

PISA 2015 y las Comunidades Autónomas españolas. Diagnósticos empíricos y políticas de mejora



Francisco López Rupérez, Isabel García García, Eva Expósito Casas

1.ª Edición. Noviembre 2018

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, sin permiso expreso y escrito de los titulares del copyright.

© Francisco López Rupérez, Isabel García García, Eva Expósito Casas

Edición: Universidad Camilo José Cela

Diseño y maquetación: Isabel García García

ISBN: 978-84-95891-77-8

Depósito legal: M-37443-2018

Printed in Spain. Impreso en España

Índice

Presentación

Parte I. Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las comunidades autónomas. Financiación pública y políticas de mejora

1. Introducción	11
2. El marco conceptual y metodológico	14
2.1 Un enfoque sistémico.....	14
2.2 Eficiencia técnica vs. productividad	17
2.3 La cuestión de la equidad.....	21
2.4 El marco metodológico	22
3. El gasto público por alumno en instituciones de educación no universitaria financiadas con fondos públicos armonizado, por comunidad autónoma	23
3.1 El gasto público por alumno frente al índice escolar de ruralidad	24
3.2 Comparación del gasto público por alumno armonizado, por comunidad autónoma	25
4. El rendimiento escolar de los alumnos armonizado, por comunidad autónoma	27
4.1 El rendimiento escolar frente al ISEC por comunidad autónoma	28
4.2 Comparación de los resultados de PISA armonizados por comunidad autónoma	31
5. Eficiencia del gasto público educativo por alumno de las comunidades autónomas	34
6. Gasto público educativo vs. niveles de riqueza y eficacia vs. eficiencia del gasto.....	37
6.1 Gasto público educativo vs. niveles de riqueza	37
6.2 Eficacia vs. eficiencia del gasto.....	37
7. La equidad educativa de las comunidades autónomas	40
7.1 Dos aproximaciones diferentes y complementarias al grado de equidad del sistema educativo	40
7.2 Análisis de diagnóstico de las diecisiete comunidades autónomas y tipos de políticas educativas recomendables.....	42
7.3 Eficiencia y equidad.....	45
7.4 Eficacia y equidad	48
8. Discusión	50

9. Conclusiones y recomendaciones	56
9.1 Conclusiones.....	56
9.2 Recomendaciones	59
10. Referencias.....	62
Anexo	67

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

2

1. Introducción	79
2. El marco conceptual y metodológico	83
2.1 El marco conceptual.....	83
2.1.1 Competencias cognitivas.....	83
2.1.2 Naturaleza del conocimiento científico en el ámbito escolar	85
2.1.3 Aprendizaje profundo y competencias cognitivas	89
2.2 El marco metodológico	90
2.2.1 Las muestras.....	90
2.2.2 Los instrumentos de medida	91
2.2.3 Los procedimientos de análisis	96
3. Una aproximación general.....	97
3.1 Rendimiento en Ciencias, vocaciones STEM y concepciones epistémicas en las comunidades autónomas	97
3.1.1 Rendimiento en Ciencias	97
3.1.2 Vocaciones STEM	98
3.1.3 Concepciones epistémicas.....	103
3.1.4 Una visión de conjunto	108
3.2 Conocimientos y competencias científicas en las comunidades autónomas	109
3.2.1 Competencias científicas	109
3.2.2 Áreas de contenido	109
3.2.3 Tipos de conocimiento.....	112
3.3 La influencia del factor socioeconómico.....	114
3.3.1 Una primera aproximación	114
3.3.2 Análisis por comunidades autónomas	115
3.4 La influencia de la variable sexo	116
3.4.1 La variable sexo, el rendimiento en Ciencias y las vocaciones científicas. Análisis por comunidades autónomas	119
3.4.2 La variable sexo, el rendimiento en ciencias y las vocaciones STEM. Análisis por comunidades autónomas	126

4. Algunos análisis relevantes al nivel de alumno	129
4.1 Análisis para la muestra española global	129
4.2 Análisis por comunidades autónomas	131
5. Algunos factores relevantes al nivel de aula	132
5.1 La influencia sobre el rendimiento en ciencias de variables relacionadas con la instrucción, a escala nacional y por comunidades autónomas.....	134
5.2 La influencia sobre el rendimiento en Ciencias de variables relacionadas con la instrucción, para las diferentes subdimensiones de la prueba	137
5.3 La influencia sobre la vocación STEM de variables relacionadas con la instrucción, a escala nacional y por comunidades autónomas.....	137
6. Algunos factores relevantes al nivel de centro.....	141
6.1 El absentismo escolar	142
6.2 La repetición de curso	145
6.3 La implicación parental	149
7. Discusión general	152
8. Conclusiones y recomendaciones	156
8.1 Conclusiones	157
8.2 Recomendaciones	162
9. Referencias.....	165
Anexo	175

Presentación

Existe un consenso creciente sobre el papel decisivo de la educación en la preparación del futuro de las naciones y de sus ciudadanos. Este consenso trasciende el mundo educativo y el del pensamiento –en el seno de los cuales una tal convicción ha estado presente de un modo secular– para alcanzar, sobre la base de evidencias empíricas, el mundo de la economía y el de la empresa, así como el ámbito de la política y de sus instancias de decisión, las cuales, en algunos países, han convertido la mejora de sus sistemas educativos en una auténtica prioridad nacional.

No cabe duda alguna de que la aportación, desde comienzos del presente siglo y por parte del programa PISA de la OCDE, de una información fiable sobre resultados escolares –medidos por pruebas estandarizadas y homogéneas– ha incrementado la generación de evidencias mediante rigurosos trabajos de investigación. Por citar un solo ejemplo, cabe destacar el de los prestigiosos economistas E. Hanushek y L. Woessmann que han establecido como predictor fiable del nivel de riqueza de un país, en el largo plazo, la calidad de los resultados de su sistema educativo^{1,2}. Esa vinculación relativamente fuerte entre calidad de la educación y progreso económico y social es de aplicación al caso español.

España dispone de un elevado nivel de descentralización política y administrativa que es consustancial a la evolución experimentada, en las dos últimas décadas, por nuestro sistema autonómico. Ello es particularmente cierto en el sector de la educación, lo que se manifiesta en la elevada cifra del porcentaje de gasto educativo descentralizado que supera, con creces, la de otros países con una dilatada tradición federal³. Esa mayor autonomía en la gobernanza del sistema educativo ha de llevar aparejado, necesariamente, una mayor responsabilidad a la hora tanto de promover los avances como de rendir cuentas ante los ciudadanos de los resultados de su gestión.

Desde la consideración de ambas perspectivas –gestión de la mejora y transparencia– se ha producido recientemente una circunstancia excepcional: por primera vez en 15 años, las 17 comunidades autónomas españolas han participado en PISA con muestras ampliadas, es decir, estadísticamente representativas de sus correspondientes poblaciones escolares de 15 años de edad, lo que ha abierto la puerta a la realización de diferentes análisis parciales territorializados^{4,5,6}.

- 1 HANUSHEK, E Y WOESSMANN, L. (2015). *Universal Basic Skills: What Countries Stand to Gain*. Paris: OECD Publishing. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264234833-en>>.
- 2 SCHLEICHER, A. (2018). *Primera clase. Cómo construir una escuela de calidad para el siglo XXI*. Madrid: Fundación Santillana/OCDE
- 3 OECD (2018). *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing. <<https://doi.org/10.1787/eag-2018-en>>.
- 4 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.
- 5 SICILIA, G. y SIMANCAS, R. (2018). *Equidad educativa en España: comparación regional a partir de PISA 2015*. Madrid: Fundación Ramón Areces–Fundación Europea Sociedad y Educación.
- 6 INEE (2016). PISA 2015. *Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <<https://www.mecd.gob.es/inee/dam/jcr:e4224d22-f7ac-41ff-a0cf-876ee5d9114f/pisa2015preliminarok.pdf>>.

De acuerdo con lo más arriba expuesto, la gestión de la educación en las comunidades autónomas tiene mucha importancia de cara a su inserción exitosa en el contexto socioeconómico del siglo XXI. Como ha señalado el informe IVIE-Fundación BBVA sobre *La competitividad de las regiones españolas ante la Economía del Conocimiento*: «(...) 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 asentarlos 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'»⁷. 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.

En este mismo orden de ideas, la antes citada ventana de oportunidad que ha abierto para España y sus comunidades autónomas la edición 2015 del programa PISA hace posible evaluar el nivel real de los alumnos, más allá de los niveles educativos formales de la población basados en datos oficiales de matrícula y de promoción. Además, el hecho de que dicha evaluación se produzca en el marco de la enseñanza obligatoria permite razonar, en términos comparados, sobre el grado de adquisición de competencias básicas por parte de la población en general y, por tanto, sobre su poder predictivo en relación con un probable futuro de desarrollo económico y social.

6

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 generar empleo de alto valor añadido, producen 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 en buena medida heredero de lo que acontezca a este respecto, en el ámbito de su educación secundaria, diez o quince años antes. Ello es especialmente cierto en España cuyo mercado laboral muestra una escasa movilidad de trabajadores, empleados y parados en busca de nuevas oportunidades⁸. Esta notable 'viscosidad' del tejido laboral español, que dificulta los flujos de personas entre regiones en busca de empleo —probablemente, en parte, motivada por la fuerza de los vínculos afectivo-emocionales de los sujetos a su esfera relacional de proximidad y por el acrecentamiento de las barreras lingüísticas entre comunidades autónomas—, hace que las exigencias de un modelo de crecimiento regional alineado con una economía basada en el conocimiento sean más nítidas y, consiguientemente, que la mejora de los resultados de sus sistemas educativos sea más perentoria.

7 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*, (p. 7). Valencia: IVIE-Fundación BBVA.

8 Véanse los resultados recientes de la encuesta de movilidad, laboral y geográfica 2018. <https://www.ine.es/prensa/emlg_2018.pdf>.

En este contexto, la presente monografía ha tratado de aprovechar esas posibilidades de efectuar un diagnóstico territorializado de la situación educativa de las comunidades autónomas españolas –ofrecidas por primera vez por PISA 2015– y ha aportado nuevas evidencias a partir de análisis secundarios, efectuados por los autores sobre la correspondiente base de datos.

El texto se ha organizado en dos partes bien diferenciadas que se corresponden con sendos proyectos sucesivos de investigación promovidos por la Cátedra de Políticas Educativas de la Universidad Camilo José Cela. La Parte I aborda lo relativo a la eficacia, la eficiencia y la equidad educativas de las comunidades autónomas, desde un enfoque que, por su orientación general, no pretende diferenciar las distintas áreas temáticas de dicha evaluación internacional, sino integrarlas en un valor promedio a fin de apoyarse en una aproximación más robusta a los resultados. La introducción de análisis de gasto se complementa con los de equidad, rasgo éste de los sistemas educativos que se ha revelado como una exigencia no solo de la justicia, sino también del propio progreso económico y social⁹. La Parte II se centra, en particular, en los resultados obtenidos en 2015 para el rendimiento en ciencias y para las vocaciones STEM en las diecisiete comunidades autónomas. Estos valores bien pudieran predecir –con un nivel de probabilidad nada despreciable– el grado de desarrollo social y económico que, en el horizonte de 2030, alcanzarían las citadas comunidades autónomas si no se introducen en el sistema educativo políticas y prácticas de mejora, como las descritas en el texto, que sean capaces de modificar a mejor el *cursus* de su evolución espontánea.

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*¹⁰, 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 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.

Madrid, 30 de octubre de 2018

9 SCHLEICHER, A. (2018). *Op. cit.*

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

Parte I

Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas. Financiación pública y políticas de mejora

Parte I

Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas.

Financiación pública y políticas de mejora

1. Introducción

La cuestión de la eficiencia en la administración de los recursos ha venido siendo una constante en la conceptualización de la gobernanza pública y en la evaluación de su calidad, por parte de organismos internacionales. Así, según la definición del Banco Mundial, «Gobernanza es la manera mediante la cual se ejerce el poder en la gestión de los recursos económicos y sociales de un país para su desarrollo»¹. Daniel Kaufmann y colaboradores, sobre la base de sendos trabajos de investigación realizados para dicho organismo^{2, 3}, incorporaron a su modelo de gobernanza pública «la capacidad para gestionar los recursos de un modo eficiente»⁴. La ONU, la Comisión Europea y la OCDE han asumido esa doctrina⁵ y, a menudo, se ha considerado la gobernanza misma como sinónimo de una gestión eficiente⁶ toda vez que, en materia de gobernanza social y económica, las necesidades son ilimitadas y, sin embargo, los recursos son siempre limitados.

Esa centralidad del papel de la eficiencia en el seno de la gobernanza pública es especialmente relevante en el caso de la educación. Al tratarse de un servicio que, en los países desarrollados, atiende el ejercicio de un derecho fundamental –con carácter universal y gratuito sobre amplios tramos de edad de la población–, los sistemas educativos constituyen ámbitos de utilización masiva de recursos, capaces por ello de absorber con facilidad cualquier esfuerzo presupuestario que se decida efectuar, sea cual fuere su magnitud posible.

1 WORLD BANK (1992). *World Development Report 1992. Development and the Environment*. New York: Oxford University Press. <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5975>>.

2 KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; ZOIDO-LOBATÓN, P. (1999a). «Aggregating Governance Indicators». *World Bank Policy Research, Working Paper n.º 2195*. (Washington), <www.worldbank.org/wbi/governance>.

3 KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; ZOIDO-LOBATÓN, P. (1999b). «Governance Matters». *World Bank Policy Research, Working Paper n.º 2196*. (Washington), <www.worldbank.org/wbi/governance>.

4 KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; ZOIDO-LOBATÓN, P. (2000). «Governance Matters. From Measurement to action». *Finance & Development*. June, p. 10.

5 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E. (2017). *La calidad de la gobernanza del sistema educativo español. Un estudio empírico*. Universidad Camilo José Cela. Madrid.

6 HEWITT DE ALCÁNTARA, C. (1998). «Uses and Abuses of the Concept of Governance». *International Social Science Journal*, 50(1): 105-113.

La consideración de la educación y la formación como auténticas inversiones no obvia el problema de la eficiencia del gasto público sino más bien lo refuerza. Y es que, como hemos señalado en otro lugar, el nuevo contexto económico global reduce el margen de elasticidad de los marcos presupuestarios de modo que una determinada política ineficiente repercute negativamente en otras políticas cuyo impacto social y económico puede ser considerado por las instancias de decisión igual o incluso más relevante⁷.

Existe una evidencia empírica robusta en el plano internacional en relación con las limitaciones que presenta el gasto educativo como factor incuestionable de mejora continuada de los resultados de la educación^{8, 9}. Así, por ejemplo, la UNESCO, en su informe de 2005 sobre el seguimiento global de la iniciativa mundial EFA (*Education for All*), en favor de la Educación Para Todos, destacó la llamada 'paradoja del gasto' en educación al mostrar, para un grupo representativo de países desarrollados, cómo un aumento notable del gasto educativo efectuado a lo largo de un cuarto de siglo no había llevado consigo mejoras proporcionales en el rendimiento académico de sus escolares, produciéndose en algunos casos empeoramientos¹⁰. Sin embargo, una ampliación del rango de la variable 'gasto educativo', mediante la incorporación a los análisis de países de menor nivel de desarrollo, le permitió resolver esa aparente paradoja. En tal caso, se apreciaba que la relación entre rendimiento y gasto dibujaba una curva cuya pendiente, pequeña en los países desarrollados, iba incrementándose conforme se descendía en el nivel de gasto educativo. Parecía operar aquí la 'ley de rendimientos decrecientes', de modo que el impacto de la variable gasto sobre la variable resultados disminuía con el incremento de gasto educativo, hasta llegar a un valor a partir del cual grandes inyecciones de recursos producirán, en el mejor de los casos, pequeños avances en materia de resultados escolares¹¹.

12

En este mismo orden de ideas, el Consejo Escolar del Estado, en su Informe 2014, puso de manifiesto el diferente comportamiento de los países de la Unión Europea, en materia de rendimiento en PISA 2012 según que su gasto acumulado por alumno desde los 6 a los 15 años fuera inferior o superior a los 60.000 \$US, e, inspirándose en la OCDE, optó por efectuar sendos análisis de regresión lineal entre gasto educativo y rendimiento escolar, de forma separada para estos dos grupos de países, que arrojan valores de sus respectivos R^2 francamente diferentes¹².

Recientemente, la propia OCDE, tras ratificar reiteradamente la denominada por UNESCO 'paradoja del gasto', sobre la base de la última edición de PISA (2015) –efectuado sobre 72 países o economías de todo el mundo y no solo sobre el club de los países desarrollados– ha concluido que, en efecto, «existe una relación positiva entre el gasto por alumno y el rendimiento medio en ciencias

7 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2001). *Preparar el futuro. La educación ante los desafíos de la globalización*, p.84. Madrid: Ed. La Muralla.

8 HANUSHEK, E. A. (1986). «The economics of schooling». *Journal of Economic Literature*, 24 (3): 1141-1171.

9 HANUSHEK, E. A. (2003). «The failure of input based schooling policies». *The Economic Journal*, 113: 64-98.

10 UNESCO (2004). *Education for all. The quality imperative. EFA global monitoring report 2005*. UNESCO. París.

11 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2009). «La Educación Secundaria en España». *Investigación y Ciencia*, agosto, pp. 82-89.

12 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *Informe 2014 sobre el estado del sistema educativo. Curso 2012_2013*, p. 468. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

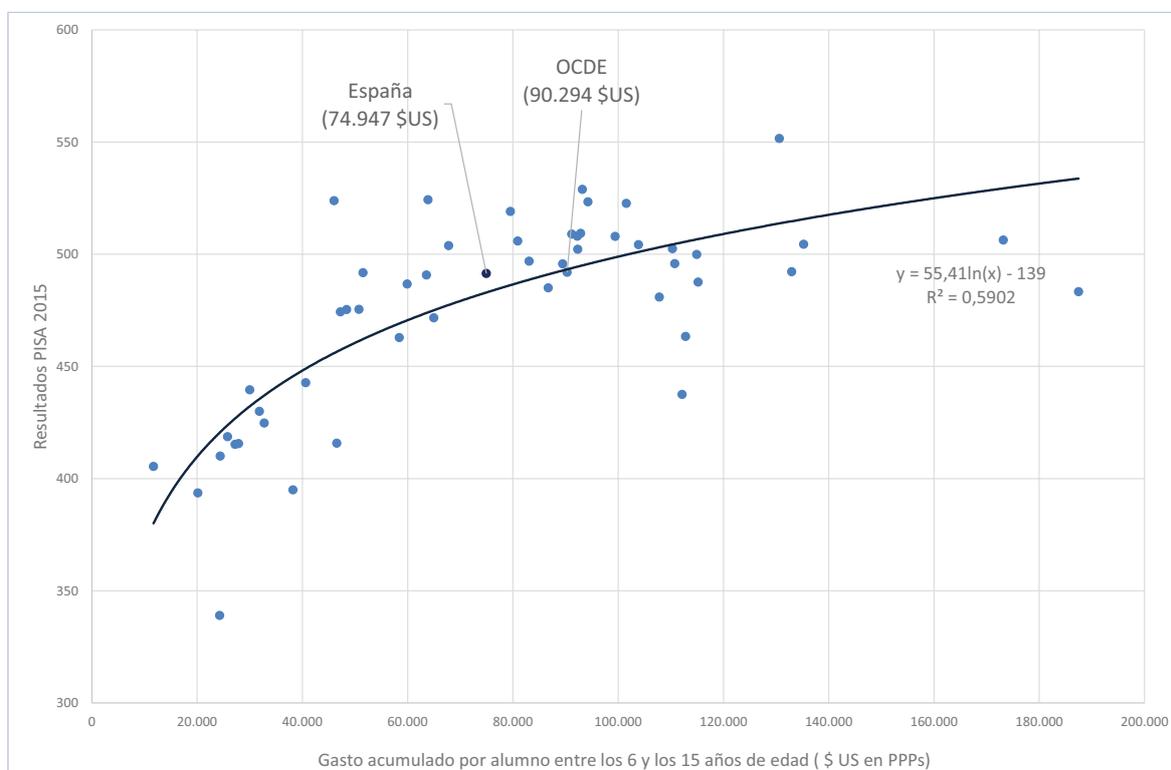
(...) de modo que éste aumenta con aquél pero a un ritmo que disminuye rápidamente como indica la presencia de una escala logarítmica en el eje de abcisas»¹³.

