vez, del rendimiento en Ciencias y de las concepciones epistémicas de los alumnos –que concierne, especialmente, a Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y el País Vasco– requiere incidir, de un modo sustantivo, sobre la calidad de la enseñanza de las ciencias, para lo cual se formulan las siguientes recomendaciones en el terreno de la práctica docente:
   - Incorporar al desarrollo de los currículos de Ciencias objetivos alineados con aspectos epistemológicos del conocimiento científico.

- Organizar situaciones de aprendizaje, en torno a las prácticas de laboratorio o a simulaciones virtuales, que familiaricen a los alumnos con la formulación de hipótesis y con su contrastación empírica, a la luz de los datos generados en dichas actividades prácticas.
- Diseñar experimentos que permitan poner a prueba, de un modo empírico, algunas de las concepciones espontáneas –o alternativas– de los alumnos, a fin de habituarles a ser cautos ante las posiciones apriorísticas o ante las afirmaciones de aparente 'sentido común'.
- Utilizar los informes de laboratorio como ejercicios de simulación de la actividad científica análoga, a su nivel, a la elaboración de trabajos científicos para publicar en revistas especializadas; ello fuerza a los alumnos a realizar procesos de elaboración intelectual en los cuales las formulaciones o interpretaciones personales han de ser coherentes con las evidencias observadas.
- Recurrir, como uno de los componentes de la enseñanza de las ciencias, a la metodología propia del 'aprendizaje basado en proyectos', en el bien entendido de que, de conformidad con la evidencia disponible, ha de tratarse de un elemento inserto en una estrategia didáctica más amplia combinada con la instrucción directa.
- Promover 'aprendizajes profundos' que se caracterizan por un elevado nivel de comprensión de los fenómenos, de su base conceptual y teórica, de sus mecanismos causa-efecto, de su significado y de la transferibilidad. Esos aprendizajes profundos mejoran el rendimiento en Ciencias, a la vez que facilitan la consolidación en la mente de los alumnos de esas habilidades metacognitivas, que se han dado en llamar, en el estudio PISA, 'convicciones epistémicas'.

3. De conformidad con las evidencias generadas en nuestros análisis sobre la brecha de género en materia de Ciencias, particularmente en las comunidades autónomas más destacadas se deberían implementar políticas y prácticas educativas destinadas a reducir dicha brecha, en torno a los siguientes ejes principales:
   - Enfocar la enseñanza de las ciencias de modo que se faciliten los aprendizajes profundos.
   - Promover situaciones de aprendizaje científico de carácter cooperativo.
   - Promover la implicación parental, en especial de las madres, en la escolaridad de las alumnas en el área de Ciencias.
   - Atender las necesidades específicas de orientación de las alumnas en el marco de una concepción reforzada de la orientación profesional para todos.
   - Concebir e implementar, por parte de las administraciones educativas, políticas efectivas destinadas a orientar, facilitar y apoyar a los centros educativos y a su profesorado de Ciencias para poder actuar, con garantías de éxito, en el ámbito de su competencia.
4. La reducción directa del absentismo escolar requiere operar del lado de las normas que facilitan la generación de hábitos; y, a través de ellos, de la incorporación de valores que orientan los comportamientos de los alumnos. Es por tal motivo por lo que la definición de protocolos com-

pletos de lucha contra el absentismo de los alumnos en los centros educativos –protocolos que impliquen a todo el personal del centro, a las familias y a las autoridades locales– ha dado excelentes resultados en algunas de las comunidades autónomas que están situadas en el 'cuadrante óptimo' de su relación con el rendimiento en Ciencias, o en sus proximidades. Y en este punto, las actividades de formación, primero, para la elaboración de protocolos efectivos, y de control, después, a través de la Inspección educativa, así como la suscripción de convenios con las autoridades locales para dicho fin, constituyen responsabilidades indiscutibles de las administraciones educativas en los centros escolares de titularidad pública.

5. Por la vinculación existente entre el absentismo escolar de los alumnos y su nivel socioeconómico y cultural, procede priorizar aquellas políticas generales dirigidas, particularmente, a centros que escolarizan, en una proporción notable, a alumnos socialmente desfavorecidos, en particular las siguientes:
   - Privilegiar las políticas compensatorias centradas en los alumnos socialmente desfavorecidos y evaluar sistemáticamente su grado de eficacia.
   - Desarrollar planes específicos sobre centros que, de acuerdo con indicadores objetivos definidos al efecto y referidos a aspectos socioeconómicos y socioculturales, requieran una intervención prioritaria de los poderes públicos.
   - Evaluar el impacto de tales planes para asegurar, y en su caso reorientar, los procesos de mejora.