La figura 1 representa sobre el eje vertical los valores medios de las puntuaciones en las tres áreas consideradas en PISA –lectura, matemáticas y ciencias– obtenidos por los países y economías participantes en PISA 2015; y sobre el eje horizontal los valores del gasto educativo acumulado entre los 6 y los 15 años de edad expresado en \$US, una vez armonizado el poder adquisitivo de los distintos países y economías participantes (PPP).

Sobre la misma base de datos a la que alude la anterior cita de la OCDE –pero ampliada a los resultados de las tres pruebas y no sólo a la de ciencias– se ha optado, en dicha figura 1, por una escala lineal para el eje de abcisas, representando gráficamente la línea que mejor se ajusta a la nube de puntos mediante una función logarítmica, con un $R^2 = 0,59$ resultante. De este modo, se puede advertir con total claridad esa relación de pendiente decreciente entre gasto y resultados, descrita más arriba y que fue señalada por UNESCO en 2004 sobre la base de los primeros datos de PISA.

En este punto del análisis, y centrándose ya en la situación al respecto de España, cabe plantearse si la variable gasto educativo en nuestro país constituye aún, o no, un factor relevante sobre el que

Figura 1
Los rendimientos decrecientes del gasto educativo



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

13 OCDE (2016). *Résultats du PISA 2015 (Volume I): L'excellence et l'équité dans l'éducation*. PISA, p. 67. Paris: Éditions OCDE. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264267534-fr>>.

se deba operar de un modo sistemático, a la hora de procurar la mejora de los resultados del sistema educativo. La distribución regional del gasto educativo por alumno muestra diferencias considerables entre comunidades autónomas¹⁴, lo que abre una puerta a la posibilidad –que es preciso explorar mediante los oportunos análisis– de mejorar los resultados por la vía de un tratamiento diferenciado de las comunidades autónomas en materia de gasto educativo, si se apela a esa conexión de carácter no lineal existente entre gasto por alumno y rendimiento escolar, que se acaba de destacar sobre la base de las evidencias disponibles más recientes.

Ante tal posibilidad, se hace imprescindible disponer previamente de una imagen lo más comparable posible, tanto del gasto educativo público de las diferentes comunidades autónomas como de su eficiencia o productividad, sin perder de vista los condicionantes de la equidad que inciden en los análisis pero también en las políticas. Esto es a lo que el presente estudio pretende, en primera instancia, contribuir. A lo largo de su desarrollo se abordará, en primer lugar, la descripción del correspondiente marco conceptual y metodológico. Se introducirán en él algunas precisiones terminológicas sobre la noción de eficiencia, se esbozará la problemática de la equidad en materia de resultados educativos, y se describirá y justificará el esquema operativo previsto, junto con sus etapas, para el logro de los objetivos del estudio. A continuación, se calculará el gasto por alumno en centros sostenidos con fondos públicos por comunidades autónomas armonizado mediante la corrección del efecto de la ruralidad escolar, fenómeno éste de carácter estructural que incide de forma significativa sobre el gasto. A la anterior armonización en materia de gasto público (*inputs*) le seguirá una armonización en materia de resultados (*outputs*), tomando en consideración en este caso las diferencias regionales en cuanto a un factor contextual fundamental: el nivel socioeconómico y cultural de los alumnos. Después, se procederá al cálculo de las eficiencias del gasto público educativo de las comunidades autónomas. Se analizarán las relaciones entre nivel de riqueza, gasto público educativo y eficiencia del gasto, para proceder a su discusión y a un análisis de sus consecuencias. Seguidamente, se abordará la cuestión de la equidad educativa en el seno de las comunidades autónomas, se calcularán sus parámetros característicos, se diagnosticará la situación a este respecto de cada una de ellas y se harán propuestas específicas en materia de políticas educativas distintas de las de gasto. Finalmente, un capítulo de conclusiones y de recomendaciones servirá de cierre al presente trabajo.

14

2. El marco conceptual y metodológico

2.1 Un enfoque sistémico

La adopción de un enfoque sistémico para la descripción cuantitativa de los sistemas educativos tiene su origen próximo en los trabajos de la OCDE preparatorios del establecimiento de un sistema inter-

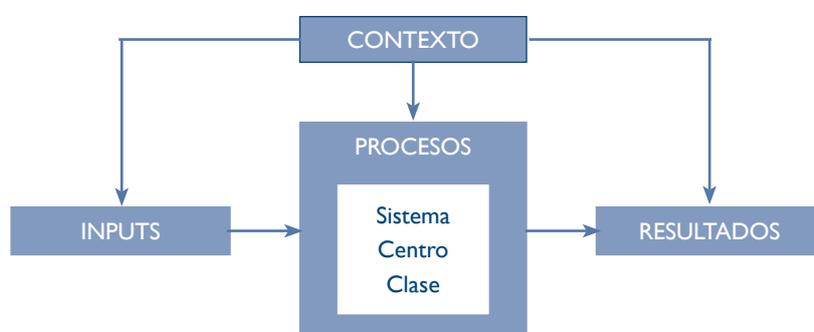
14 Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. *Anuario estadístico. Las cifras de la educación en España*. <<https://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/indicadores-publicaciones-sintesis/cifras-educacion-espana.html>>

nacional de indicadores de la educación (proyecto INES)¹⁵. Dicho proyecto generó una publicación anual –*Education at a Glance. OECD Indicators*–, en la actualidad ampliamente consolidada y que se encuentra entre las más consultadas de esta organización multilateral de los países desarrollados. La fuente de inspiración de dicho enfoque se remonta a la 'Teoría General de Sistemas' de Ludwig Von Bertalanffy¹⁶ y, particularmente, a los llamados 'sistemas abiertos' que interaccionan con su entorno e intercambian con él flujos de materia, de energía y de información.

La representación esquemática de ese modelo sistémico para el caso de la educación –asumido entre otros por la OCDE– se muestra en la figura 2. En él se reflejan las relaciones directas, y su sentido, entre los *inputs*, los procesos y los *outputs* o resultados, así como la influencia que ejerce el contexto, o entorno, sobre cada uno de esos bloques. Cabe fijar la atención en el bloque de los procesos que, inspirándose en la denominación de R. Ashby y de su paradigma cibernético¹⁷, ha sido considerado durante tiempo como 'caja negra'. Habida cuenta de la dificultad de llegar a un conocimiento detallado de sus mecanismos internos, Ashby proponía, en casos análogos, ignorar tales mecanismos y encerrarlos en una 'caja negra'.

En el caso que nos ocupa, hemos ampliado en la figura 2, con respecto a la original de la OCDE citada como fuente, la estructura multinivel de los procesos al nivel propio del sistema en su conjunto. Ello no prefigura, en nuestro caso, la naturaleza de los análisis que vendrán después, sino que pretende simplemente reflejar la invariancia de escala que caracteriza el marco conceptual sistémico. De acuerdo con este esquema, y fijando la atención sólo en el nivel macro, el funcionamiento general del sistema educativo puede describirse como la combinación de un conjunto de *inputs*, entrantes o insumos que, mediante una serie de procesos internos, se transforman en resultados. Por su parte, el

Figura 2
Enfoque sistémico en la descripción del sistema educativo



Fuente: elaboración propia sobre la base del esquema de la OCDE.

15 CERI/OECD (1992). *The OECD International Education Indicators. A Framework for Analysis*. OECD. Paris.

16 VON BERTALANFFY, L. (1968). *General Systems Theory*. George Brazillier. Nueva York.

17 ASHBY, W. R. (1956). *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall. Londres.

contexto de la educación, en sus diferentes componentes, influye sobre los *inputs*, afecta a los procesos y condiciona la obtención de resultados¹⁸.

No obstante lo anterior, y a partir de una mirada más compleja sobre este esquema sistémico, tan sencillo como potente, emerge la existencia de bidireccionalidades en buena parte de las relaciones entre los diferentes bloques representados en la citada figura 2. Así, los procesos actúan retroactivamente sobre los *inputs*, a través de la orientación de las prioridades y del grado de eficiencia de su gestión; y los *outputs* operan del mismo modo sobre los procesos, en términos de validación o de corrección, y lo hacen con una intensidad que dependerá del grado de inteligencia del que goce el sistema en su conjunto. Los sistemas inteligentes promueven, de un modo deliberado, este tipo de *feedback* que genera retornos positivos y mejora la calidad de los resultados¹⁹. Finalmente, los resultados inciden retroactivamente sobre el contexto, en los planos social y económico, con efectos dilatados en el medio y largo plazos, aunque ciertamente positivos si es que el sistema tiene éxito.

En todo caso, procede aplicar una representación matricial, propia del esquema de la 'estructura de los estados y transiciones' (estructura ST)²⁰, a la descripción del sistema educativo, tal y como se muestra en la tabla 1. En sus casillas se presentan las probabilidades de ocurrencia de las correspondientes relaciones –no su fuerza–. Las casillas que aparecen sombreadas en dicha tabla responden al modelo que se representa gráficamente en la figura 2. Dicho esquema simplificado constituirá la base de los procedimientos que serán descritos más adelante y desarrollados a lo largo de este estudio.

16

Tabla 1
Estructura ST para el sistema educativo

	Inputs	Procesos	Resultados	Contexto
Inputs	0	1	0	0
Procesos	1	0	1	0
Resultados	0	1	0	1
Contexto	1	1	1	0

Fuente: elaboración propia.

Llegados a este punto cabe advertir que el presente trabajo asume la tradición intelectual propia del enfoque sistémico, que está vinculada, en sus orígenes, con la descripción de los sistemas materiales y de los sistemas biológicos. En esta tradición, la noción de eficiencia se entiende como el cociente entre los *outputs* y los *inputs* o, dicho de otro modo, como la cantidad de *outputs* que el siste-

18 Este mismo esquema ha servido de base para la elaboración, a partir de 2012, del preceptivo *Informe sobre el estado del sistema educativo*, del Consejo Escolar del Estado, y, previamente, del correspondiente al Consejo Escolar de la Comunidad de Madrid.

19 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2018). *Un modelo integrado de evaluación para el sistema educativo español*. Universidad Camilo José Cela. Publicación digital. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/evaluacion_FLR_UCJC_2.pdf>.

20 ORCHARD, R. A. (1978). «Sobre un enfoque de la teoría general de sistemas». En *Tendencias en la teoría general de sistemas*. L. von Bertalanffy *et al.* Madrid: Alianza Universidad.

ma produce por unidad de *input*. Así se aplica cuando se trata de calcular la eficiencia energética, la eficiencia luminosa, la eficiencia de un proceso industrial, etc. Sin embargo, en la tradición vinculada a la economía en particular –y, por extensión, a algunas ciencias sociales– la noción de eficiencia ha adquirido un significado teórico y operacional bastante más sofisticado.

2.2 Eficiencia técnica vs. productividad

Esa idea genérica de eficiencia como ratio *outputs/inputs* se afina, según la tradición de las ciencias económicas, al menos, de dos diferentes maneras: en primer lugar, introduciendo una diferenciación conceptual entre la 'eficiencia técnica' y la 'eficiencia asignativa' (*allocative efficiency*)²¹; y, en segundo lugar, desarrollando métodos de cálculo muy elaborados.

Con respecto a esa idea genérica de eficiencia antes citada, la eficiencia técnica incorpora la idea de frontera de posibilidad de producción que hace referencia a los niveles de *outputs* factibles para una escala de operaciones dada, reflejados empíricamente en los resultados de las mejores prácticas²². La eficiencia asignativa, por su parte, alude a la relación entre la óptima combinación de *inputs* teniendo en cuenta los beneficios y costes, así como los *outputs* conseguidos²³. Como advierten Mandl y colaboradores «Un alto grado de eficiencia técnica conseguida para cada *input* individual no garantiza un funcionamiento eficiente de las actividades del sector público si combinaciones alternativas de *inputs* podrían derivar en resultados más elevados»²⁴.

Un concepto básico en materia de eficiencia educativa es la noción de 'función de producción educativa' que relaciona los *inputs* con los *outputs* para una unidad de análisis dada (centro educativo, distrito, región, país, etc.). De acuerdo con la propuesta de Levin²⁵ y Hanushek²⁶, dicha función de producción puede expresarse en la forma $A = f(B, S)$, donde A representa los resultados educativos –por lo general los resultados de rendimiento de los alumnos–, considerándose en este caso como *inputs* educativos tanto B, que representa las características socioeconómicas de los alumnos, como S, que describe los recursos educativos de la unidad de análisis, con bastante frecuencia los centros docentes^{27, 28}. Se advierte ya, en la anterior conceptualización, un alejamiento del esquema sistémico

21 MANDL, U.; DIERX A.; ILZKOVITZ, F. (2008). «The effectiveness and efficiency of public spending». *Economic Papers*, 301. European Commission. Directorate-General for Economic and Financial Affairs Publications. Bruselas. <http://ec.europa.eu/economy_finance/publications>.

22 COLL SERRANO, V.; BLASCO BLASCO, O. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los modelos básicos*. Valencia: B-EUMED 2000. <www.eumed.net/libros/2006c/197/>.

23 MANDL, U.; DIERX A.; ILZKOVITZ, F. (2008). *Op. cit.*

24 MANDL, U.; DIERX A.; ILZKOVITZ, F. (2008). *Op. cit.*, p. 4.

25 LEVIN, H. M. (1974). «Measuring efficiency in educational production». *Public Finance Quarterly*, 2(1), pp. 3-24.

26 HANUSHEK, E. A. (1979). «Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions». *Journal of Human Resources*, pp. 351-388.

27 SANTIN, D.; SICILIA, G. (2014a). «¡Quiero cambiar a mi hijo de grupo! Factores explicativos de la eficiencia técnica de los colegios en España». *Revista de evaluación de programas y políticas públicas*, n. 2, pp. 79-109. DOI:10.5944/reppp.2.2014.12054.

28 CORDERO FERRERA, J. M.; PEDRAJA CHAPARRO, F.; SALINAS JIMÉNEZ, J. (2005). «Eficiencia en educación secundaria e *inputs* no controlables: sensibilidad de los resultados ante modelos alternativos». *Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública*, 173-(2/2005): 61-83.

clásico más arriba descrito, al generalizar en términos prácticos la noción de *inputs* como todo lo que influye en la generación de *outputs*, incluyendo en ello tanto los procesos como el contexto.

Esa función de producción educativa puede completarse introduciendo el criterio de eficiencia en la forma $A = f(B, S) \times u^{29}$, donde u representa el índice de eficiencia de la unidad de análisis considerada, de modo que valores de $u = 1$ indicarán un aprovechamiento óptimo de los *inputs*, mientras que valores inferiores estarían reflejando comportamientos ineficientes de la unidad de análisis que, en el caso de ser corregidos, incrementarían el nivel de los *outputs*.

Desde la economía aplicada, la medida de la eficiencia educativa pasa, con frecuencia, por la determinación de la llamada 'función frontera de posibilidad de producción'. Uno de los métodos más utilizados para la determinación de esa línea de frontera de eficiencia, o 'envolvente', es el 'Análisis de la Envolvente de Datos (DEA)»^{30, 31, 32}. La envolvente se construye a partir de un conjunto de observaciones empíricas que comprende todas las unidades eficientes junto con sus combinaciones lineales. A diferencia de las reales, se trata en este último caso de unidades ficticias situadas entre dos unidades reales eficientes y cuyos *inputs* y *outputs* son medias ponderadas de los correspondientes a las unidades reales que delimitan el tramo que las define³³.

Como señala Merlo Martínez³⁴: «La distancia respecto a la frontera de la unidad observada proporciona una valoración de su falta de eficiencia. El DEA compara cada unidad, con otras unidades muestrales eficientes y tecnológicamente homogéneas (*peer group* o grupo de referencia), ofreciendo información sobre la importancia relativa de cada unidad eficiente del grupo de referencia a través de sus respectivas ponderaciones, así como de los objetivos de producción y consumo de recursos que las unidades ineficientes deben alcanzar para considerarse eficientes».

La figura 3 resulta muy útil para ilustrar algunos de los conceptos anteriores^{35, 36}. Así, sobre un diagrama sencillo *output* (y) vs. *input* (x), la línea curva representa la 'frontera de producción' y, por tanto, aquellas unidades como la B o la C que se sitúen sobre ella son técnicamente eficientes, mientras que la unidad A, situada por debajo de dicha línea, es ineficiente y podría ganar en eficiencia desplazándose hacia B. El valor de la distancia euclidiana $d(A, B)$ es una medida de la ineficiencia, siendo el índice de eficiencia técnica de la unidad A, $ET_o(A) = d(A', A)/d(A', B)$ ³⁷.

29 SANTIN, D.; SICILIA, G. (2014b). «Evaluar para mejorar: hacia el seguimiento y la evaluación sistemática de las políticas educativas». En *Reflexiones del sistema educativo español*, pp. 283-313. Fundación Ramón Areces/Fundación Europea Sociedad y Educación. Madrid. <<http://www.sociedadeducacion.org/site/wp-content/uploads/Reflexiones-sobre-el-sistema-educativo-espanol.pdf>>.

30 WORTHINGTON, A. C. (2001): «An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement techniques in Education», *Education Economics*, 9 (3).

31 COLL SERRANO, V.; BLASCO BLASCO, O. M. (2006). *Op. cit.*

32 EBEJER, I.; MANDL, U. (2009). «The efficiency of public expenditure in Malta». *ECFIN country focus*, volume 6, Issue 2, 6.02.2009, European Commission. Directorate-General for Economic and Financial Affairs.

33 MERLO MARTÍNEZ, T. (2012). «Evaluación de la eficiencia de la educación primaria en la Comunidad de Madrid». *Investigaciones en Economía de la Educación*. <<https://ideas.repec.org/h/aec/ieed11/11-37.html>>.

34 MERLO MARTÍNEZ, T. (2012). *Op. cit.*, p. 4,

35 COELLI, T.; PRASADA RAO, D. S.; BATTESE, G. E. (1998). *An introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

36 COLL SERRANO, V.; BLASCO BLASCO, O. M. (2006). *Op. cit.*

37 COLL SERRANO, V.; BLASCO BLASCO, O. M. (2006). *Op. cit.*

Las ganancias de eficiencia^{38, 39} se pueden efectuar según dos orientaciones básicas: una orientación *outputs*, como es la del caso anterior, en la cual manteniendo el nivel de los *inputs* habría que incrementar el nivel de los *outputs*; y una orientación *inputs*, en tal caso el correspondiente índice de eficiencia ET_i representa lo que la unidad A podría reducir los recursos para alcanzar la línea envolvente o frontera de posibilidad de producción, $ET_i(A) = d(A'', D)/d(A'', A)$. Una combinación de ambas orientaciones no sólo es posible, sino que, en ocasiones y en la proporción debida, es también para las organizaciones privadas la opción de ganancia en eficiencia deseable.

En cuanto a la determinación de la función de producción educativa $A = f(B, S)$ el procedimiento más sencillo consiste en aplicar el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Esta opción se puede refinar mediante modelos de regresión multinivel^{40, 41, 42}, en los que se tiene en cuenta el posible agrupamiento de las unidades de análisis en niveles superiores (anidamiento).

Algunos autores^{43, 44, 45} han complicado la función de producción educativa con el propósito de refinarla, incorporando al argumento de dicha función, junto con B y S, las variables —o conjuntos de variables— P e I que reflejan los efectos de la relación entre pares y de la capacidad innata de los alumnos, respectivamente. Tales variables han sido identificadas como empíricamente relevantes, a través tanto de los estudios de PISA⁴⁶ como de síntesis meta-analíticas^{47, 48}. No obstante, y como han destacado Cordero Ferreras *et al.*, «Lo que actualmente sabemos es que la educación es un proceso altamente complejo con variables tales como la organización o los *inputs* no monetarios implicadas en la producción [Vandenberghe (1999)⁴⁹], lo que hace extraordinariamente difícil definir una función educativa general que incluya fielmente todos los factores relevantes. Por otra parte, hay que tener en cuenta que pueden existir comportamientos ineficientes en los procesos de aprendizaje debidos a múltiples razones, tales como la forma en la que los

38 SANTIN, D.; SICILIA, G. (2014b). *Ibid.*

39 OECD (2001). *Measuring Productivity*. OECD Manual. OECD. Paris.

40 GAVIRIA, J. L.; CASTRO, M. (2005). *Modelos jerárquicos lineales*. La Muralla. Madrid.

41 LÓPEZ MARTÍN, E.; NAVARRO ASENCIO, E.; ORDÓÑEZ CAMACHO, X. G.; ROMERO MARTÍNEZ, S. J. (2009). «Estudio de variables determinantes de eficiencia a través de los modelos jerárquicos lineales en la evaluación PISA 2006: el caso de España». *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*. Vol. 17, n. 16, Agosto 15. <<http://epaa.asu.edu/epaa/>>.

42 BLANCO-BLANCO, A.; LÓPEZ MARTÍN, E.; RUIZ DE MIGUEL, C. (2014). «Aportaciones de los modelos jerárquico-lineales multivariados a la investigación educativa sobre el rendimiento. Un ejemplo con datos del alumnado español en PISA 2009». *Revista de Educación*, 365. Julio-septiembre 2014, pp. 122-149. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2014-365-267.

43 CORDERO FERRERA, J. M.; CRESPO CEBADA, E.; PEDRAJA CHAPARRO, F. (2011). «Rendimiento educativo y determinantes según PISA: Una revisión de la literatura en España». *Revista de Educación*, 362. Septiembre-diciembre 2011, pp. 273-297. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2011-362-161.

44 CORDERO FERRERA, J. M.; CRESPO CEBADA, E.; PEDRAJA CHAPARRO, F.; SANTÍN GONZÁLEZ, D. (2011). «Exploring educational efficiency divergences across spanish regions in PISA 2006». *Revista de Economía Aplicada*, n. 57 (vol. XIX), pp. 117-145.

45 DE JORGE MORENO, J.; SANTÍN GONZÁLEZ, J. (2010). «Los determinantes de la eficiencia educativa en la Unión Europea». *Hacienda Pública Española / Revista de Economía*, 193-(2/2010), pp. 131-156.

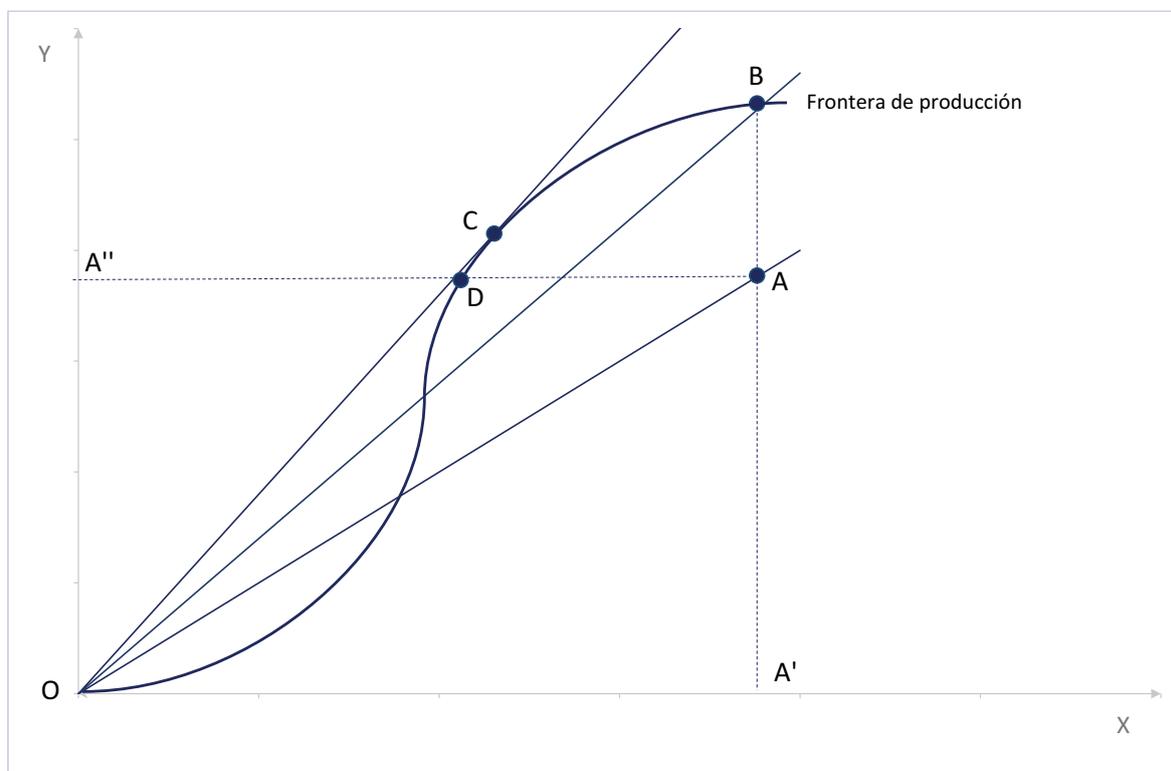
46 OCDE (2016). *Ibid.*

47 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.

48 HATTIE, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge. Abingdon.

49 VANDENBERGHE, V. (1999): «Economics of education. The need to go beyond human capital theory and production-function analysis». *Educational Studies*, vol. 25, n. 2, pp. 129-143.

Figura 3
Función frontera de posibilidades de producción y eficiencia técnica para un ejemplo sencillo



20

Fuente: Coelli *et al.* (1998), Coll *et al.* (2006) y elaboración propia.

recursos son organizados y gestionados, la motivación de los agentes implicados en el proceso o la estructura del sistema educativo en sí mismo, [Nechyva (2000)⁵⁰, Woessman (2001)⁵¹]⁵².

Además de lo anterior, problemas de errores de medición de las variables, potenciales efectos no observados, o variables omitidas, y la posibilidad de una doble causalidad entre las variables dependiente e independiente (véase, en nuestro caso, la posibilidad de reflejar en la matriz ST de la tabla 1 esas dobles causalidades antes citadas) generan endogeneidad y añaden imprecisión a los resultados. Así, por ejemplo, la variable I –de capacidad innata de los alumnos– explica, según el trabajo de J. Hattie⁵³, el 50 % de la varianza del rendimiento de los alumnos. En alguno de los estudios citados referidos a España, esa variable se ha medido a través de la repetición de curso, fenómeno que está afectado de un importante error debido a comportamientos diferenciados al respecto de las comunidades autónomas, como consecuencia de actuaciones administrativas propias. Algo similar cabría

50 NECHYBA, T. J. (2000). «Mobility targeting and private-school vouchers». *American Economic Review*, vol. 90, n. 1, pp. 130-146.

51 WOESSMAN, L. (2001). «Why students in some countries do better». *Education Matters*, vol. 1, n. 2, pp. 67-74.

52 CORDERO FERRERA, J. M.; CRESPO CEBADA, E.; PEDRAJA CHAPARRO, F.; SANTÍN GONZÁLEZ, D. (2011). *Op. cit.*, p. 118.

53 HATTIE, J. (2003). *Op. cit.*

decir de la variable calidad del profesorado que, además de en los análisis de casos⁵⁴, se ha revelado en multitud de estudios empíricos como francamente relevante. Por ejemplo, en el citado estudio de J. Hattie esta variable llega a explicar el 30 % de la varianza de los resultados de los alumnos. Sin embargo, probablemente debido a su dificultad, una cuantificación correcta de dicha variable no abunda en los estudios de determinación de la función de producción educativa.

En lo concerniente a la productividad, en la jerga propia de los enfoques de economía aplicada, se entiende por ella lo que en la tradición sistémica se conoce por eficiencia, es decir, la ratio entre los *outputs* producidos y los *inputs* utilizados, de modo que cuanto mayor sea el *output* para un *input* dado, o menor sea el *input* para un *output* dado, más productiva será la unidad⁵⁵. En este trabajo emplearemos preferentemente el término de eficiencia del gasto para referirnos a lo que en la comunidad científica de la economía aplicada se denomina, con una mayor frecuencia, productividad.

La figura 3 permite distinguir, sobre un caso sencillo, la diferencia que existe entre ambas nociones de eficiencia. Así, de acuerdo con su definición, las productividades de las unidades A, B o C vienen dadas por las pendientes de las rectas OA [$p(OA) = d(A', A)/d(O, A')$, a modo de ejemplo], OB y OC respectivamente. Por el contrario, las eficiencias técnicas serían para la unidad A, $ET(A) = d(A', A)/d(A', B)$, y para las unidades B y C, $ET(B) = ET(C) = 1$, ya que ambas unidades operan sobre la frontera de producción. Según lo anterior, una unidad puede ser técnicamente eficiente (A, por ejemplo) y, a la vez, ser capaz de mejorar su productividad (desplazándose de A a B).

Junto con una asunción débil del enfoque sistémico, cabe asimismo subrayar, como rasgo conceptual de la eficiencia técnica de una unidad de producción, su carácter relativo –toda vez que se mide con respecto a otras, a través de la determinación de la frontera– lo que contrasta con el carácter absoluto –sólo en este sentido– de la productividad.

2.3 La cuestión de la equidad

La cuestión de la equidad –o de la cohesión social– ha constituido una preocupación compartida por los países desarrollados que se ha traducido, entre otras, en las declaraciones políticas de la Unión Europea con ocasión primero de la estrategia de Lisboa y, posteriormente, de la estrategia ET2020⁵⁶. La OCDE, por su parte, ha mostrado esa misma sensibilidad, sobre un área geográfica más amplia, y ha manifestado un reiterado interés por medir su grado, o nivel, en todas las ediciones de PISA hasta ahora realizadas^{57, 58, 59}.

54 LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2014). *Fortalecer la profesión docente. Un desafío crucial*. Narcea Ediciones. Madrid.

55 OECD (2001). *Ibid.*

56 <http://ec.europa.eu/education/policy/strategic-framework_en>

57 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>>.

58 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>>.

59 OCDE (2016). *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>>.

El análisis de la relación entre las variables estatus socioeconómico y cultural y rendimiento escolar permite evaluar el nivel de equidad de un sistema educativo. Este es el camino emprendido por PISA, que se apoya en la medida de 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 OCDE⁶⁰ 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 abscisas, 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. 227).

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 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. 227).

El sistema educativo de una sociedad avanzada ha de aspirar, desde luego, a ser eficaz y eficiente, pero también justo, vale decir, capaz 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 adulta⁶¹.

2.4 El marco metodológico

El marco metodológico básico del presente estudio se acomoda al enfoque sistémico y, en particular, al esquema descrito en la figura 2 o en la zona sombreada de la tabla 1. Su aplicación corresponde, en nuestro caso, al conjunto de las comunidades autónomas españolas sobre la base de un solo *input*, medido por la variable 'gasto público por alumno en instituciones de educación no universitaria financiadas con fondos públicos', y un solo *output*, medido por la variable 'puntuación media de las tres pruebas de PISA 2015'. Pero, además, la preocupación por la equidad, en la visión comparada de las

60 OCDE (2016). *Ibid.*

61 FLAMANT, M (1988). *L'Histoire du libéralisme*. P.U.F. Paris.

diferentes comunidades autónomas, llevará a analizar este factor, propio de los sistemas educativos avanzados, con algún detalle y a matizar los valores resultantes de la eficiencia.

De acuerdo con lo anterior, los pasos que orientarán los correspondientes procedimientos de cálculo serán, básicamente, los siguientes:

- a) Armonización territorial de la variable *input* para las diecisiete comunidades autónomas españolas tomando en consideración el Índice Escolar de Ruralidad (IER).
- b) Armonización territorial de la variable *output* mediante la corrección del efecto del Índice del Estatus Socioeconómico y Cultural de los alumnos (ISEC) sobre la puntuación media en PISA 2015 en cada una de las diecisiete comunidades autónomas.
- c) Cálculo de eficiencias (*outputs/inputs*) y estimación de los márgenes de ganancia con relación a la media por comunidades autónomas.
- d) Elaboración de sendos diagramas: gasto público educativo vs. niveles de riqueza y eficacia vs. eficiencia del gasto.
- e) Cálculo de los parámetros que dan cuenta de la equidad de los sistemas educativos de las comunidades autónomas: la magnitud del impacto del nivel socioeconómico y cultural sobre el rendimiento, y la fuerza o intensidad de la relación estadística entre ambas variables.
- f) Elaboración de una diagrama magnitud del impacto del nivel socioeconómico en el rendimiento vs. la intensidad de la relación estadística ente ambas variables.
- g) Elaboración de un diagrama eficiencia del gasto vs. equidad medida por el parámetro de impacto.

3. El gasto público por alumno en instituciones de educación no universitaria financiadas con fondos públicos armonizado, por comunidad autónoma

En lo que sigue, se considerará como una medida de los *inputs* del sistema –tratados aquí como sinónimo de recursos monetarios– «el gasto público por alumno en instituciones de educación no universitaria financiadas con fondos públicos». La metodología de cálculo utilizada sigue las normas que aplica la OCDE en su sistema internacional de indicadores de la educación (INES)⁶².

Se trata de una variable que, además de estar suficientemente bien medida a efectos de comparación, resulta razonablemente congruente en cuanto al curso de referencia, con la variable *output* definida para el presente estudio como el promedio de los resultados obtenidos por los alumnos de 15 años en las tres pruebas de PISA 2015, correspondientes a su edición más reciente. No obstante, el grado notablemente diferente de ruralidad escolar, como una de las características del contexto propio de cada Comunidad Autónoma cuya influencia sobre el gasto educativo es demostrable, requiere

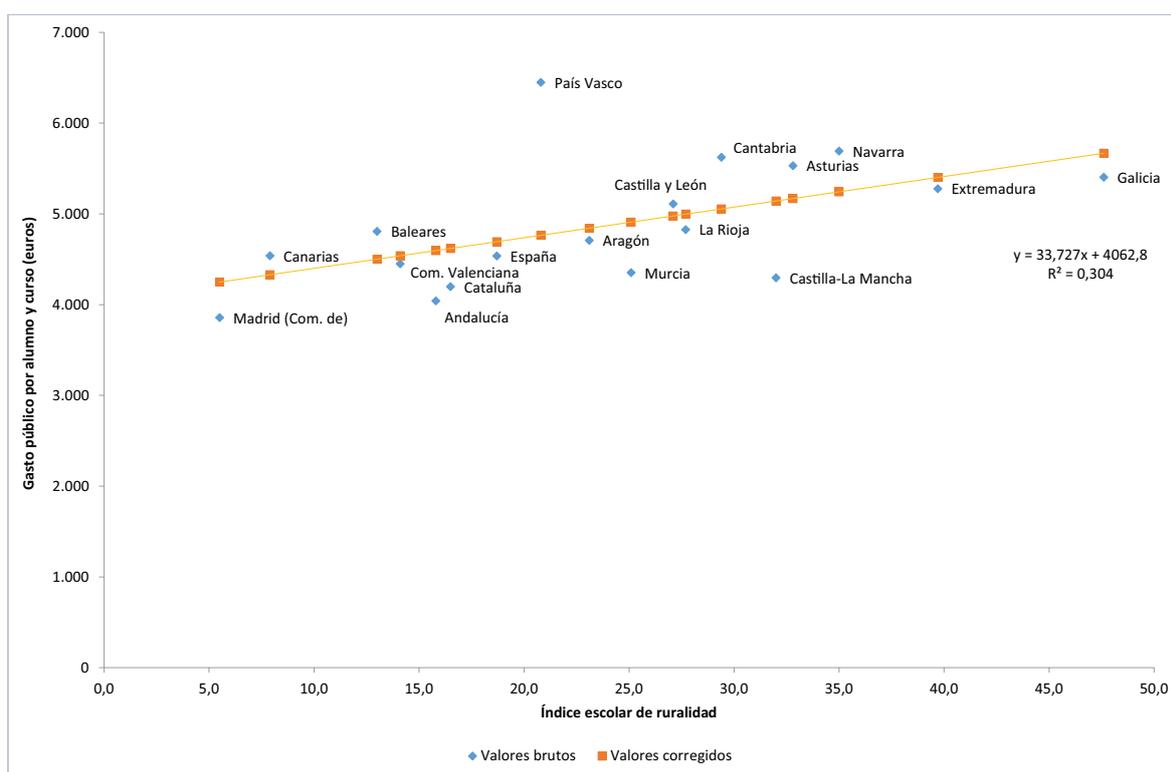
62 MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2017). *Las cifras de la educación en España. Curso 2014-2015*. <<https://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/indicadores-publicaciones-sintesis/cifras-educacion-espana.html>>.

efectuar una armonización de las anteriores cifras de gasto a fin de mejorar la homogeneidad a los efectos de su comparación.