6. La notable influencia que presenta la repetición de curso en España sobre el rendimiento en Ciencias y su vinculación con el ISEC de los alumnos ponen de manifiesto que la política consistente en la mera 'repetición' no resulta eficaz si no va acompañada de actuaciones de atención personalizada –o de 'instrucción adaptativa' como lo denomina PISA 2015– orientadas a reducir dicho fenómeno; así como de políticas propiamente compensatorias más efectivas. No se trata, pues, de eliminar la repetición por la vía administrativa más simple, consistente en erradicar su presencia de las leyes, sino de concebir e implementar esas políticas más eficaces que permitan elevar el nivel de los alumnos que más lo necesitan. Tales actuaciones han de iniciarse pronto en su *cursus* escolar, mucho antes de comenzar la Educación Secundaria Obligatoria, pues la edad de 15 años es demasiado tardía para corregir desfases escolares de tal magnitud. Por ello, se debería poner remedio a este problema desde los primeros años de la Educación Primaria.

7. A tenor de los resultados obtenidos en la presente investigación, en relación con la influencia de la implicación parental sobre el rendimiento, políticas de mejora deberían ser concebidas e implementadas, al nivel de los centros educativos, por las administraciones educativas y por los propios centros. Ente las primeras, cabría formular las siguientes:
   - Favorecer la implicación parental mediante su incorporación a la legislación educativa de un modo adecuado.

- Desarrollar políticas de formación eficaces dirigidas a los centros docentes y, a través de estos, a las propias familias, de modo que, sobre la base de la evidencia disponible, contribuyan a persuadir a unos y a otros de su importancia y les orienten sobre los procedimientos más efectivos.
- Difundir el desarrollo de 'buenas prácticas' evaluadas positivamente y ponerlas a disposición de los procesos de formación.
- Favorecer la cooperación entre familia y escuela en los ámbitos que corresponda.
- Promover, de forma prioritaria, este tipo de políticas en aquellos centros situados en entornos desfavorecidos en los cuales, como muestra la investigación, su impacto es superior.

8. En el caso de las actuaciones protagonizadas por los centros, se proponen las siguientes:
   - Promover la incorporación de la problemática de la implicación parental al programa formativo de los propios centros, asegurando su fundamentación científica e incluyendo los análisis de casos que hayan sido convenientemente evaluados.
   - Promover la creación de un clima cooperativo y de confianza entre las partes que estimule en los padres el sentimiento de pertenencia al centro y facilite un compromiso efectivo de partenariado entre familia y escuela. Incluso, cuando fuese necesario, mediante la suscripción por escrito de 'contratos' en los que se fijen, sin ambigüedad, los compromisos que asumen las partes para apoyar el progreso escolar de sus hijos.
   - Establecer mecanismos fluidos de información y de comunicación con los padres a través de los cauces ordinarios.

9. Referencias

- ALMLUND, M. *et al*. (2011). *Personality psychology and economics*. En E. A. Hanushek, S. Machin, and L.Wößmann (Eds.), *Handbook of the Economics of Education*, Volume 4, –181. Amsterdam: Elsevier.
- ALEXAKOS, K.; ANTOINE, W. (2003). «The Gender Gap in Science Education. Strategies to encourage female participation in science». *Science teacher* (Normal, Ill.) January 2003. <https://www.researchgate.net/publication/234654925_The_Gender_Gap_in_Science_Education>
- AMES, C.; ARCHER, J. (1988). «Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivation process». *Journal of Educational Psychology* 80:(3).
- ANANIADOU, K.; CLARO, M. (2009), «21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries». *OECD Education Working Papers*, No. 41. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/218525261154>.

- ARTUCH GARDE, R; GONZÁLEZ FELIPE, P; PASCUAL ASURA, A; SANZ MORENO, A. (2015). *Idoneidad y repetición en el sistema educativo en Navarra*. Pamplona: Consejo Escolar de la Comunidad Foral de Navarra.
- AUSUBEL, P. D.; N0VAK J. D.; HANESIAN, H. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BACHELARD, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. (16ª ed. 1984). Paris: PUF.
- BANDURA, A. (1994). *Self-efficacy. In Encyclopedia of Human Behavior*, Ed. V.S. Ramachaudran, Vol. 4 , pp. 71–81. New York: Academy Press.
- BELINCHÓN, J. *et al*. (2009). *Fortalecer los compromisos entre familia y escuela. Un ejemplo de buena práctica.* Instituto de Educación Secundaria 'Mariano José de Larra'. Madrid: Consejo Escolar de la Comunidad de Madrid. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001894.pdf>.
- BHARADWAJ, P.; DE GIORGI, G.; HANSEN, D.; NEILSON, C. A. (2016). «The Gender Gap in Mathematics: Evidence from Chile». *Economic Development and Cultural Change*. <www.journals.uchicago.edu by 84.78.24.117>.
- BIAC (2016). *Business Priorities for Education. A BIAC Discussion Paper*. <http://biac.org/wp-content/ uploads/2016/06/16-06-BIAC-Business-Priorities-for-Education1.pdf>
- BORGHANS, L. *et al.* (2008). «The economics and psychology of personality traits». J*ournal of Human Resources,* 43 (4), pp. 972–1059.
- BREDA, T.; LY, S. T. (2012). «Do Professors Really Perpetuate the Gender Gap in Science? Evidence from a Natural Experiment in a French Higher Education Institutions». Centre for the Economics of Education, London School of Economics. London: Houghton Street. <http://cee.lse.ac.uk/ceedps/ceedp138.pdf>.
- BROWN, C.; CORORAN, M. (1997). «Sex-Based Differences in School Content and the Male Female Wage Gap». *Journal of Labor Economics , pp.431-465*.
- CARROLL, J. B. (1993). *Human cognitive abilities*. New York: Cambridge University Press.
- CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO. E.; GAVIRIA, J. L. (2014). «Evaluación del impacto de la participación familiar sobre la competencia matemática en PISA 2012. Un estudio internacional comparado». En CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *La participación de las familias en la educación escolar.* Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO. E.; GAVIRIA, J. L. (2015). «Parental involvement on student academic achievement: A meta-analysis». *Educational Research Review*, 14, pp. 33–46.
- CAVERO CLERENCIA, J. M.; RUIZ QUEJIDO, D. (2017). *Educación para la innovación y el emprendimiento: una educación para el futuro. Recomendaciones para su impulso*. Madrid: Real Academia