3.1 El gasto público por alumno frente al índice escolar de ruralidad

Como hemos señalado en otro lugar⁶³, el factor que explica en mayor medida las diferencias entre comunidades autónomas, en cuanto a cifras de gasto público por alumno en instituciones de educación no universitaria financiadas con fondos públicos, es la ratio alumnos/profesor. Una variable de carácter estructural que condiciona fuertemente dicha ratio es el grado de dispersión de la población escolar. Es este un rasgo definitorio del medio rural que puede medirse a través del porcentaje de alumnos matriculados en poblaciones con menos de 10.000 habitantes. A dicho porcentaje lo denominaremos Índice Escolar de Ruralidad (IER). Aun cuando la ruralidad se puede definir mediante un conjunto más amplio de rasgos⁶⁴, a los efectos del presente estudio esta es la aproximación más relevante y, además, relativamente fácil de medir.

Figura 4
El gasto público por alumno frente al índice escolar de ruralidad (IER) por Comunidad Autónoma



Nota: Gasto público por alumno en enseñanzas no universitarias del sistema educativo, por tanto excluida la formación ocupacional. El alumnado se ha transformado en equivalente a tiempo completo, de acuerdo a la metodología utilizada en la estadística internacional.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por *Las cifras de la educación en España. Curso 2014-2015 (Edición 2017)*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

63 CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2015). *Informe 2015 sobre el estado del sistema educativo. Curso 2013_2014*. Ministerio de Educación Cultura y Deporte. Madrid.

64 <http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/Agrinfo12_tcm7-161562.pdf>.

Un análisis de regresión lineal, entre el IER y el gasto público por alumno en instituciones de educación no universitaria financiadas con fondos públicos, confirma la existencia de una relación directa entre ambas variables y revela la fuerza de dicha relación. En la figura 4 se representa gráficamente dicho análisis de regresión cuyos estadísticas principales así como los parámetros del ANOVA correspondiente se describen en la tabla A1 del Anexo. No obstante, cabe subrayar el valor de su coeficiente de determinación $R^2 = 0,30$ y su alto nivel de significación estadística ($\text{sig.} = 0,02$). Es decir, el 30 % de la varianza del gasto es explicada por la variable IER. Este análisis preliminar indica que estamos ante una variable contextual cuya influencia sobre el gasto es preciso armonizar si se pretende efectuar una comparación entre comunidades autónomas en términos razonablemente homogéneos.

3.2 Comparación del gasto público por alumno armonizado, por comunidad autónoma

Los resultados de los cálculos precedentes advierten de la conveniencia de tomar en consideración esta variable de contexto demográfico (IER) si lo que se pretende es armonizar los valores del gasto público por alumno entre comunidades autónomas. En otros términos, se trata de calcular cada valor del gasto público por alumno (y) que resulta tras homogeneizar el grado de influencia del factor IER (x), en las distintas comunidades autónomas. Para ello, se ha partido del anterior análisis de regresión y se ha procedido a determinar, por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), la ecuación (1) de mejor ajuste:

$$y = 33,73 x + 4.062,8 \quad (1)$$

La tabla 2 muestra, en términos comparativos para las diferentes comunidades autónomas, los valores brutos del gasto público por alumno y los valores netos que resultan al aplicar la corrección que se deriva de la citada homogenización.

La figura 5 facilita una lectura gráfica de la tabla anterior, al distinguir entre las comunidades autónomas que, en materia de gasto educativo público, se sitúan por encima de la media española y aquellas que lo hacen por debajo de ella, una vez igualado el impacto del nivel de ruralidad escolar sobre el gasto (pendiente de la recta de regresión).

Como se aprecia en la figura 5, los valores de gasto público educativo por alumno armonizados presentan diferencias apreciables entre comunidades autónomas que superan los 1.400 euros para los extremos: Galicia y Madrid.

Tabla 2
Valores del índice escolar de ruralidad (IER) en España y en cada una de las comunidades autónomas y valores brutos y corregidos del efecto del IER en el gasto público por alumno y curso. Año 2014

	Índice escolar de ruralidad (IER)	Gasto público por alumno y curso	
		Valores brutos (Euros)	Valores corregidos (Euros)
España	18,7	4.537	4.693
Andalucía	15,8	4.042	4.596
Aragón	23,1	4.707	4.842
Asturias	32,8	5.530	5.169
Baleares (Islas)	13,0	4.808	4.501
Canarias	7,9	4.539	4.329
Cantabria	29,4	5.623	5.054
Castilla y León	27,1	5.109	4.977
Castilla-La Mancha	32,0	4.295	5.142
Cataluña	16,5	4.198	4.619
Comunidad Valenciana	14,1	4.449	4.538
Extremadura	39,7	5.276	5.402
Galicia	47,6	5.404	5.668
La Rioja	27,7	4.827	4.997
Madrid (Comunidad de)	5,5	3.857	4.248
Murcia (Región de)	25,1	4.352	4.909
Navarra (Com. Foral de)	35,0	5.692	5.243
País Vasco	20,8	6.448	4.764

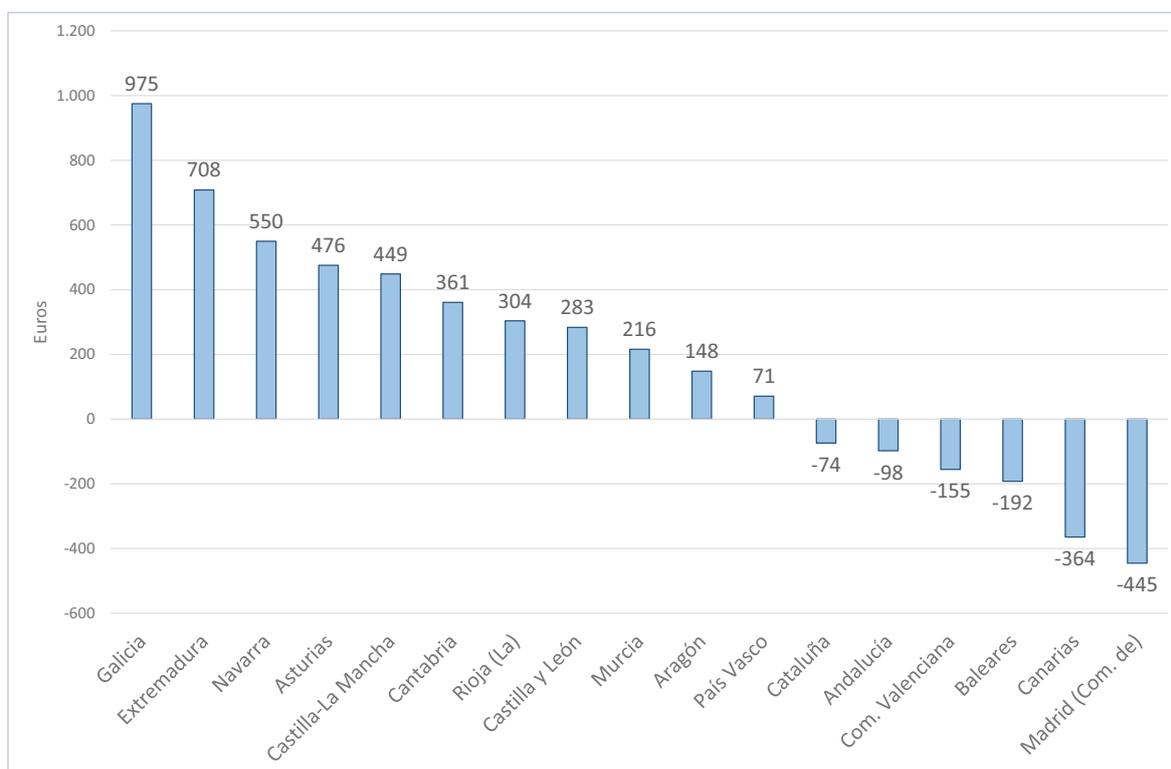
Notas:

Gasto público por alumno en enseñanzas no universitarias del sistema educativo, por tanto excluida la formación ocupacional. El alumnado se ha transformado en equivalente a tiempo completo, de acuerdo con la metodología utilizada en la estadística internacional. El curso 2013-2014 es el último del que se dispone de datos consolidados.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por *Las cifras de la educación en España. Curso 2014-2015 (Edición 2017)*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Figura 5

Desviaciones de los valores armonizados del gasto educativo público por alumno, teniendo en cuenta el índice escolar de ruralidad, con respecto a la media española, por Comunidad Autónoma



Fuente: Elaboración propia.

4. El rendimiento escolar de los alumnos armonizado, por comunidad autónoma

A los efectos de la medida del rendimiento escolar de los alumnos como principal *output* del sistema, en el presente estudio se considerará la media de las puntuaciones obtenidas en PISA 2015, en las pruebas correspondiente a sus tres áreas tradicionales: lectura, matemáticas y ciencias.

La vinculación relativamente intensa –según los países– entre el nivel socioeconómico de los alumnos y sus resultados escolares constituye un hecho empírico, establecido desde hace décadas y reiterado en multitud de investigaciones, que las sucesivas ediciones de PISA no han hecho más que ratificar. Esta circunstancia obliga a detraer la influencia de dicha variable sobre los resultados de los alumnos como una de las operaciones de contextualización imprescindible, antes de proceder a una comparación razonablemente homogénea entre los *outputs* de los países y, en nuestro caso, de las comunidades autónomas.

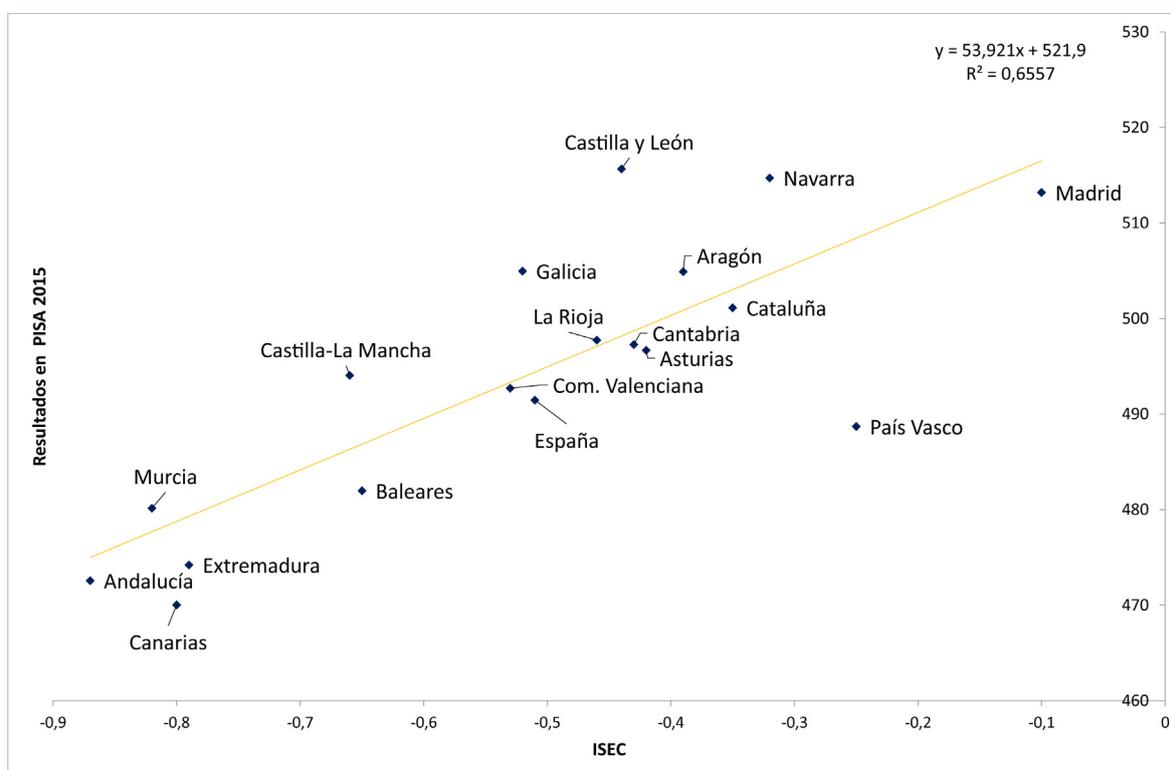
Otra de las variables susceptibles de un tratamiento similar es el peso de la inmigración, medido por el porcentaje de alumnos inmigrantes presentes en la educación escolar. PISA 2015 ha llamado la

atención sobre esta circunstancia y sobre la posible interacción entre dicha variable y el nivel socioeconómico y cultural medido por el índice Estatus Socioeconómico y Cultural (ISEC) sobre el conjunto de países y de economías participantes. Por tal motivo, en este estudio se ha efectuado un análisis preliminar de dicha relación para el conjunto de las comunidades autónomas españolas encontrándose una relación débil y estadísticamente no significativa. Ante esta circunstancia, en lo que sigue se tomará en consideración únicamente el nivel socioeconómico y cultural, medido por el ISEC⁶⁵ de la OCDE, a la hora de contextualizar los resultados obtenidos por los alumnos de las diferentes comunidades autónomas en PISA 2015 y proceder a una armonización que mejore su comparabilidad.

4.1 El rendimiento escolar frente al ISEC por comunidad autónoma

Un análisis de regresión lineal entre el rendimiento escolar, medido por la media aritmética de las puntuaciones obtenidas en las pruebas de PISA 2015 para las tres áreas antes citadas, y el ISEC para las diferentes comunidades autónomas españolas confirma, una vez más, la importancia de esa relación para el caso español, cuando se toma la Comunidad Autónoma como unidad de análisis. La figura 6 muestra

Figura 6
Resultados PISA 2015 frente al índice socioeconómico y cultural (ISEC) por Comunidad Autónoma



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

65 El ISEC (ESEC, Index of Economic, Social and Cultural Status) es un índice utilizado por PISA para medir el nivel socioeconómico y cultural de las familias. Se ha asignado al ISEC, para el total de los países de la OCDE, un valor medio de cero y una desviación típica de uno. De acuerdo con esta asignación convencional, un índice negativo significa que las familias de los alumnos de un país o de una economía tienen un nivel socioeconómico y cultural inferior a la media de la OCDE

Tabla 3

Valores del índice del nivel socioeconómico y cultural (ISEC) de los alumnos en España y en cada una de las Comunidades Autónomas, y valores brutos y corregidos del efecto del ISEC, en cada una de las materias evaluadas en PISA 2015

	ISEC	Ciencias		Lectura		Matemáticas	
		Valores brutos	Valores corregidos	Valores brutos	Valores corregidos	Valores brutos	Valores corregidos
España	-0,51	493	507	496	510	486	500
Andalucía	-0,87	473	497	479	503	466	488
Aragón	-0,39	508	519	506	517	500	511
Asturias	-0,42	501	515	498	511	492	505
Baleares (Islas)	-0,65	485	501	485	501	476	492
Canarias	-0,8	475	498	483	505	452	474
Cantabria	-0,43	496	506	501	511	495	505
Castilla y León	-0,44	519	528	522	530	506	515
Castilla-La Mancha	-0,66	497	514	499	515	486	502
Cataluña	-0,35	504	515	500	509	500	510
Com. Valenciana	-0,53	494	507	499	512	485	498
Extremadura	-0,79	474	494	475	495	473	492
Galicia	-0,52	512	522	509	519	494	504
La Rioja	-0,46	498	512	491	503	505	518
Madrid (Comunidad de)	-0,1	516	519	520	523	503	506
Murcia (Región de)	-0,82	484	508	486	509	470	493
Navarra (Com. Foral de)	-0,32	512	521	514	523	518	527
País Vasco	-0,25	483	489	491	497	492	498

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis secundarios efectuados por los autores sobre la base de datos de PISA 2015.

gráficamente los resultados del correspondiente análisis de regresión cuyos estadísticos principales así como los parámetros del ANOVA correspondiente se describen en la tabla A2 del Anexo.

Cabe subrayar la notable magnitud que alcanza el coeficiente de determinación $R^2 = 0,66$ y su muy alto nivel de significación estadística (sig. = 0,0000) (tabla A2). Es decir, el 66 % de la varianza de los resultados obtenidos en PISA 2015 por las comunidades autónomas es explicado por la variable nivel socioeconómico y cultural. Ello confirma la necesidad, en el presente caso, de corregir la influencia de dicha variable sobre el rendimiento escolar a la hora de comparar los resultados de las comunidades autónomas de un modo razonablemente homogéneo. Por tal motivo, y con el fin de efectuar la correspondiente contextualización de los resultados, se han corregido las puntuaciones en PISA en función del ISEC de

acuerdo con la metodología de 'gradientes' empleada por la OCDE. La aplicación de esta metodología al caso que nos ocupa ha supuesto la realización de 72 análisis secundarios de los microdatos correspondientes a los alumnos: para el conjunto de España, para cada una de las 17 comunidades autónomas, y para cada una de las puntuaciones obtenidas en las 3 áreas principales de PISA 2015 (Ciencias, Lectura, y Matemáticas), así como para la puntuación global. PISA proporciona 10 valores plausibles y un valor final de ponderación normalizado a nivel de estudiante [*normalised student final weights (W_FSTUWT)*] que ha sido utilizado en los análisis realizados, proporcionando así estimaciones más eficientes.

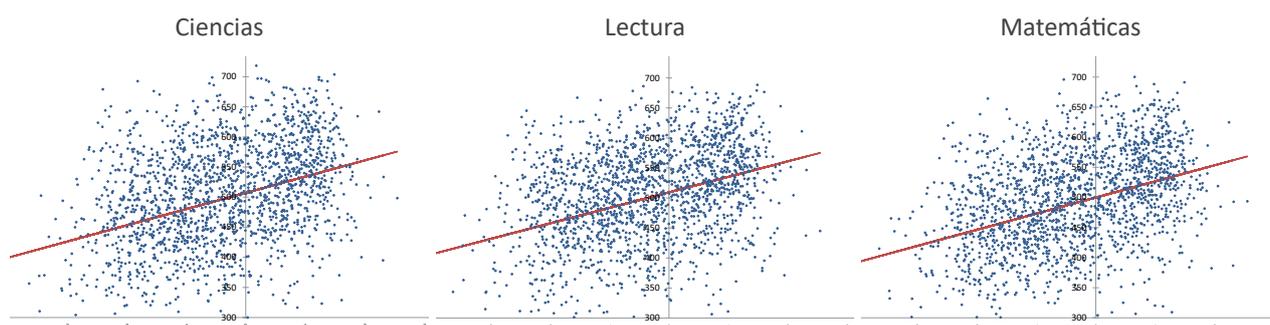
La tabla 3, recoge los valores medios, brutos y corregidos atendiendo al índice de nivel socioeconómico y cultural (ISEC) de los alumnos en España y en cada una de las comunidades autónomas.

Los diagramas de dispersión representados en la figura 7 muestran el comportamiento conjunto de las dos variables de interés (rendimiento en cada una de las materias e ISEC) donde cada estudiante aparece representado como un punto en el plano definido por sus puntuaciones en ambas variables. Ello permite observar la relación positiva existente entre las mismas, enfatizada por la representación de la recta de mejor ajuste a la nube de puntos, así como determinar el valor de la ordenada en el origen que indica la correspondiente puntuación corregida del efecto del ISEC.

La representación gráfica muestra una gran similitud en la relación para cada una de las tres materias con el ISEC, siendo algo mayor en el caso de Matemáticas ($R^2 = 0,16$) que en los casos de Ciencias ($R^2 = 0,15$) y Lectura ($R^2 = 0,14$), estadísticamente significativa en todos ellos.

30

Figura 7
Resultados en cada una de las materias evaluadas en PISA 2015 frente al índice del nivel socioeconómico y cultural (ISEC) de los alumnos en España



Fuente: Elaboración propia a partir de análisis secundarios efectuados por los autores sobre la base de datos de PISA 2015.

4.2 Comparación de los resultados de PISA armonizados por comunidad autónoma

La tabla 4 muestra, en términos comparativos para las diferentes comunidades autónomas, los valores brutos de las puntuaciones medias obtenidas en PISA 2015 y los valores corregidos, siguiendo la metodología de PISA para la corrección del efecto del ISEC.

Tabla 4
Valores brutos de las puntuaciones medias obtenidas en PISA 2015 y valores corregidos de la influencia del ISEC

	Índice del nivel socioeconómico y cultural (ISEC)	Puntuación media en PISA 2015	
		Valores brutos	Valores corregidos
España	-0,51	491	505
Andalucía	-0,87	473	496
Aragón	-0,39	505	516
Asturias	-0,42	497	510
Baleares (Islas)	-0,65	482	498
Canarias	-0,8	470	492
Cantabria	-0,43	497	508
Castilla y León	-0,44	516	525
Castilla-La Mancha	-0,66	494	510
Cataluña	-0,35	501	511
Comunidad Valenciana	-0,53	493	506
Extremadura	-0,79	474	494
Galicia	-0,52	505	515
La Rioja	-0,46	498	511
Madrid (Comunidad de)	-0,1	513	516
Murcia (Región de)	-0,82	480	503
Navarra (Com. Foral de)	-0,32	515	523
País Vasco	-0,25	489	495

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis secundarios efectuados por los autores sobre la base de datos de PISA 2015.

De manera complementaria, la figura 8, obtenida a partir de las estimaciones individuales de las puntuaciones de los estudiantes, muestra la relación entre el ISEC y el rendimiento global en PISA 2015 para España y para el conjunto de comunidades autónomas. Se trata de una relación positiva y estadísticamente signifi-

Figura 8
Resultados en PISA 2015 frente al índice del nivel socioeconómico y cultural (ISEC) de los alumnos en España y en cada una de las Comunidades Autónomas (1/2)

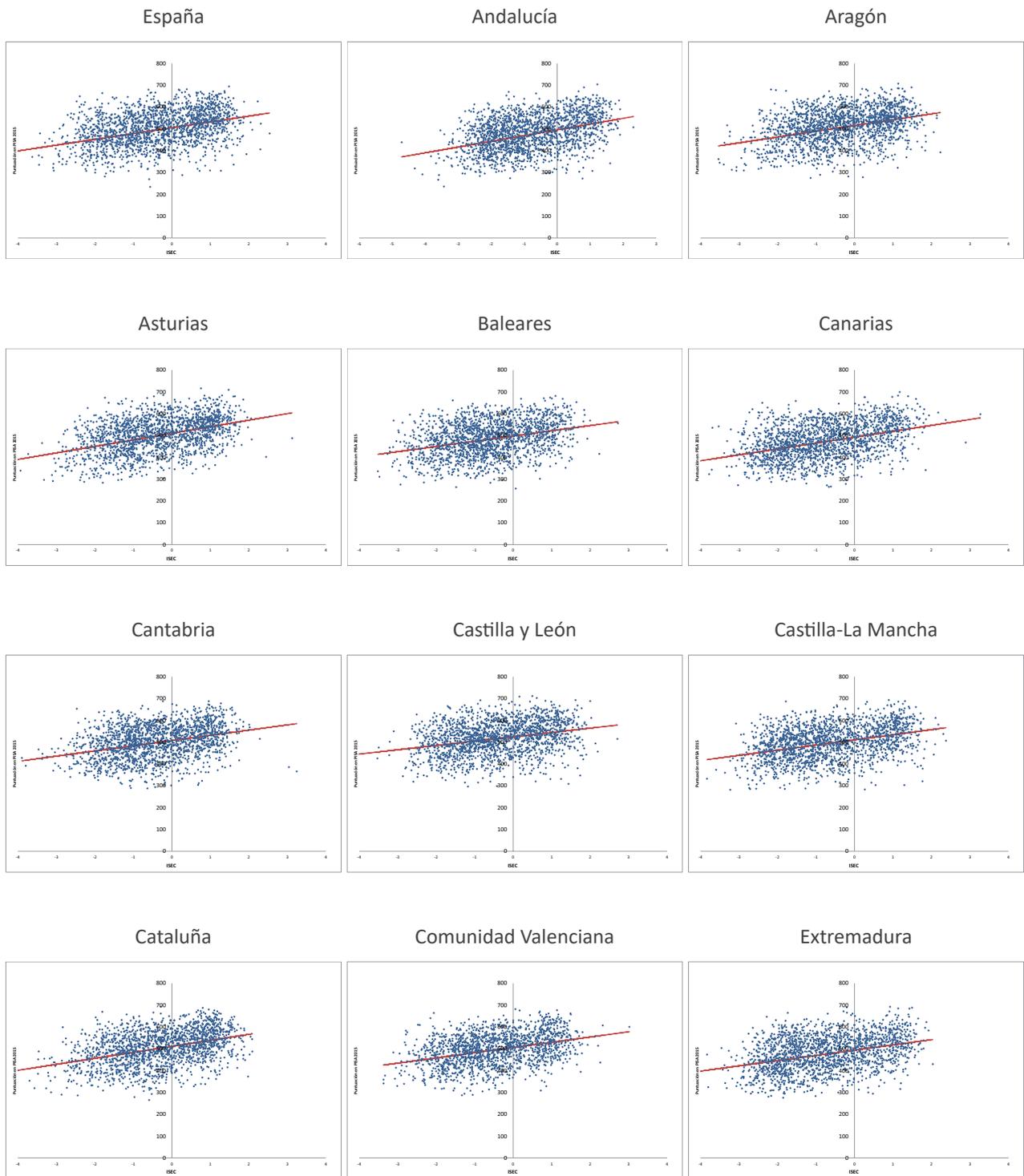
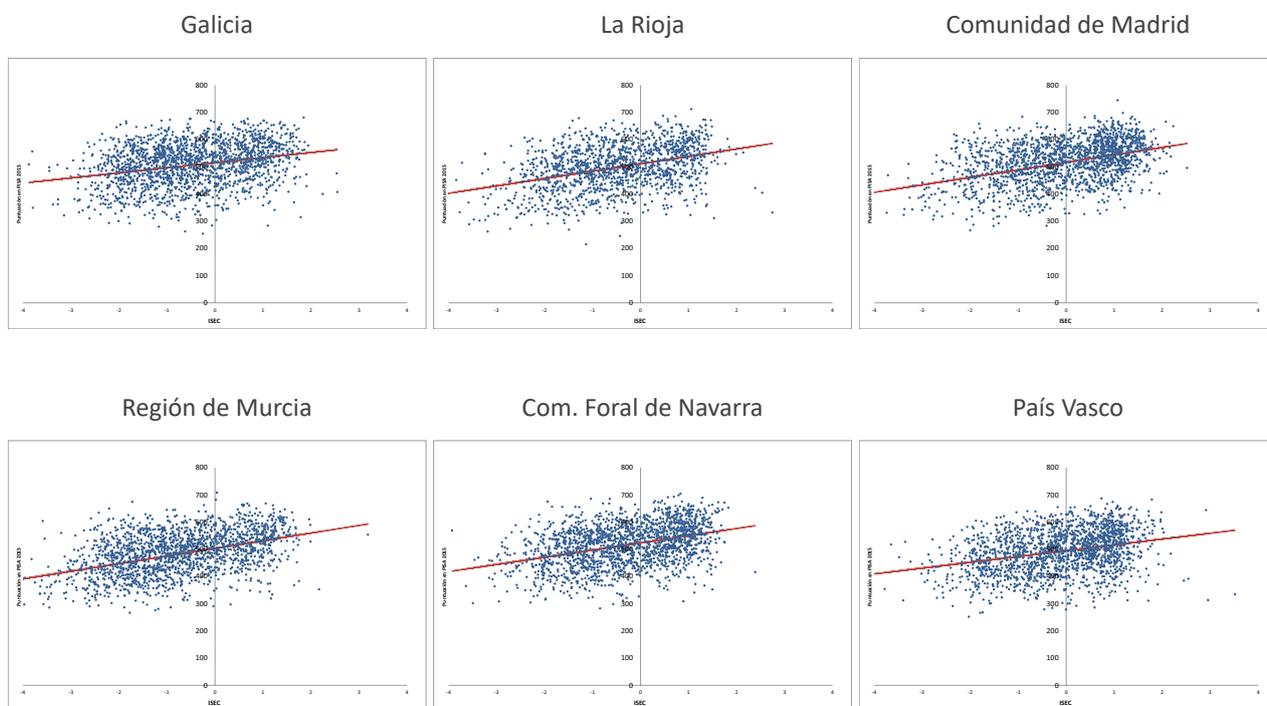


Figura 8 (continuación)
Resultados en PISA 2015 frente al índice del nivel socioeconómico y cultural (ISEC) de los alumnos en España y en cada una de las Comunidades Autónomas (2/2)



Fuente: Elaboración propia a partir de análisis secundarios efectuados por los autores sobre la base de datos de PISA 2015.

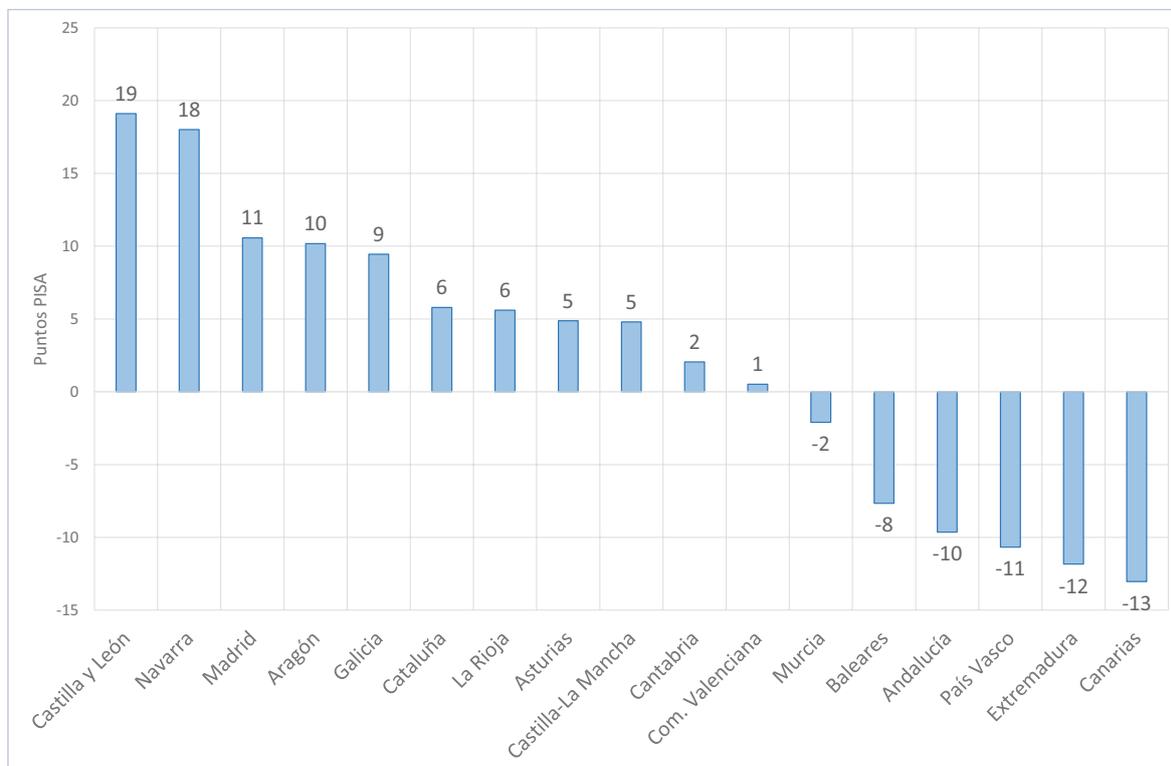
cativa en todos los casos, cuya fuerza (R^2) oscila entre los 0,19 puntos del caso de Murcia y los 0,07 de Galicia; Asturias y la Comunidad de Madrid seguirían a Murcia con valores de 0,19 y 0,17, respectivamente. En el extremo opuesto se situarían Castilla y León y el País Vasco, con valores situados en torno a los 0,09 puntos.

La figura 9 proporciona una lectura gráfica de la tabla 4, distinguiendo entre las comunidades autónomas que, en materia de resultados PISA, se sitúan por encima de la media española y aquellas que lo hacen por debajo de ella.

Del análisis de la figura 9 se deduce la existencia de una diferencia entre Castilla y León y Canarias, una vez corregida la influencia del nivel socioeconómico y cultural, de 32 puntos PISA, lo que corresponde aproximadamente a un año de desfase escolar promedio entre los alumnos de tales comunidades autónomas⁶⁶.

66 De acuerdo con las estimaciones de PISA 2015 una diferencia de 30 puntos equivale a un desfase de 1 año de escolaridad.

Figura 9
Desviaciones de los resultados en PISA 2015 corregidos por el índice socioeconómico y cultural con respecto a la media de España por comunidad autónoma



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la tabla 4.

5. Eficiencia del gasto público educativo por alumno de las comunidades autónomas

De acuerdo con la noción de eficiencia, expresada como cociente entre *outputs* e *inputs* –productividad, en la jerga económica–, la tabla 5 muestra las cifras que resultan de tomar en consideración los valores armonizados de unos y de otros; valores que han sido previamente recogidos en las tablas 3 y 2 respectivamente. Cada una de las cifras representa el coste en euros de cada punto PISA en cada una de las comunidades autónomas.

La figura 10 representa gráficamente las desviaciones de los valores de la eficiencia del gasto público educativo por alumno con respecto al de la media de España para las diferentes comunidades autónomas. Las desviaciones negativas de las comunidades autónomas con valores de eficiencia inferiores a la media de España muestran los márgenes de ganancia de eficiencia que presentan buena parte de ellas de cara al objetivo modesto de igualarse a esa media.

Cuando se representa gráficamente los resultados frente al gasto y se efectúa el correspondiente análisis de regresión se obtiene una relación estadística muy débil ($R^2 = 0,09$) y no significativa

Tabla 5
Valores de la eficiencia del gasto público por alumno por Comunidad Autónoma

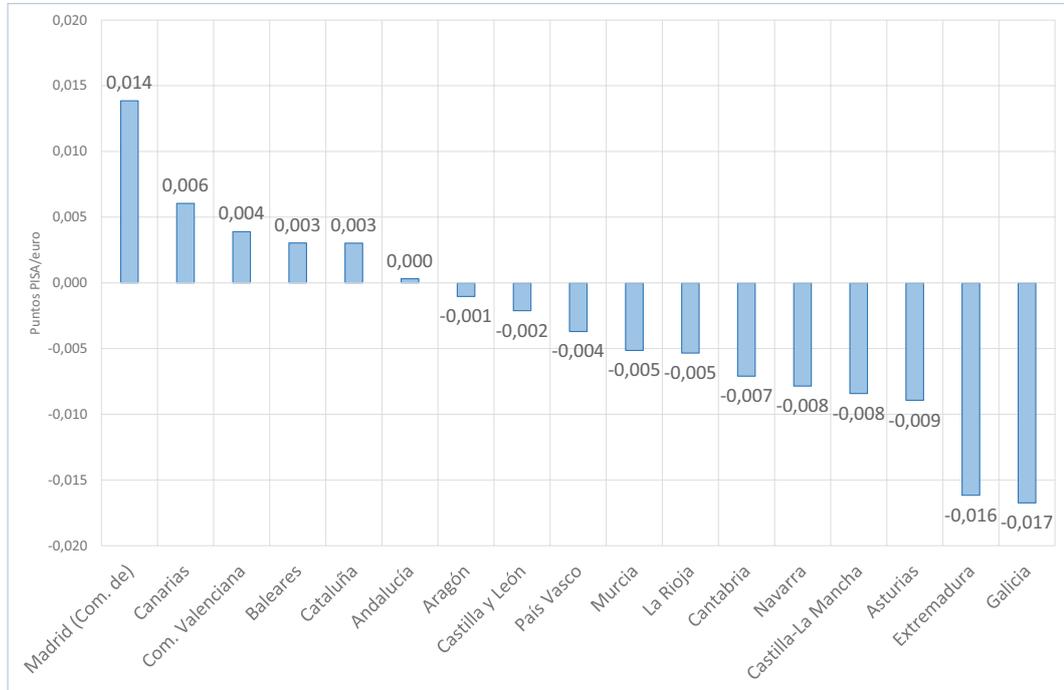
	Eficiencia (Puntos PISA/euro)
España	0,108
Andalucía	0,108
Aragón	0,107
Asturias	0,099
Baleares (Islas)	0,111
Canarias	0,114
Cantabria	0,101
Castilla y León	0,105
Castilla-La Mancha	0,099
Cataluña	0,111
Comunidad Valenciana	0,112
Extremadura	0,091
Galicia	0,091
La Rioja	0,102
Madrid (Comunidad de)	0,121
Murcia (Región de)	0,102
Navarra (Com. Foral de)	0,100
País Vasco	0,104

Fuente: Elaboración propia a partir de de los datos de las tablas 2 y 4.

(sig. = 0,21) (tabla A3), lo que apunta a la existencia de factores de diferente naturaleza que influyen, según un patrón heterogéneo, sobre la eficiencia de las diferentes comunidades autónomas. La figura 11 muestra esa dispersión y aconseja organizar en cuadrantes las posiciones de las comunidades autónomas en ese diagrama *inputs-outputs*.

Sin perjuicio de los análisis que vendrán después, merece la pena detenernos en lo que podríamos denominar un 'análisis de cuadrantes', fijando particularmente la atención en el 'cuadrante óptimo' –bajo gasto y altos resultados– y 'cuadrante pésimo' –alto gasto y bajos resultados–. En el primer grupo se sitúan, aunque en posiciones distantes, la Comunidad de Madrid, Cataluña y la Comunidad Valenciana; y en el segundo, Murcia, el País Vasco y Extremadura.