de Ingeniería. <http://www.raing.es/sites/default/files/EDUCACION_PARA_INNOVACION_Web.pdf>.

- CEDEFOP (2016). *Skill Shortage and Surplus Occupations in Europe*. Thessaloniki, Greece: European Centre for the Development of Vocational Training. http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/skillstheme/matching-skills-and-jobs
- CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2009). «Conclusiones del Consejo, de 12 de mayo de 2009, sobre un marco estratégico para la cooperación europea en el ámbito de la educación y la formación (ET 2020)». Diario Oficial de la Unión Europea. <OJ C 119, 28/5/2009>
- CONSEJO ESCOLAR DE LA COMUNIDAD DE MADRID (2011). *Informe 2011 sobre la situación de la Enseñanza no Universitaria en la Comunidad de Madrid*. Madrid: Consejería de Educación y Empleo.
- CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2012). *Informe 2012 sobre el estado del sistema educativo.* Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *La participación de las familias en la educación escolar*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- CHERYAN, S., ZIEGLER, S.A., MONTOYA, A.K. & JIANG. L. (2017). «Why Are Some STEM Fields More Gender Balanced Than Others?». *Psychological Bulletin*, 143(1), 1-35. <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000052>.
- DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN DE ESTADOS UNIDOS (2013). *Promoting Grit, Tenacity, and Perseverance: Critical Factors for Success in the 21st Century*. Washington: Office of Educational Technology.
- DOWNER, D. F. (1991). «Review of Research on Effective Schools». *McGill Journal of Education,* vol. 26, n.º 3, pp. 323-331.
- EUROPEAN COMMISSION (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education. Brussels: European Commission.
- EURYDICE (2011) «La repetición de curso en la educación obligatoria en Europa; normativa y estadísticas». Bruselas: EACEA P9 EURYDICE.
- EU STEM Coalition (2015). <www.stemcoalition.eu>.
- FADEL, C.; BIALIK, M.; TRILING, B. (2015). *Four-Dimensional Education. The Competence Learners Need Succeed*. Center for Curriculum Redesign. <http://curriculumredesign.org/our-work/four-dimensional-21st-century-education-learning-competencies-future-2030/>.
- FULLAN, M. (2007). *The new meaning of educational change*. New York: Routledge.
- FUNDACIÓN TELEFÓNICA (2014). *Incrementar las vocaciones STEM entre los jóvenes*. <https://top100desafio.fundaciontelefonica.com/incrementar-las-vocaciones-stem-entre-los-jovenes/>.