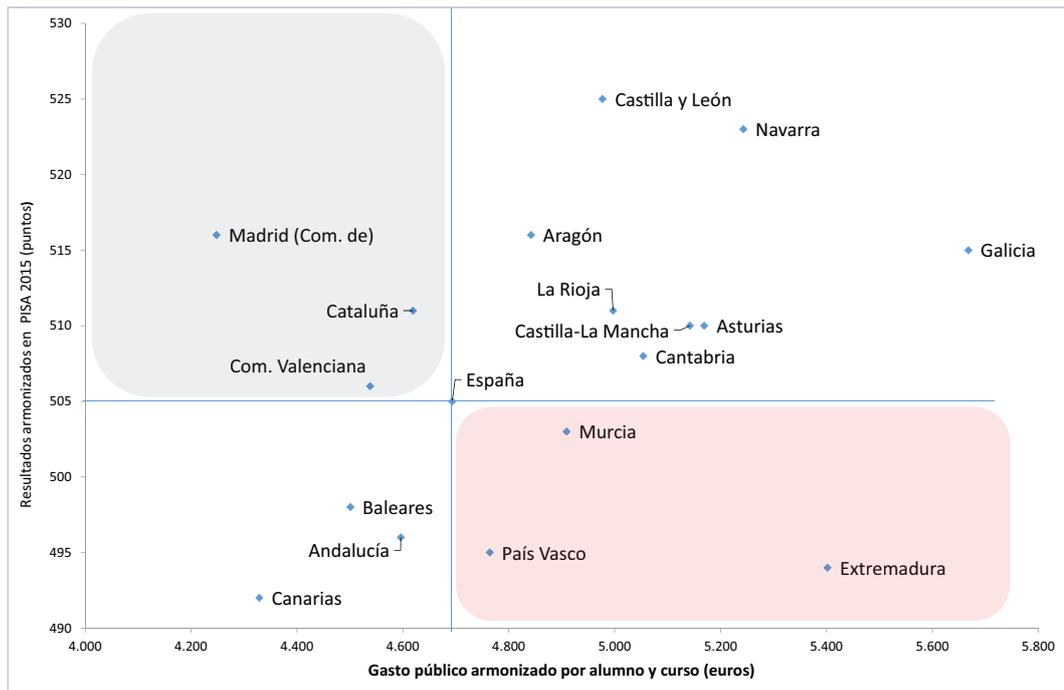
Figura 10
Desviaciones de los valores de la eficiencia del gasto público educativo por alumno con respecto al de la media de España por Comunidad Autónoma



36

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11
Resultados en PISA 2015 frente al gasto público por alumno y curso, ambos armonizados, por Comunidades Autónomas



Fuente: Elaboración propia.

6. Gasto público educativo vs. niveles de riqueza y eficacia vs. eficiencia del gasto

Los análisis anteriores han ofrecido un panorama muy diverso en cuanto al comportamiento de las comunidades autónomas, tanto en materia de gasto como de resultados, que aconseja avanzar en la búsqueda de diagnósticos más claros y útiles con vistas a orientar las políticas. Se pretende con ello, a fin de cuentas y a la luz del mapa de situación que resulte, estar en condiciones de efectuar recomendaciones sobre las políticas de gasto educativo en España y también sobre el resto de las políticas en su conjunto.

6.1 Gasto público educativo vs. niveles de riqueza

Un primer paso en esa dirección consiste en introducir en los análisis el nivel de riqueza de las comunidades autónomas. Ello se justifica por dos razones: en primer lugar, porque, como se ha recordado en la introducción del presente trabajo, el impacto de la variable gasto sobre los resultados de los alumnos depende del grado de desarrollo de los países –o unidades económicas– medido, precisamente, por la magnitud del gasto educativo; y en segundo lugar, porque, habida cuenta del ampliamente reconocido papel de la educación y de la formación como motores de progreso económico y social, en el medio y largo plazo, las comunidades autónomas menos ricas deberían hacer un esfuerzo de gasto educativo por alumno superior al de la media.

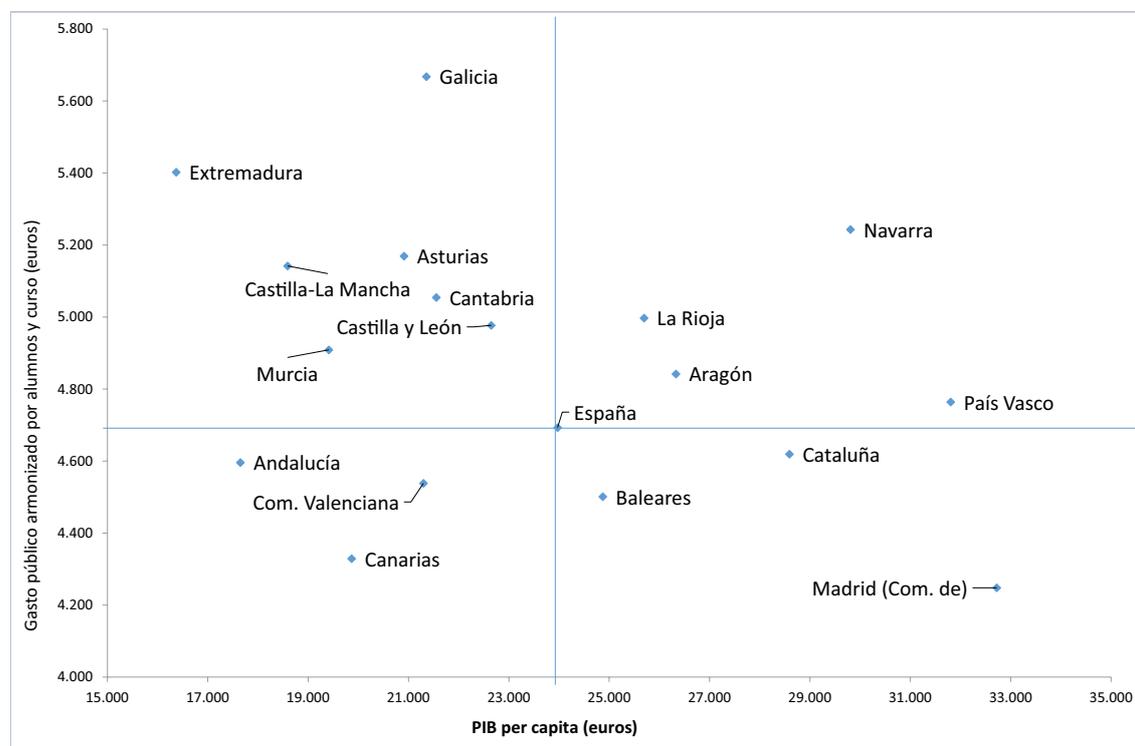
En la figura 12 se representan los valores del gasto educativo público por alumno frente a los niveles de riqueza medidos por el PIB *per capita* para el conjunto de las comunidades autónomas. La nube de puntos resultante pone de manifiesto una gran dispersión, de modo que hay comunidades autónomas de menor nivel de riqueza que gastan más que la media y otras de mayor nivel de riqueza que gastan menos que la media. Ello se traduce en los parámetros que resultan del correspondiente análisis de regresión ($R^2 = 0,10$; sig. = $0,19$) (tabla A4).

No obstante lo anterior, el análisis por cuadrantes aporta una información de notable interés. Cuando se fija la atención en las comunidades autónomas con un nivel de riqueza inferior a la media se aprecia, de nuevo, un comportamiento heterogéneo. Así, Canarias, la Comunidad Valenciana y Andalucía, teniendo un nivel de riqueza inferior a la media, gastan menos que la media española; mientras que Murcia, Castilla-León, Cantabria, Castilla-La Mancha, Asturias, Extremadura y Galicia gastan más que la media. Resulta, pues, que el 70 % de las comunidades autónomas menos ricas están haciendo una apuesta decidida por la Educación a través de sus políticas de gasto.

6.2 Eficacia vs. eficiencia del gasto

Aun cuando un gasto educativo adecuado a las necesidades de la población es una condición necesaria para la obtención de buenos resultados escolares no es, en modo alguno, condición suficiente.

Figura 12
Gasto educativo público armonizado por alumno frente al nivel de riqueza por Comunidades Autónomas



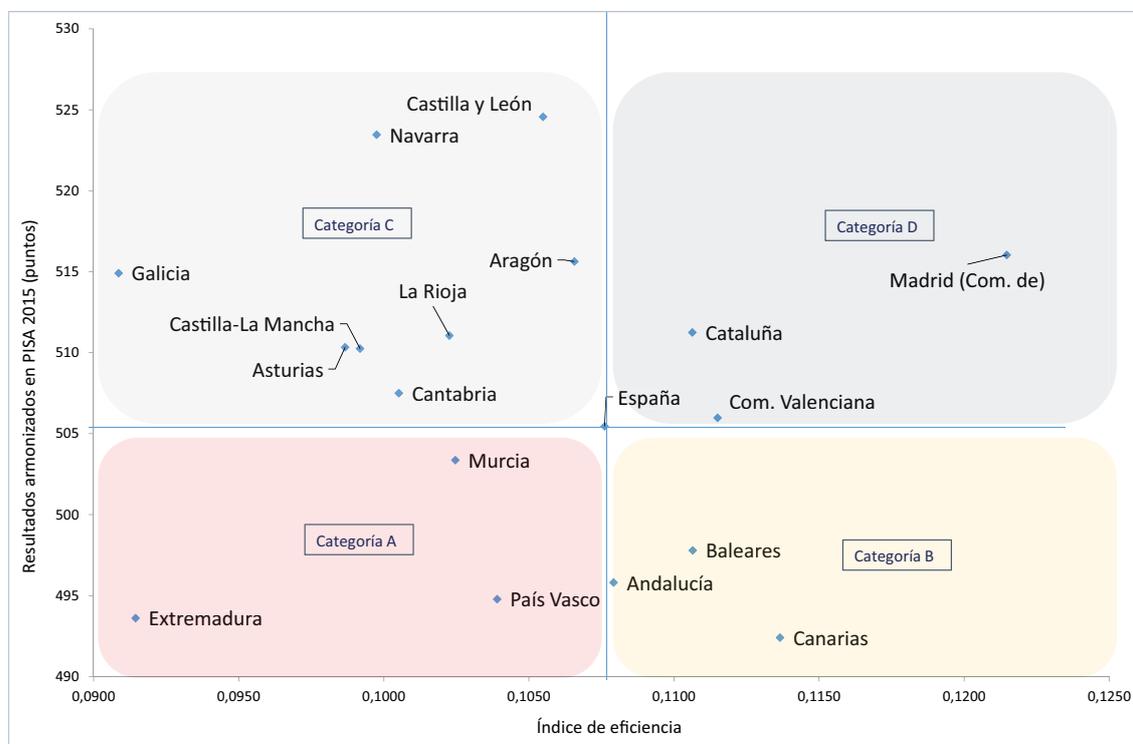
Fuente: Elaboración propia.

Y es aquí donde intervienen el nivel de calidad de las políticas y su grado de eficiencia para dar forma a ese conocido desideratum de 'gastar mejor'. Se hace, por tanto, conveniente seguir esa pista en los análisis y completar el mapa anterior tomando en consideración los efectos del resto de las políticas distintas de las de gasto.

La figura 13 muestra la representación de los valores de eficacia, medida por las puntuaciones PISA 2015 obtenidas por las diferentes Comunidades, tras haber sido corregidos los efectos del ISEC, frente a los correspondientes valores de la eficiencia, anteriormente calculados (tabla 4). De nuevo se observa una apreciable dispersión en la nube de puntos ($R^2 = 0,003$; sig. = 0,82) (tabla A5). A partir de ella, y recurriendo al contenido de los cuatro cuadrantes que resultan de tomar en consideración como referencia los valores medios de España, es posible categorizar las diferentes comunidades autónomas en cuatro clases: las poco eficaces y poco eficientes (categoría A), las poco eficaces pero eficientes (Categoría B), las eficaces pero poco eficientes (categoría C) y finalmente las eficaces y eficientes (categoría D).

En la categoría A (baja eficiencia, baja eficacia) se encuentran Murcia, Extremadura y el País Vasco. El hecho de que obtengan bajos resultados y a un coste superior a la media –una vez armonizadas las influencias tanto del IER como del ISEC– apunta a problemas de calidad de la gobernanza del sistema educativo, en términos comparativos con otras comunidades autónomas. Todas las comunidades de

Figura 13
Eficacia, medida por las puntuaciones medias en PISA 2015, corregidas del efecto del ISEC, frente a los valores de la eficiencia del gasto educativo público por comunidades autónomas



Fuente: Elaboración propia.

este grupo están realizando un esfuerzo económico en favor de la educación que es superior a la media (véase la figura 12), pero ello no se traduce, al menos por el momento, en la calidad de los resultados. De acuerdo con el esquema de la figura 1, son los procesos los que transforman los recursos en resultados de modo que, en esos casos, resulta imprescindible penetrar en la llamada 'caja negra' y operar racionalmente sobre su contenido a partir de diagnósticos específicos y precisos.

En la categoría B (alta eficiencia, baja eficacia) se encuentran Andalucía, Baleares y Canarias. La situación de estas comunidades autónomas apunta a un problema de financiación insuficiente que es preciso corregir, sea desde el Estado, sea desde la propia Comunidad. Sus valores de eficiencia, situados por encima de la media hacen pensar, que el problema no está tanto del lado de la gestión de los recursos como de su volumen. Sin perjuicio de la mejora de su diagnóstico del lado de los procesos, la acción prioritaria se decanta del lado de la magnitud del gasto.

En la categoría C (baja eficiencia, alta eficacia) se sitúan Galicia, Asturias, Castilla-La Mancha, Navarra, Cantabria, La Rioja, Castilla y León y Aragón. Son comunidades que gastan más que la media para obtener, ciertamente, resultados superiores a la media pero con una eficiencia inferior a la media. En estos casos se impone una mejora de la eficiencia con 'orientación *outputs*' (véase página 21) que supone operar sobre los procesos con el fin de gastar mejor aquello de que se dispone. Ello es

así porque, la 'orientación *inputs*' en la mejora de la eficiencia de los sistemas educativos es enormemente costosa en el plano político y, por ende salvo 'catástrofe', poco realista. De ahí la necesidad de acertar en cualquier aportación suplementaria de recursos para que sea altamente eficiente.

Finalmente, la categoría D (alta eficiencia, alta eficacia) comprende aquellas comunidades autónomas eficaces y eficientes. Tal es el caso de Cataluña, la Comunidad Valenciana y la Comunidad de Madrid.

No obstante los anteriores análisis, cabe advertir que la eficiencia, como rasgo de calidad de la gobernanza, no es un valor en sí misma si no va acompañada de una aspiración de equidad. En esta dimensión, no menor, del presente diagnóstico profundizaremos en lo que sigue.

7. La equidad educativa de las comunidades autónomas

Sin perjuicio de ese ideal constitucional de la igualdad del derecho a una educación de calidad en todo el territorio nacional, al que haremos referencia más adelante, procede profundizar, sobre una base empírica, en la cuestión de la equidad en el interior de cada una de las comunidades autónomas, así como en las diferencias existentes entre ellas y en las correspondientes consecuencias. Todo ello con vistas a la implementación de políticas correctoras, incluidas las de gasto, a nivel tanto del Estado como de las propias comunidades autónomas, de conformidad con sus respectivos marcos competenciales.

40

7.1 Dos aproximaciones diferentes y complementarias al grado de equidad del sistema educativo

Los dos parámetros de la relación estadística entre el ISEC y las puntuaciones en PISA –impacto e intensidad– facilitan, como se ha indicado más arriba, sendas aproximaciones diferentes y complementarias al grado de equidad de un sistema educativo. PISA 2015 proporciona datos directos de estas dos variables –nivel socioeconómico y cultural y rendimiento escolar– para los países y economías participantes en el programa. Pero, además, su rica base de microdatos permite la determinación de esos dos parámetros de la relación antes citados, mediante análisis secundarios, para las regiones de aquellos países que han participado con muestra ampliada y estadísticamente representativa de ese nivel geográfico. Ese es el caso de España como se ha mostrado en el apartado 4 de esta Parte I.

Los análisis empíricos secundarios, anteriormente descritos, nos han permitido determinar los valores de los dos parámetros relacionados con la equidad del sistema educativo: la pendiente de las rectas de ajuste, que se han representado en la figura 8, y el coeficiente de determinación R^2 de los correspondientes análisis de regresión. Los valores de ambos parámetros se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Valores de la magnitud del impacto (m) del ISEC sobre el rendimiento escolar, medido por la media de las puntuaciones correspondientes a las tres pruebas de PISA 2015, y de la intensidad de la correspondiente relación (R²) por Comunidades Autónomas

	Intensidad (R ²)	Impacto (m)
España	0,16	26,62
Andalucía	0,16	26,36
Aragón	0,14	26,56
Asturias	0,19	30,01
Baleares (Islas)	0,11	23,96
Canarias	0,15	27,05
Cantabria	0,11	23,88
Castilla y León	0,09	19,83
Castilla-La Mancha	0,14	23,59
Cataluña	0,16	27,52
Comunidad Valenciana	0,14	23,96
Extremadura	0,13	24,01
Galicia	0,07	18,69
La Rioja	0,15	27,15
Madrid (Comunidad de)	0,17	27,53
Murcia (Región de)	0,19	28,07
Navarra (Com. Foral de)	0,15	26,41
País Vasco	0,09	21,36

Fuente: Elaboración propia.

Como ha señalado la OCDE, a propósito de PISA 2015⁶⁷, «estos dos indicadores [...] dan cuenta de aspectos diferentes de la relación entre el rendimiento de los alumnos y su estatus socioeconómico que pueden tener implicaciones diferentes para la acción pública» (pág. 227). Las aportaciones precedentes, en relación con dichas implicaciones^{68, 69}, resultan en nuestro caso del máximo interés a la hora de elaborar recomendaciones, basadas en evidencias, sobre el tipo de políticas educativas más adecuadas para las distintas comunidades autónomas.

67 OCDE (2016). *Op. cit.*

68 OECD (2013). *Résultats du PISA 2012: L'équité au service de l'excellence (Volume II) : Offrir à chaque élève la possibilité de réussir*. PISA, Éditions OCDE, Paris. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264205321-fr>>.

69 WILLMS, J. D. (2006). *Learning Divides: Ten Policy Questions about The Performance and Equity of Schools and Schooling Systems* (Working Paper n° 5). Instituto de Estadística de la UNESCO, Montréal, Canada.

7.2 Análisis de diagnóstico de las diecisiete comunidades autónomas y tipos de políticas educativas recomendables

A la vista de lo anterior, procede identificar la posición de las comunidades autónomas españolas en un diagrama magnitud del impacto vs. intensidad de la relación y de acuerdo con un esquema de cuadrantes definido a partir de los valores medios de esos dos parámetros. La figura 14 muestra la distribución de las diecisiete comunidades autónomas en los cuatro cuadrantes del esquema, cada uno de los cuales se identificará con la correspondiente categoría E, F, G, H.

a) Categoría E (impacto débil, intensidad débil)

Se incluyen en esta categoría aquellas comunidades autónomas cuyos dos parámetros de equidad se encuentran ambos situados por debajo de la media nacional. Se corresponden, pues, con territorios cuya equidad educativa es elevada. El correspondiente cuadrante constituye lo que hemos denominado con anterioridad 'cuadrante óptimo'. Se encuentran ubicados en este cuadrante Andalucía, Aragón, Baleares, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, Navarra y el País Vasco. Es decir, según este criterio, 11 de las 17 comunidades autónomas españolas se encuentran en una buena situación relativa en materia de equidad.

42

En este caso, las políticas educativas han de estar orientadas a la mejora del rendimiento de todos los alumnos sea cual fuere su nivel socioeconómico y cultural. Como señala la OCDE⁷⁰ para esta circunstancia «[...] las políticas generales, no centradas especialmente sobre un grupo de población, tienden a ser las más eficaces. Entre ellas cabe citar las que comportan la modificación de los currículos o los sistemas pedagógicos y/o la mejora de la calidad del profesorado» (pág. 228).

b) Categoría F (impacto fuerte, intensidad débil)

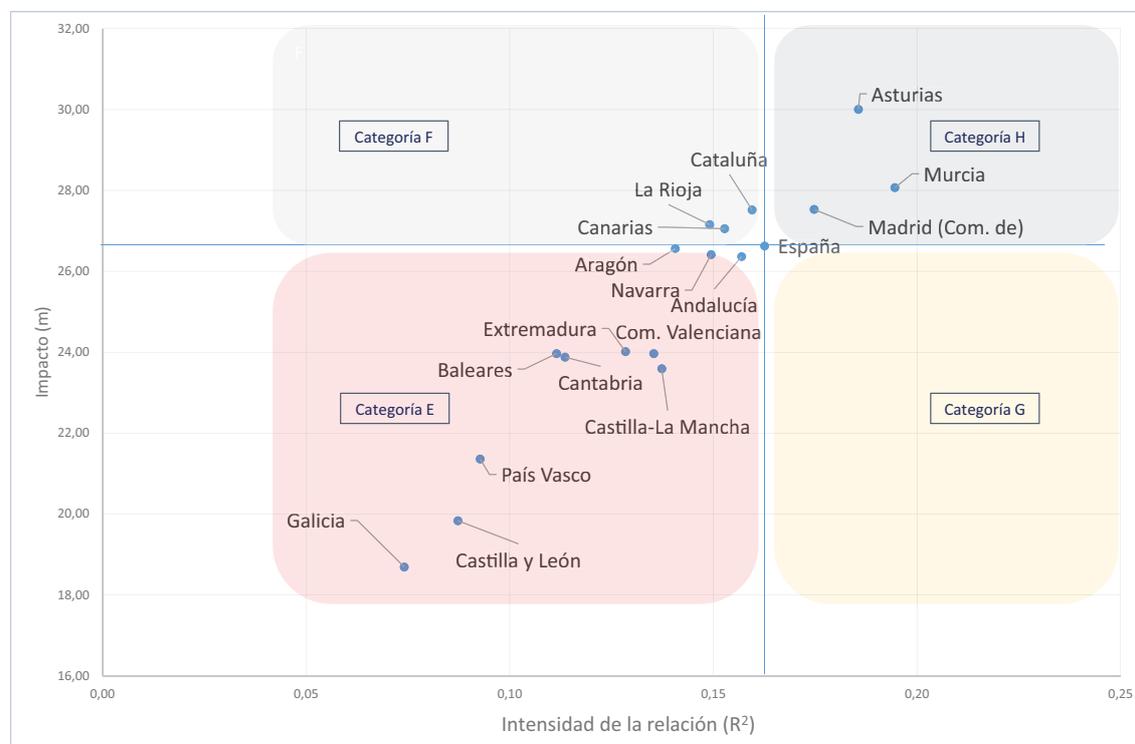
Incluidas en esta categoría aparecen las siguientes comunidades autónomas: Cataluña, La Rioja y Canarias.

En este caso, y como recomienda la OCDE, las políticas públicas deberían procurar la mejora de los alumnos de inferior rendimiento sea cual fuere su nivel socioeconómico habida cuenta de la baja intensidad de la relación analizada. La justificación que aporta la OCDE para esta situación es la siguiente: «[...] centrarse exclusivamente sobre los alumnos desfavorecidos supondría ofrecer más apoyo a alumnos de buen rendimiento escolar y a ignorar a otros de rendimiento inferior pero que no son necesariamente desfavorecidos» (pág. 228).

En tal caso, la identificación de los alumnos o de los centros de bajo rendimiento constituye una operación preliminar para, a continuación, intervenir sobre ellos con políticas educativas tales como:

70 OCDE (2016). *Op. cit.*

Figura 14
Distribución de las diecisiete Comunidades Autónomas en cuatro categorías en función de los valores de los dos parámetros –impacto (m) e intensidad de la relación (R^2)– de equidad educativa



Fuente: Elaboración propia.

- Generar dispositivos de alerta de modo que avisen a los poderes públicos cuando los centros comienzan a deteriorarse en materia de rendimiento
- Evaluar a los alumnos, a los docentes y a los centros incluyendo a sus equipos directivos
- Modificar los enfoques en materia de contenidos y de metodologías
- Establecer actuaciones de refuerzo y de apoyo a los alumnos en dificultad.

c) Categoría G (impacto débil, intensidad fuerte)

En esta circunstancia genérica las variaciones de rendimiento son pequeñas con respecto al nivel socioeconómico pero, sin embargo, la relación es intensa, lo que significa que los alumnos se comportan, en materia de rendimiento escolar, tal y como predice su nivel socioeconómico. Como sugiere la OCDE⁷¹ para estas situaciones, «uno de los objetivos principales de la acción pública ha de ser remover los obstáculos a la excelencia asociados al hándicap socioeconómico» (pág. 228).

Como se aprecia en la figura 14, en España ninguna de sus diecisiete comunidades autónomas aparecen ubicadas en esta categoría.

71 OCDE (2016). *Op. cit.*

d) Categoría H (impacto fuerte, intensidad fuerte)

De acuerdo con la figura 14, aparecen incluidas en este grupo las siguientes comunidades autónomas: Asturias, Murcia y Madrid.

Esta categoría se refiere, pues, al 'cuadrante pésimo' con diferencias importantes en función del origen socioeconómico y fuerte valor predictivo del ISEC. Para tales casos, la OCDE⁷² sugiere lo siguiente: «[...] uno de los objetivos principales de la acción pública es reducir las diferencias de rendimiento y ayudar a los alumnos, en particular a los de condición modesta, a obtener mejores resultados» (pág.228).

La opción deseable consiste, según la OCDE⁷³, en «combinar las políticas dirigidas a reducir tanto los rendimientos mediocres como la desventaja socioeconómica, ya que llevando a cabo políticas más generales, es decir, menos focalizadas se corre el riesgo de ser menos eficaces para mejorar a la vez la equidad y el rendimiento» (pág. 228).

Las políticas recomendables serían, entre otras, 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 (porcentaje de alumnos de origen inmigrante, porcentaje de alumnos de etnia gitana, porcentaje de familias que perciben la Renta Mínima de Inserción, etc.), requieran una intervención prioritaria de los poderes públicos en materia de instalaciones y dotaciones escolares, de recursos financieros, de personal docente y no docente, de apoyo humano y de coordinación de las diferentes instancias, agentes y niveles (municipal, provincial, regional y estatal) concernidos, de formación del profesorado en materia de mejora escolar, de formación de los equipos directivos en el ámbito del liderazgo de la dirección y de innovación para la mejora, etc. El 'Plan de Centros Públicos Prioritarios' desarrollado en el bienio 2005-2007 en la Comunidad de Madrid⁷⁴ constituye, a pesar de su brevedad, una muestra de este tipo de intervención⁷⁵.
- Desarrollar planes de intervención sobre aquellos centros que presenten cifras de rendimiento (tasas de promoción de un curso al siguiente, resultados de evaluaciones externas, etc.) inferiores a las que cabría esperar de ellos por el nivel socioeconómico y cultural de la población que escolarizan.

72 OCDE (2016). *Op. cit.*

73 OCDE (2016). *Op. cit.*

74 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* págs. 319-352. Comunidad de Madrid-Fundación Europea Sociedad y Educación. Madrid.

75 Este Plan fue suspendido, paradójicamente, aun a pesar de la evidencia empírica a favor generada mediante una evaluación sistemática de su impacto efectuada por la Inspección educativa.

- Evaluar el impacto de tales políticas a fin de asegurar, a un tiempo, la equidad, la eficacia y la eficiencia de las políticas.

7.3 Eficiencia y equidad

Existe un consenso amplio en las sociedades avanzadas en el sentido de que, si bien la eficiencia en la gestión de los recursos públicos constituye un rasgo característico de una buena gobernanza, la administración del gasto educativo no puede dar la espalda a las exigencias de la equidad. Por tal motivo, procede complementar los anteriores análisis bivariados, efectuados sobre las comunidades autónomas españolas, con otro de igual naturaleza que tome en consideración el posicionamiento de éstas en un diagrama eficiencia vs. equidad. En este caso, se ha tomado como medida de la eficiencia del gasto educativo el índice de eficiencia, anteriormente calculado, y como indicador inverso del grado de equidad educativa la magnitud del impacto (m)⁷⁶ del nivel socioeconómico y cultural (ISEC) sobre el rendimiento escolar, medido éste por la media de las puntuaciones obtenidas en las tres pruebas básicas de PISA. La tabla 7 muestra los resultados correspondientes para cada una de las comunidades autónomas.

Un análisis de regresión lineal entre ambas variables (figura 15) muestra una relación entre ellas de fuerza débil y no significativa en el plano estadístico ($R^2 = 0,13$; sig. = 0,15; tabla A6). La notable dispersión de la nube de puntos resulta incompatible con una relación de causalidad suficientemente establecida entre ambas variables, de modo que no hay ningún tipo de determinismo que haga de la eficiencia y la equidad dos factores irreconciliables. Y el reto, tanto para las comunidades autónomas como para el Estado, consiste en hacer ambos factores compatibles y no contrapuestos. Ello dependerá, sin lugar a dudas, del grado de acierto en la definición e implementación de las políticas educativas, incluidas las del gasto.

Cuatro categorías correspondientes a los respectivos cuadrantes del diagrama de la figura 15 pueden ser identificadas.

La categoría I (bajo impacto, baja eficiencia) es la más poblada incluyendo 8 comunidades autónomas (Aragón, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Galicia, Extremadura, Comunidad Foral de Navarra y País Vasco). Esta es la categoría predominante en el panorama nacional al agrupar a casi la mitad de las 17 comunidades autónomas en la que priman las situaciones de un nivel de equidad superior a la media que vienen acompañadas, no obstante, de un grado de eficiencia del gasto inferior a la media. El desafío de esta primera categoría estriba pues en, sin reducir su nivel de equidad, mejorar su eficiencia lo que ha de lograrse o bien mejorando los resultados sin reducir el gasto, o bien incrementando ambos pero de tal manera que el aumento de los *outputs* sea superior al de los *inputs*.

76 La elección del impacto (m) como único indicador (inverso) de equidad, a los efectos de la figura 15, ha supuesto, de hecho, la adopción de un criterio más estricto, por lo que Canarias, La Rioja y Cataluña, que en la figura 14 estaban próximas a los bordes, ahora pasan a las categorías de las comunidades autónomas que se sitúan por debajo de la media en materia de equidad.

Tabla 7
Valores de la magnitud del impacto (m) del ISEC sobre el rendimiento escolar, medido por la media de las puntuaciones de las tres pruebas de PISA 2015, y del índice de eficiencia por comunidades autónomas

	Impacto(m)	Eficiencia (Puntos PISA/euro)
España	26,62	0,1076
Andalucía	26,36	0,1079
Aragón	26,56	0,1066
Asturias	30,01	0,0987
Baleares (Islas)	23,96	0,1106
Canarias	27,05	0,1137
Cantabria	23,88	0,1005
Castilla y León	19,83	0,1055
Castilla-La Mancha	23,59	0,0992
Cataluña	27,52	0,1106
Comunidad Valenciana	23,96	0,1115
Extremadura	24,01	0,0914
Galicia	18,69	0,0909
La Rioja	27,15	0,1023
Madrid (Comunidad de)	27,53	0,1215
Murcia (Región de)	28,07	0,1025
Navarra (Com. Foral de)	26,41	0,0998
País Vasco	21,36	0,1039

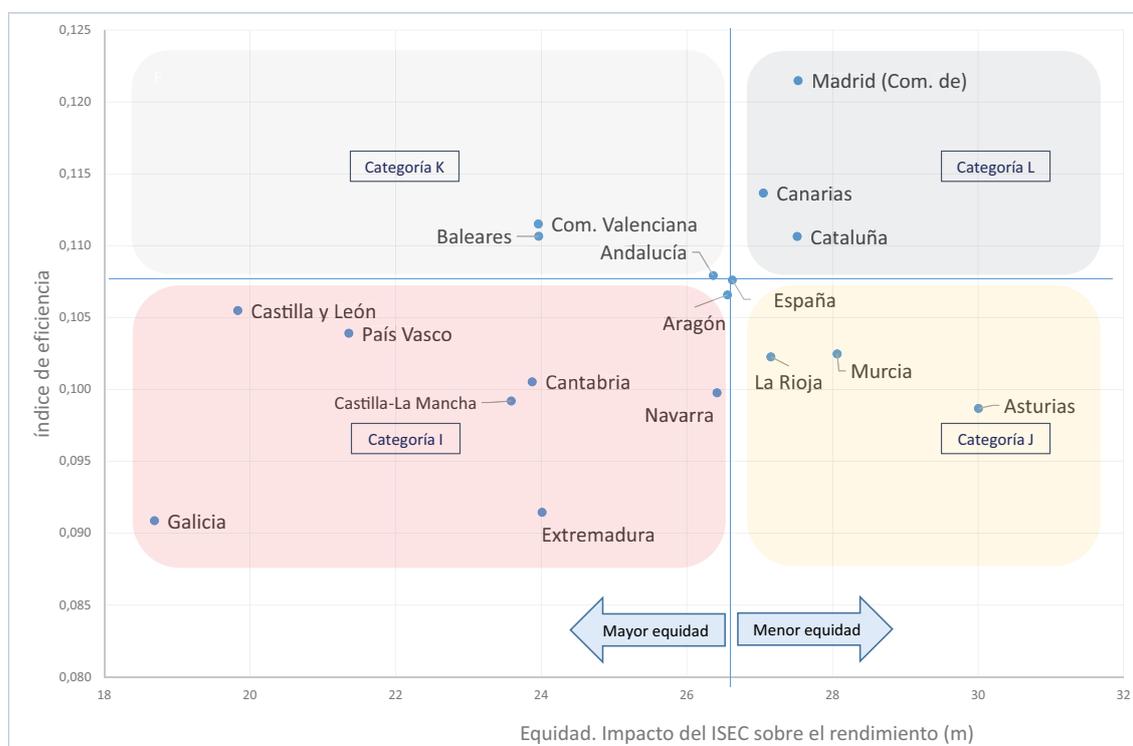
Fuente: Elaboración propia.

La categoría J (alto impacto, baja eficiencia) conforma el denominado 'cuadrante pésimo' pues agrupa comportamientos ineficientes y de baja equidad de las correspondientes comunidades autónomas (Asturias, La Rioja y Murcia). Las recomendaciones antes descritas para situaciones de baja equidad son aplicables a esta categoría con criterios de eficiencia y la mejora de los resultados ha de convertirse en un desafío de primer orden, particularmente la de los entornos socialmente desfavorecidos, en Asturias y en La Rioja.

La categoría K (bajo impacto, alta eficiencia) se corresponde con el llamado 'cuadrante óptimo' en el cual están incluidas solo tres comunidades autónomas: Islas Baleares, Comunidad Valenciana y Andalucía. La presencia de estas Comunidades en esta categoría no supone el ignorar cualquier impulso de mejora toda vez que, de acuerdo con la figura 13, sus resultados PISA muestran un recorrido de

Figura 15

Análisis de regresión lineal entre las variables de eficiencia y de equidad sobre las diecisiete comunidades autónomas



Fuente: Elaboración propia.

avance apreciable, particularmente en las Islas Baleares. Las políticas de mejora general del sistema serían, en estos casos, claramente recomendables.

La categoría L (alto impacto, baja eficiencia) es ocupada por Canarias, Cataluña y la Comunidad de Madrid que, a pesar de su elevada o relativamente elevada eficiencia del gasto educativo público, presentan valores del impacto superiores a la media, es decir, sus sistemas educativos muestran un nivel de equidad inferior a la media. Por sus elevados niveles de eficiencia y sus buenos, o relativamente buenos, resultados de rendimiento, Cataluña y la Comunidad de Madrid disponen de las condiciones para priorizar políticas de equidad como las descritas en el apartado anterior, centrando particularmente la atención en ayudar a los alumnos de condición modesta a obtener mejores resultados. No es este el caso de Canarias cuyos elevados valores de eficiencia proceden de bajos resultados escolares que se combinan sin embargo con un gasto educativo muy contenido (véase la figura 12). Como se ha señalado más arriba, las políticas educativas deberían, en este caso, procurar la mejora de todos los alumnos de inferior rendimiento sea cual fuere su nivel socioeconómico.

Para conseguir políticas que sean eficaces, tanto desde la perspectiva del rendimiento escolar como de la equidad de los resultados educativos y, además, eficientes desde el punto de vista del gasto, resulta imprescindible ordenar las actuaciones adaptándolas a las diferencias entre centros educativos y entre grupos sociales. En lo que respecta a la mejora de los resultados de todos, y como señala

Hattie⁷⁷ citando a Levin⁷⁸, «[...] la clave de la mejora educativa reside en mejorar las prácticas de enseñanza y aprendizaje diarios en las escuelas, basadas en la noción de que la escuela es la unidad apropiada de evaluación, es decir, que todos en la escuela necesitan colaborar para asegurar que donde se pone el foco en la escuela es en las prácticas diarias de aprendizaje, y todos son responsables del éxito» (pág. 196). En cuanto a la mejora de la eficiencia, la conocida fórmula del 'café para todos' –de uso habitual en España– una vez consolidada en el sistema educativo, además de ineficiente resulta difícil de corregir; y, al consumir muchos recursos de un modo indiscriminado suele condicionar –por la vía de las limitaciones del gasto– los tratamientos prioritarios orientados en favor de la equidad.

Ambos enfoques se complementan, de modo que un tratamiento personalizado de los centros educativos, como unidades básicas de intervención, no solo mejorará la equidad sino también la eficiencia. Esa probablemente sea una de las 'revoluciones' pendientes en el sistema educativo español.

7.4 Eficacia y equidad

48 Cuando se centra la atención en las peculiaridades del actual contexto español, y en su dimensión política, se advierte que una buena parte de los sectores educativos pone el acento en la pareja de variables eficacia y equidad, relegando a un segundo plano la cuestión de la eficiencia, de un modo espontáneo; o, dicho de otra forma, no se presta suficiente atención a lo que supondría, en el plano presupuestario, conseguir los objetivos deseables de eficacia y equidad educativas. Ello no se explica solo por razones ideológicas; ni tan siquiera, únicamente, por el hecho de que, con frecuencia, dichos sectores no estén suficientemente familiarizados con los condicionantes de la gestión presupuestaria; ni dispongan de experiencia sobre la competencia real por los recursos, en el seno de las Consejerías de Hacienda o del Ministerio del mismo nombre, entre áreas de notable impacto político, social y económico, con las cuales la educación ha de confrontarse. Y es que el ajuste duro que ha sufrido la 'función Educación' en los presupuestos públicos durante la gran crisis, ha generado en amplios sectores sociales una legítima expectativa de recuperación que debería ir, no obstante, acompañada de una visión más acertada sobre la forma en que tales recursos recuperados han de ser reasignados para mejor contribuir al logro efectivo de esos objetivos de eficacia y equidad.