- GAGNÉ, R. M. (1980). «Learnable Aspects of Problem Solving». *Educational Psychologist*, 15 (2), pp. 323-331.
- GIL PÉREZ, D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas.» *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), pp. 111-121.
- HANSON, S. L. (1996). *Lost Talent: Women in the Sciences*. Philadelphia: Temple University Press.
- HATTIE, J. (2003). «Teachers Make a Difference: What is the research evidence?». *Australian Council for Educational Research Annual Conference on: Building Teacher Quality*. October 2003, pp 1-17.
- HECKMAN, J. J.; KAUTZ, T. (2012). «Hard evidence on soft skills». *Labour Economics*, 19 (4), pp. 451–464. Adam Smith Lecture.
- HOFER, B. K.; PINTRICH, P. R. (1997). «The development of epistemic theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning». *Review of Educational Research*, 67, pp. 88-140.
- HUNT, J.; GARANT, J. P.; HERMAN, H.; MUNROE, D. J. (2012). «Why Don't Women Patent?». *NBER Working Paper*.
- JEYNES, W. H.(2012). *Parental Involvement and Academic Success*. New York: Routledge.
- KHAZAN, O. (2018) «The More Gender Equality. The fewer Women in STEM». *The Atlantic*, Feb 18. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2018/02/the-more-gender-equality-the-fewer-women-in-stem/553592/>.
- KAUTZ, T.; J. HECKMAN, J. J.; DIRIS, R.; WEEL, B.; BORGHANS, L. (2014). "Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non-Cognitive Skills to Promote Lifetime Success". *OECD Education Working Papers*, No. 110, Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5jxsr7vr78f7-en>.
- LANGDON, D.; MCKITTRICK, G.; BEEDE, D.; KHAN, B.; DOMS, M. (2011). *STEM: Good Jobs Now and for the Future*. Washington: U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics administration. <http://www.esa.doc.gov/sites/default/files/stemfinalyjuly14_1.pdf>.
- LENT, R. W.; LÓPEZ J. A. M.; LÓPEZ, F. G.; SHEU, H. B. (2008). «Social cognitive career theory and the prediction of interests and choice goals in the computing disciplines». *Journal of Vocational Behavior*, vol. 73/1, pp. 52-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvb.2008.01.002>.
- LÓPEZ LÓPEZ, E. (2006). «El Mastery Learning a la luz de la investigación educativa». *Revista de Educación*, 340. Mayo-agosto, pp. 625-665.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1986). *Cómo estudiar Física*. Madrid/Barcelona: Ministerio de Educación y Ciencia & Ed. Vicens-Vives.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1990) . «Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden». *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 50-61.

- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1991). *Organización del conocimiento y resolución de problemas en física*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1994). *Más allá de las partículas y de las ondas. Una propuesta de inspiración epistemológica para la educación científica*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1996)- «Física, epistemología y educación científica. Una aproximación transdisciplinar». *Arbor*, CLIII, 601, pp. 67-103.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2001). *Preparar el futuro. La educación ante los desafíos de la globalización*. Madrid: La Muralla.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2008). «La Educación Pública Prioritaria de la Comunidad de Madrid y el reto de la integración de la población socialmente desfavorecida». En *Políticas educativas para la cohesión social,* pp*. 319-352*. Madrid: Comunidad de Madrid &Fundación Europea Sociedad y Educación.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2009). «Las competencias básicas en el marco de la Unión Europea». En VV.AA. *Ser competente desde el entorno escolar,* pp. 53-62. Madrid: El Corte Inglés.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2014). *Fortalecer la profesión docente. Un desafío crucial*. Madrid: Narcea Ediciones.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F.; PALACIOS GÓMEZ, C. (1988). *La exigencia cognitiva en física básica. Un análisis empírico*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Valores y éxito escolar ¿Qué nos dice PISA 2015?* Madrid: Universidad Camilo José Cela. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/valoresyexito_171116.pdf>.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E. (2018). *Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas. Financiación pública y políticas de mejora*. Madrid: Universidad Camilo José Cela. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/eficacia-eficiencia-equidad_ccaa-3.pdf>.
- MARINA, J. A. (2017). *El bosque pedagógico*. Barcelona: Ariel.
- MASON, L.; BOSCOLO, P.; TORNATORA, M. C.; RONCONI, L. (2013). «Besides knowledge: A cross-sectional study on the relations between epistemic beliefs, achievement goals, self-beliefs, and achievement in science». *Instructional Science*, 41(1), pp. 49-79. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9210-0>.
- MATTHEWS, M. R. (ed.) (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- MÁRQUEZ, J. (2017). «Por qué la repetición puede ser injusta.» <https://politikon.es/2017/09/05/por-que-la-repeticicion-puede-ser-injusta/>.

- MÉNDEZ, I.; ZAMARRO, G.; GARCÍA CLAVEL, J.; HITT, C. (2015). «Habilidades no cognitivas y diferencias de rendimiento en PISA 2009 entre las Comunidades Autónomas españolas». *Participación Educativa*, 2.ª época, 4(6), pp. 51-61.
- MOURSHED, M.; KRAWITZ, M.; DORN, E. (2017). *How to improve student educational outcomes: New insights from data analytics*. <https://www.mckinsey.com/industries/social-sector/our-insights/how-to-improve-student- educational-outcomes-new-insights-from-data-analytics>.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2007). *Science and Engineering Degrees*: *1966–2004*. NSF 07-307 | January 2007. National Science Foundation. Washington, DC: The National Academies Press. <https://cse.sc.edu/~buell/References/FederalReports/nsf07307degreesawarded.pdf>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Committee on Defining Deeper Learning and 21st Century Skills, J.W. Pellegrino and M.L. Hilton, Editors. Board on Testing and Assessment and Board on Science Education, Division of Behavioural and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2001). Educating Teachers of Science, Mathematics, and Technology. New Practices for the New Millenium. (p. 16). Washington, DC: The National Academy Press.
- OAKES, J. (1990). *Lost Talent: The Underparticipation of Women, Minorities, and Disabled Persons in Science*. Santa Monica: Rand Corporation.
- OECD (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I)*. PISA. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264091450-en>.
- OECD (2012). *Equity and Quality in Education. Supporting Disadvantages Students and Schools*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I, Revised edition, February 2014)*. PISA. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>.
- OECD (2016a). *PISA 2015 Results. Excellence and equity in education. Vol. I*. Paris: OECD Publishing. <https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-results-volume-i_9789264266490-en>.
- OECD (2016b). *PISA 2015. Results (Volume II): Policies and Practices for Successful Schools*. PISA. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264267510-en>.
- OECD (2016c). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. PISA. Paris: OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>.
- OECD (2017). *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*. Chapter C. Paris: OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2017-en>.

- PENNER, A. M. (2015). «Gender inequity in science». *Science*, 347 (6219), pp. 234-235. DOI:10.1126/Science.aaa3781.
- PETERSON, N. G.; MUMFORD, M. D.; BORMAN, W. C.; JEANNERET, P. R.; FLEISHMAN, E. A. (Eds.). (1999). *An occupational information system for the 21st century: The development of O*NET*. Washington, DC: American Psychological Association.
- RANDSTAD RESEARCH (2016). *La digitalización: ¿crea o destruye empleo?* Madrid: Randstad Research. <https://research.randstad.es/wpcontent/uploads/2017/05/randstadinformeflexibility2016.pdf>.
- REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA (2018). El estado de la enseñanza de la Física en la educación secundaria. Madrid: RSEF. (Comunicación personal, pendiente de publicación).
- REIG MARTÍNEZ, E.; PÉREZ GARCÍA, F.; QUESADA IBAÑEZ, J.; SERRANO MARTÍNEZ, L.; ALBERT PÉREZ, C.; BENAGES CANDAU, C.; PÉREZ BALLESTER, J.; SALAMANCA GONZALES, J. (2016). *La competitividad de las regiones españolas ante la Economía del Conocimiento*. Valencia: IVIE-Fundación BBVA.
- RYCHEN, D. S.; SALGANIK, L. H. (Eds.) (2006). *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico*. Málaga: Aljibe.
- RODRÍGUEZ-MANTILLA, J. M.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, M. J.; JOVER OLMEDA, G. (2018). «PISA 2015: Predictores del rendimiento en Ciencias en España». *Revista de Educación*, 380. Abril-Junio, pp. 75-102.
- ROBERTS, B. W. *et al*. (2007, December). «The power of personality: The comparative validity of personality traits, socioeconomic status, and cognitive ability for predicting important life outcomes». *Perspectives in Psychological Science* 2 (4), pp. 313–345.
- ROMERO-ARIZA, M. (2017). «El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), pp. 286–299.
- ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. Econometrics of engineering skills project (2012). *Jobs and growth: the importance of engineering skills to the UK economy*. London: Royal Academy of Engineering. <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/jobs-and-growth >.
- SAWYER, R.K. (2008). «Optimizing Learning: Implications of Learning Sciences Research». *Innovating to Learn. Learning to Innovate*. Paris: OECD Publishing.
- SCHWEINHART, L. J.; MONTIE, J.; XIANG, Z.; BARNETT W. S.; BELFIELD, C. R.; NORES, M. (2011). *The High/Scope Perry Preschool Study Through Age 40. Summary, Conclusions, and Frequently Asked Questions*. <http://nieer.org/wp-content/uploads/2014/09/specialsummary_rev2011_02_2.pdf>.
- SHAYER, M. (1978). «The analysis of science curricula for Piagetian level of demand». *Studies in Science Education*, 5, pp. 125-130.

- SHUELL, T. J. (1985). «Knowledge Representation Cognitive Structure and School Learning: A Historical Perspective». *Cognitive Structure and Conceptual Change*, pp. 117-129.
- SHWAB, K. (2016). *Cuatro principios de liderazgo de la cuarta revolución industrial*. <www.weforum.org/es/agenda/2016/10/cuatro-principios-de-liderazgo-de-la-cuarta-revolucion-industrial>.
- SILVA AYÇAGUER, L. C.; BARROSO UTRA, I. M. (2004). *Regresión logística*. Madrid: La Muralla.
- STAGE, F. K.; P. KLOOSTERMAN (1995). «Gender, beliefs, and achievement in remedial college-level mathematics». *Journal of Higher Education*, 66(3), pp. 294–311.
- STOET, G.; GEARY, D. C. (2018). «The Gender-equality Paradox in Science, Technology, Engineering and Mathematics Education». *Psychological Science*, 29 (4), pp. 581-393.
- TEDESCO, J. C. (1995). *El nuevo pacto educativo*. Madrid: Anaya.
- THE ECONOMIST (2017). «The gender gap in Science». Mar 10th 2017. <https://www.economist.com/graphic-detail/2017/03/10/the-gender-gap-in-science>.
- THE PROJECT APPROACH (2014). <http://projectapproach.org/about/project-approach/>.
- THOMAS, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-based Learning*. <http://www.bie.org/index.php/site/RE/pbl_research/29>
- TRILLING, B.; FADEL, C. (2009). *21st Century Skills*. San Francisco: Jossey Bass.
- UNESCO (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*. Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002534/253479e.pdf>.
- UNIÓN EUROPEA (2006). «Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente». Diario oficial de la Unión Europea, 30/12/2006.
- VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M. A. (2018). «El conocimiento epistémico en la evaluación de la competencia científica en PISA 2015». *Revista de Educación*, 380, Abril-Junio 2018, pp. 103-128.
- WEBB, N. L. (1997). *Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education*. Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph. Washington DC: The National Institution for Science Education,
- WEF (2016). *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf>.
- WEINBERGER, C. J. (1998). «Race and Gender Wage Gaps in the Market for Recent College Graduates». *Industrial Relations*, pp. 67-84.

- WEINBERGER, C. J. (1999). «Mathematical College Majors and the Gender Gap in Wages». *Industrial Relations*, pp. 407-13.
- WEINBERGER, C. J. (2001). «Is Teaching More Girls More Math the Key to Higher Wages?» en King, M. C. *Squaring Up: Policy Strategies to Raise Women's Incomes in the U.S*. University of Michigan Press.
- WEINERT, F. W. (1999). «Concepts of Competence. Definition and Selection of Competencies. Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)». SFSO, NCES, OECD (Documento interno). (p. 10).
- WIGFIELD, A.; ECCLES, J. S. (2000). «Expectancy–value theory of achievement motivation». *Contemporary Educational Psychology*, vol. 25/1, pp. 68-81. <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>.
- WILLETT, J. B.; YAMASHITA, J. J. M.; ANDERSON, R. D. (1983). «A metaanalysis of instructional systems applied in science teaching». *Journal of Research in Science Teaching*, 20, pp. 405-417.

La educación científica en las comunidades autónomas. Conocimientos y competencias a la luz de PISA 2015

Anexo

Tabla A1
Puntuaciones medias en el área de Ciencias, según la competencia científica, en las comunidades autónomas. PISA 2015

	Rendimiento en Ciencias	Explicar fenómenos científicamente	Evaluar y concebir investigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científicamente
España	493	495	495	494
Andalucía	473	474	470	476
Aragón	508	510	499	509
Asturias	501	507	497	504
Baleares	485	489	482	482
Canarias	475	476	470	475
Cantabria	496	495	496	490
Castilla y León	519	519	515	521
Castilla-La Mancha	497	501	491	496
Cataluña	504	503	506	504
Com. Valenciana	494	494	490	493
Extremadura	474	480	468	471
Galicia	512	512	509	513
Comunidad de Madrid	516	518	513	515
Región de Murcia	484	489	480	481
Com. Foral de Navarra	512	515	509	514
País Vasco	483	483	480	485
La Rioja	498	503	496	495

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

Tabla A2
Puntuaciones medias en el área de Ciencias, según el área de contenido, en las comunidades autónomas. PISA 2015

	Rendimiento en Ciencias	Sistemas físicos	Sistemas vivos	Sistemas de la Tierra y el Espacio
España	493	488	494	497
Andalucía	473	469	474	478
Aragón	508	503	508	509
Asturias	501	494	503	508
Baleares	485	477	487	493
Canarias	475	470	473	477
Cantabria	496	493	497	497
Castilla y León	519	515	519	522
Castilla-La Mancha	497	493	497	501
Cataluña	504	499	506	506
Com. Valenciana	494	490	494	495
Extremadura	474	467	476	479
Galicia	512	503	511	523
Comunidad de Madrid	516	511	518	518
Región de Murcia	484	478	483	489
Com. Foral de Navarra	512	503	512	516
País Vasco	483	480	483	487
La Rioja	498	495	494	496

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

Tabla A3
Puntuaciones medias en el área de Ciencias, según el tipo de conocimiento, en las comunidades autónomas. PISA 2015

	Rendimiento en Ciencias	De contenido	Procedimental y epistémico
España	493	495	493
Andalucía	473	474	473
Aragón	508	509	506
Asturias	501	505	499
Baleares	485	491	482
Canarias	475	474	475
Cantabria	496	496	496
Castilla y León	519	519	519
Castilla-La Mancha	497	499	496
Cataluña	504	503	506
Com. Valenciana	494	494	494
Extremadura	474	478	471
Galicia	512	517	509
Comunidad de Madrid	516	517	515
Región de Murcia	484	486	479
Com. Foral de Navarra	512	517	513
País Vasco	483	484	484
La Rioja	498	499	495

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

Tabla A4
Puntuaciones medias en el área de Ciencias corregidas por el efecto del ISEC, según la competencia científica, en las comunidades autónomas. PISA 2015

	ISEC	Rendimiento en Ciencias	Explicar fenómenos científicamente	Evaluar y concebir investigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científicamente
España	-0,51	507	510	505	509
Andalucía	-0,87	497	498	494	499
Aragón	-0,39	519	522	510	520
Asturias	-0,42	515	520	511	518
Baleares	-0,65	501	507	498	499
Canarias	-0,8	498	499	493	498
Cantabria	-0,43	506	505	506	500
Castilla y León	-0,44	528	528	524	530
Castilla-La Mancha	-0,66	514	517	507	512
Cataluña	-0,35	515	514	516	514
Com. Valenciana	-0,53	507	508	503	506
Extremadura	-0,79	494	500	487	490
Galicia	-0,52	522	522	519	523
Comunidad de Madrid	-0,1	519	521	516	518
Región de Murcia	-0,82	508	514	503	505
Com. Foral de Navarra	-0,32	521	524	517	523
País Vasco	-0,25	489	490	486	492
La Rioja	-0,46	512	517	509	509

Tabla A5
Puntuaciones medias en el área de Ciencias corregidas por el efecto del ISEC, según el área de contenido, en las comunidades autónomas. PISA 2015

		Rendimiento en Ciencias	Sistemas físicos	Sistemas vivos	Sistemas de la Tierra y el Espacio
España	-0,51	507	503	510	512
Andalucía	-0,87	497	493	498	502
Aragón	-0,39	519	515	520	520
Asturias	-0,42	515	508	518	521
Baleares	-0,65	501	493	504	509
Canarias	-0,8	498	492	496	500
Cantabria	-0,43	506	503	508	507
Castilla y León	-0,44	528	524	528	531
Castilla-La Mancha	-0,66	514	510	514	517
Cataluña	-0,35	515	510	518	516
Com. Valenciana	-0,53	507	503	508	509
Extremadura	-0,79	494	487	495	498
Galicia	-0,52	522	512	522	533
Comunidad de Madrid	-0,1	519	514	521	521
Región de Murcia	-0,82	508	502	508	514
Com. Foral de Navarra	-0,32	521	511	521	525
País Vasco	-0,25	489	487	489	493
La Rioja	-0,46	512	508	508	509

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A6
Puntuaciones medias en el área de Ciencias corregidas por el efecto del ISEC, según el tipo de conocimiento, en las comunidades autónomas. PISA 2015

	ISEC	Rendimiento en Ciencias	De contenido	Procedimental y epistémico
España	-0,51	507	509	508
Andalucía	-0,87	497	498	497
Aragón	-0,39	519	521	518
Asturias	-0,42	515	519	513
Baleares	-0,65	501	507	499
Canarias	-0,8	498	497	497
Cantabria	-0,43	506	506	507
Castilla y León	-0,44	528	528	528
Castilla-La Mancha	-0,66	514	515	513
Cataluña	-0,35	515	514	516
Com. Valenciana	-0,53	507	507	507
Extremadura	-0,79	494	497	490
Galicia	-0,52	522	528	520
Comunidad de Madrid	-0,1	519	520	518
Región de Murcia	-0,82	508	510	504
Com. Foral de Navarra	-0,32	521	526	522
País Vasco	-0,25	489	491	490
La Rioja	-0,46	512	512	509

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A7
Parámetros estadísticos correspondientes a las pruebas de los efectos inter-sujetos referidas al ANCOVA correspondiente

Variable dependiente: Rendimiento en Ciencias

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.55.308.970,991[a]	10,00	115.530.897,10	20.854,58	0,000
Intersección	22.079.389.474,01	1,00	22.079.389.474,01	3.985.569,87	0,000
ESCS	591.333.605,73	1,00	591.333.605,73	106.742,15	0,000
ScienceRelatedCareer5	308.638.743,55	4,00	77.159.685,89	13.928,16	0,000
ST004D01T	50.020,97	1,00	50.020,97	9,03	0,003
ScienceRelatedCareer5 * ST004D01T	10.836.319,75	4,00	2.709.079,94	489,02	0,000
Error	4.177.864.676,25	754.150,00	5.539,83		
Total	189.803.113.924,62	754.161,00			
Total corregida	5.333.173.647,24	754.160,00			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A8
Parámetros estadísticos correspondientes a las pruebas de los efectos inter-sujetos referidas al ANCOVA correspondiente

Variable dependiente: Rendimiento en Ciencias

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.021.249.785,55	4,00	255.312.446,39	44.654,18	0,000
Intersección	86.256.062.762,74	1,00	86.256.062.762,74	15.086.195,71	0,000
ESCS	685.120.567,63	1,00	685.120.567,63	119.827,67	0,000
VocaciónStem	189.348.414,74	1,00	189.348.414,74	33.117,06	0,000
ST004D01T	84.361,43	1,00	84.361,43	14,75	0,003
ST004D01T * VocaciónStem	69.034,49	1,00	69.034,49	12,07	0,000
Error	4.311.923.861,69	754.156,00	5.717,55		
Total	189.803.113.924,62	754.161,00			
Total corregida	5.333.173.647,24	754.160,00			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A9
Variables relacionadas con la instrucción que influyen en el rendimiento en Ciencias, que han resultado estadísticamente significativas, y resultados del ajuste del modelo a las distintas comunidades autónomas. PISA 2015.

	R^2	ISEC	DISCLISC	TEACHSUP	IBTEACH	TDTEACH	JOYSCI
Andalucía	30,3	20.18	6,22	-8,55	- 11,82	15,13	26,41
Aragón	26,5	22,96	5,035	-6,51	-9,33	11,55	22,77
Asturias	29,6	26,70	7,38	-7,25	-9,04	13,83	20,62
Baleares	25,0	20,34	10,72	-6,57	-7,63	9,37	23,48
Canarias	26,9	24,39	8,44	-11,11	-8,21	11,35	19,83
Cantabria	23,6	18,09	5,77	-6,74	-10,32	11,61	23,53
Castilla y León	25,5	16,57	7,46	-9,02	-13,64	11,59	27,48
Castilla-La Mancha	26,2	20,63	11,83	-9,13	-11,29	11,40	21,85
Cataluña	30,0	23,81	5,28	-6,82	-10,56	9,26	27,16
Com. Valenciana	27,7	19,00	3,72	-4,28	-6,20	5,54	26,29
Extremadura	26,6	18,66	4,20	-8,86	-6,96	12,07	25,60
Galicia	22,0	14,01	7,42	-6,09	-11,51	8,47	27,44
Comunidad de Madrid	27,9	26,47	5,01	-10,97	-5,68	11,46	23,78
Región de Murcia	31,7	27,25	3,15	-8,07	-5,60	6,92	23,34
Com. Foral de Navarra	29,5	25,31	5,33	-3,22	-9,73	7,17	24,99
País Vasco	24,6	17,66	5,13	-3,81	-7,38	4,86	25,51
La Rioja	27,9	21,31	3,38	-10,23	-7,76	11,92	26,37

Nota: ISEC: índice socioeconómico y cultural; DISCLISC: clima de disciplina escolar; TEACHSUP: apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción; IBTEACH: prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación; TDTEACH: instrucción directa por parte del profesor; JOYSCI: el disfrute con la ciencia.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A10

Variables relacionadas con la instrucción que influyen en el rendimiento en Ciencias, que han resultado estadísticamente significativas, y resultados del ajuste del modelo a las distintas subdimensiones de la prueba. PISA 2015

		R^2	ISEC	DISCLISC	TEACHSUP	IBTEACH	TDTEACH	JOYSCI
Competencias	Explicar fenómenos científicamente	29,2	22,45	4,47	-8,09	-8,82	10,92	27,75
	Evaluar y concebir investigaciones científicas	27,4	22,93	7,91	-8,71	-10,22	11,01	22,88
	Interpretar datos y evidencias científicamente	27,7	23,21	6,45	-7,43	-10,63	11,32	24,89
Contenidos	Sistemas físicos	28,8	23,16	6,47	-7,50	-8,22	9,95	25,95
	Sistemas vivos	28,3	23,54	6,09	-8,82	-10,60	10,47	26,05
	Sistemas de la Tierra y el Espacio	28,5	22,21	5,35	-7,07	-10,27	11,63	25,49
Conocimiento	De contenidos	29,4	22,24	4,67	-8,30	-9,09	10,68	27,72
	Procedimental y epistémico	28,2	23,26	7,25	-7,47	-10,17	10,54	24,41

Notas:

ISEC: índice socioeconómico y cultural; DISCLISC: clima de disciplina escolar; TEACHSUP: apoyo del profesor en clases de ciencias de libre opción; IBTEACH: prácticas de enseñanza y aprendizaje basados en la investigación; TDTEACH: instrucción directa por parte del profesor; JOYSCI: el disfrute con la ciencia.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A11
Análisis de regresión entre el rendimiento en Ciencias de los países de la OCDE en PISA 2000 y su grado de riqueza medido por su PIB per capita diecisiete años después. Estadísticas de la regresión y del ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,4402
Coeficiente de determinación R^2	0,1937
R^2 ajustado	0,1615
Error típico	10.487,1320
Observaciones	27

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	660.681.011,25	660.681.011,25	6,01	0,02
Residuos	25	2.749.498.417,96	109.979.936,72		
Total	26	3.410.179.429,21			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-45.212,57	34.527,86	-1,31	0,20	-116.324,04	25.898,89
Variable X (Rendimiento en Ciencias en PISA 2000)	168,75	68,85	2,45	0,02	26,95	310,55

Fuente: Elaboración propia.

Madrid, 30 de septiembre de 2018

Cátedra de Políticas Educativas

<www.ucjc.edu/la-universidad/estructura-academica/catedras>