Debido a la importancia prioritaria atribuida, en el presente contexto, a dichos objetivos –que ha sido detectada por los autores del presente estudio con ocasión de su presentación ante un grupo multisectorial de destacados expertos educativos–, resulta pertinente, a la luz de tales expectativas, centrar ahora los análisis en esos dos factores de calidad, considerados ambos como *outcomes* irrenunciables de los sistemas educativos avanzados⁷⁹.

De forma similar a lo observado en el apartado anterior (figura 15), un análisis de regresión lineal entre esas dos variables (figura 16) muestra una relación entre ellas de fuerza débil y no significativa

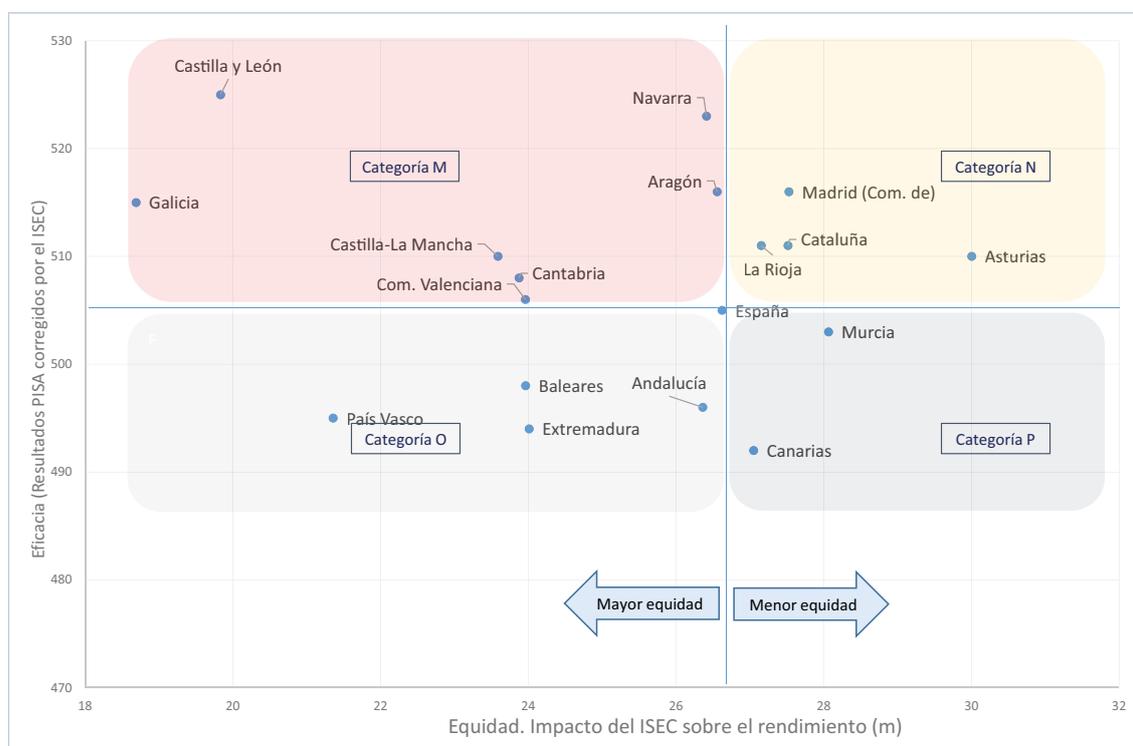
77 HATTIE, J. (2017). *Aprendizaje visible para profesores. Maximizando el impacto en el aprendizaje*. Ediciones Paraninfo. Madrid.

78 LEVIN, B. (2008). *How to change 500 schools*. Harvard Education Press. Cambridge, MA.

79 Agradecemos al profesor Jesús Manso, vicedecano de la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Madrid, su sugerencia de desarrollar este punto.

Figura 16

Análisis de regresión lineal entre las variables de eficacia y de equidad sobre las diecisiete comunidades autónomas



Fuente: Elaboración propia.

en el plano estadístico ($R^2 = 0,01$; sig. = 0,68; tabla A7), lo que es consecuencia de la notable dispersión observable en la nube de puntos.

Como en casos anteriores, un análisis de cuadrantes permite la clasificación gruesa de las 17 comunidades autónomas en cuatro categorías, según estén por encima o por debajo de los correspondientes valores de las medias nacionales para las dos variables consideradas.

La categoría M (alta equidad, alta eficacia) incluye Aragón, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Galicia, Comunidad Foral de Navarra y Comunidad Valenciana. Estas siete comunidades autónomas se sitúan en una posición adelantada, en términos relativos, en materia tanto de equidad como de eficacia.

La categoría N (baja equidad, alta eficacia) comprende Asturias, Cataluña, Madrid y La Rioja. Altas en eficacia resultan sin embargo bajas en equidad. Como se ha señalado anteriormente, estas circunstancias señalan las prioridades de los esfuerzos, así como la naturaleza de los desafíos en materia de políticas.

La categoría O (alta equidad, baja eficacia) agrupa a Andalucía, Baleares, Extremadura y País Vasco. Altas en equidad resultan, sin embargo, bajas en eficacia. En este caso las antes citadas políticas educativas de propósito general, que conciernen tanto al Estado como a cada Comunidad Autónoma en

función de sus respectivos ámbitos competenciales, han de constituirse en una auténtica prioridad. De conformidad con los análisis anteriores (véase la figura 12), Andalucía y Baleares se encuentran en un nivel de gasto público armonizado inferior a la media y tampoco hacen un esfuerzo económico superior al que les correspondería por su nivel de riqueza. Ello parece indicar que entre esas políticas de propósito general habrían de incluirse las de gasto, propiamente dichas.

La categoría P (baja equidad, baja eficacia) incluye Canarias y Murcia. En ambos casos debería reforzarse la cooperación de tales comunidades autónomas con el Estado para arbitrar todo tipo de esfuerzos, desde una actitud de lealtad institucional y voluntad compartida, a fin de hacer avanzar el sistema educativo en los respectivos territorios. Un esfuerzo económico suplementario debería ser considerado particularmente en el caso de Canarias (véase la figura 12).

Esta perspectiva de la situación educativa de las comunidades autónomas españolas, centrada en los factores de eficacia y equidad, sitúa a 7 de las 17 (41,2 %) en el 'cuadrante óptimo', de las cuales, 4 están efectuando un esfuerzo económico franco (superior a la media y por encima de lo que les correspondería por su nivel de riqueza). Solamente 2 están situadas en el 'cuadrante pésimo'. Este panorama arroja un optimismo moderado sobre las posibilidades reales de mejora que presenta en el medio plazo el sistema educativo español si, ante un futuro probable de mejora de la financiación, se acierta en la reasignación de esos recursos presupuestarios, recuperados para la función Educación, mediante una definición adecuada de las prioridades y una elección atinada de las consiguientes políticas.

50

8. Discusión

Una de las cuestiones que ha emergido de los análisis de datos contenidos en el presente estudio estriba en la considerable dispersión de la nube de puntos del diagrama *inputs vs. outputs* (figura 11). A diferencia de la apreciación efectuada por la UNESCO en 2004, o de las reiteradas observaciones de la OCDE, realizadas en ese mismo sentido sobre los datos de PISA y que han sido más arriba descritas, esa notable dispersión de la nube de puntos para el caso de las diecisiete comunidades autónomas españolas plantea problemas a la hora de identificar, siquiera sea de un modo aproximado, el umbral de gasto por debajo del cual la magnitud de los recursos podría tener un impacto relevante sobre los resultados. Una determinación de dicho umbral hubiera permitido clarificar, en alguna medida, las actuaciones de los poderes públicos a ese respecto y, en particular, la acción del Estado a la hora de asegurar, de forma efectiva, una igualdad real de oportunidades de los alumnos españoles, sea cual fuere su Comunidad Autónoma de residencia.

La OCDE, tomando como indicador de *inputs* el gasto por alumno acumulado entre los 6 y los 15 años de edad, ha fijado ese valor umbral en los 50.000 \$US (PPP). Frente a ello España, en su conjunto, con una cifra de 74.947 \$US (PPP) se sitúa significativamente por encima de dicho umbral⁸⁰. Ello

80 OCDE (2016). *Résultats du PISA 2015 (Volume I): L'excellence et l'équité dans l'éducation*, PISA, p. 67. Éditions OCDE, Paris. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264267534-fr>>.

hace pensar que, a pesar de las diferencias existentes entre las comunidades autónomas en cuanto a gasto educativo, todas ellas estarían por encima de esa cifra umbral. No obstante, y desde la perspectiva del aseguramiento del principio constitucional de la igualdad de oportunidades, el problema del origen de las diferencias de resultados escolares entre comunidades autónomas sigue en pie, sin poder descartar completamente las diferencias de financiación como una de las variables, internas a nuestro sistema, que podrían estar influyendo, junto con otras, de un modo estadísticamente significativo a la hora de explicar esas diferencias en las cifras de rendimiento escolar.

Distintos estudios han abordado con anterioridad el problema de los determinantes de las diferencias de rendimiento educativo en España⁸¹. Más allá de la influencia de unos niveles socioeconómicos regionales ciertamente distintos, que puede ser armonizada, como se ha hecho en el presente estudio, por procedimientos estadísticos, emergen algunos factores relacionados con las políticas –la educación preescolar, las características de los centros, etc.–. Sin embargo, una parte sustantiva de las diferencias observadas en dichos estudios «no puede ser atribuida a ninguna de las variables explicativas consideradas» (pág. 38).

A pesar de lo anterior, es posible avanzar en los análisis mediante la consideración de los cuadrantes obtenidos sobre diagramas relativos a factores relevantes para nuestros propósitos, tal y como se han descrito y empleado más arriba. No obstante, conviene en este punto señalar las limitaciones que podrían suscitar los valores de la eficiencia del gasto calculados en este tipo de estudios, limitaciones debidas, en parte, a la existencia de variables intervinientes relativamente difusas, es decir, no vinculadas aparentemente con las políticas, tales como pautas culturales o grado de implicación social, pero que, sin embargo, están influyendo sobre los resultados. Entendemos aquí las políticas educativas en un sentido amplio que incluye la definición explícita de las metas de las reformas y de sus prioridades (son las 'políticas' propiamente dichas), la formulación de estrategias para el logro de esas metas y los planes concretos para su implementación⁸².

Dichas pautas culturales reposan en valores familiares y sociales que inciden no sólo en el ámbito estricto de la familia, sino también en la cultura de los centros, en la interacción entre iguales y en su clima escolar. Esto contribuye a producir una atmósfera en la sociedad, en general, favorable al éxito escolar –a la vez que es generado por ella– en una suerte de círculo virtuoso. Este mecanismo social no está necesariamente vinculado con el nivel de riqueza de la correspondiente Comunidad Autónoma sino con la naturaleza y fuerza de su alineamiento en torno a valores compartidos que se han revelado útiles para el logro escolar⁸³.

81 VVAA (2012). *Educación y desarrollo. Pisa 2009 y el sistema educativo español*. Villar A. (coord.) Fundación BBVA. Madrid. <https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2012_IVIE_educacion_desarrollo.pdf>.

82 MINGAT, A.; TAN, J. P.; SOSALE, S. (2003). *Tools for Education Policy Analysis*. World Bank. Washington.

83 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, Vol. 4, pp. 51-61. <<http://ntic.educacion.es/cee/revista/n6/>>.

El papel de las llamadas 'habilidades no cognitivas' que, como hemos señalado en otro lugar, están muy vinculadas al mundo de las actitudes y a la esfera de los valores⁸⁴, se ha demostrado relevante a la hora de explicar las diferencias de rendimiento escolar entre comunidades autónomas. Así, el trabajo de I. Méndez y col. ha podido estimar que la reducción en una desviación típica de las diferencias observadas en habilidades no cognitivas vinculadas al rendimiento académico conduciría a una reducción de aproximadamente un 25 % en las diferencias observadas entre las comunidades autónomas en cuanto a sus puntuaciones medias obtenidas en las pruebas de PISA. Como destacan dichos investigadores, «Este es un efecto notable, habida cuenta de que una reducción equivalente en la dispersión territorial de la proporción de padres con estudios superiores o de padres ocupados en las mejores categorías profesionales conduciría a una reducción de las diferencias en nota media entre comunidades autónomas de, como mucho, un 2 %» (pág 51).

Otro de los factores vinculados al clima del centro y a su cultura, en tanto que conjunto de valores compartidos, es la interacción entre alumnos (*peer effects*) para el cual J. Hattie, sobre la base de síntesis metaanalíticas, ha estimado que explica entre un 5 y un 10 % de las diferencias de rendimiento entre los alumnos⁸⁵.

De acuerdo con lo anterior, aquellas comunidades autónomas que dispongan de este valioso capital colectivo, a igualdad de gasto educativo, resultarán más eficaces y, probablemente, más eficientes.

52

Razonando sobre el conjunto de las otras políticas, diferentes a las de gasto, cabe ahora plantearse si sería posible operar sobre ese ámbito de las virtudes clásicas, los valores y las actitudes a nivel de las comunidades autónomas y también del Estado, en su responsabilidad de igualación de las condiciones básicas para el éxito escolar. La respuesta es desde luego afirmativa⁸⁶, de ahí que no se pueda, en sentido estricto, orillar esa fuente relevante de explicación de la varianza interregional, en cuanto a resultados escolares, que forma parte integrante del grupo de esas otras políticas. Así, por ejemplo, la introducción de la llamada 'educación del carácter' en el ámbito de los currículos escolares, tal y como ha sido propuesto por el *Center for Curriculum Redesign*⁸⁷, y recogido después por el BIAC de la OCDE⁸⁸, constituye una ratificación de lo anterior. El poner el acento en este tipo de políticas ha de constituir una de las metas de una gobernanza educativa de calidad; o, en otros términos, su ausencia o su ignorancia constituye una fuente intrínseca de ineficiencia cuyo impacto está, de hecho, incorporado a los datos del esquema de cuadrantes de la figura 11 y a los análisis consiguientes.

84 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Valores y éxito escolar. ¿Qué nos dice PISA 2015?*. Universidad Camilo José Cela. Publicación digital. <<https://www.ucjc.edu/la-universidad/estructura-academica/catedras/catedra-politicas-educativas/#pane-0-3>>.

85 HATTIE, J. (2009). *Visible Learning. A synthesis of meta-analysis relating to achievement*. Routledge. Nueva York.

86 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Opus cit.*

87 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/>>.

88 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>>.

En el plano internacional, y de conformidad con un estudio de los autores antes citado⁸⁹, se ha identificado una relación relativamente intensa entre la resiliencia –como reconocida habilidad no cognitiva– y el rendimiento en PISA 2015 sobre el conjunto de los países participantes. Con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,76$, el estudio revela tanto la fuerza de esa relación –el 76 % de la varianza entre países en los resultados de rendimiento se explica por diferencias en cuanto al porcentaje de alumnos resilientes– como la posición privilegiada de los sistemas educativos de los países orientales, incluso de aquellos con inferior nivel de desarrollo, posición vinculada muy probablemente con la filosofía educativa de esas sociedades y con el código de valores compartidos en sus centros docentes⁹⁰.

Uno de los resultados globales que revela este trabajo estriba en la notable desigualdad territorial que, tanto en materia de *inputs* o recursos, como de *outputs* o resultados, conforma el panorama español. Esa desigualdad alude de forma implícita a las condiciones en que los ciudadanos se benefician del derecho fundamental a la educación, y su corrección concierne *prima facie* al Estado, una de cuyas competencias exclusivas, de conformidad con el artículo 149.1.1ª de la Constitución Española, es «La regulación de las condiciones básicas que garanticen la igualdad de todos los españoles en el ejercicio de los derechos y en el cumplimiento de los deberes constitucionales».

A la luz de los razonamientos y de las evidencias que aporta el presente estudio, emerge la pertinencia de una doble actuación en este ámbito: una del lado de los *inputs* que permita incrementar los recursos allá donde sea objetivamente necesario, por su bajo nivel de gasto educativo, por su inferior nivel de riqueza o por sus notablemente inferiores resultados; y otra del lado de los *outputs*, operando sobre los procesos, de modo que se facilite el incremento de los resultados escolares mediante una mejora de la calidad de la gobernanza educativa. Y ante esta doble operación, la actuación tanto del gobierno central como de los gobiernos de las comunidades autónomas se hace imprescindible de manera coordinada, leal e inteligente. Una aportación de fondos extraordinarios por parte del Estado ha de dirigirse, de forma prioritaria, a aquellas comunidades autónomas que, aun a pesar de su inferior nivel de riqueza, dedican recursos en cantidades superiores a la media y obtienen, sin embargo, inferiores resultados. El establecimiento de una vinculación fuerte de esos fondos extraordinarios procedentes del Estado con la mejora de los procesos, con el seguimiento de las políticas, su evaluación y sus resultados, conforma un procedimiento imprescindible para asegurar un uso eficiente de esos recursos adicionales. Como lo es el apoyo del Ministerio de Educación, mediante planes conveniados con las Administraciones educativas, en forma de ayuda al diagnóstico, de orientación, de consultoría internacional, etc., en aquellas comunidades autónomas que, a la vista de los resultados, lo precisen y lo soliciten, lo que aportará conocimientos y competencias y contribuirá al éxito de una operación de mejora educativa cuya puesta en marcha no puede esperar.

89 LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Opus cit.*

90 STEVENSON, H. W.; STIGLER, J. W. (1992). *The learning gap: Why our schools are failing and what we can learn from Japanese and Chinese education*. Touchstone. New York.

Tabla 8

Una visión sintética de las posiciones de las comunidades autónomas, con respecto a la media nacional, en materia de eficacia, eficiencia, y equidad educativas

	Eficacia	Eficiencia	Equidad
Andalucía	-	+	+
Aragón	+	-	+
Asturias	+	-	-
Baleares (Islas)	-	+	+
Canarias	-	+	-
Cantabria	+	-	+
Castilla y León	+	-	+
Castilla-La Mancha	+	-	+
Cataluña	+	+	-
Comunidad Valenciana	+	+	+
Extremadura	-	-	+
Galicia	+	-	+
La Rioja	+	-	-
Madrid (Comunidad de)	+	+	-
Murcia (Región de)	-	-	-
Navarra (Com. Foral de)	+	-	+
País Vasco	-	-	+

Notas:

1. El signo – indica que la correspondiente Comunidad Autónoma se sitúa por debajo de la media nacional, y el signo + que se sitúa por encima de dicha media.
2. Se han considerado los resultados escolares corregidos del efecto del nivel socioeconómico y cultural.
3. Se ha considerado el gasto por alumno armonizado por el Índice Escolar de Ruralidad.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la multiplicidad de análisis empíricos realizados a lo largo del presente estudio aconseja disponer de una visión de conjunto que facilite el desarrollo de este apartado⁹¹. A tal fin, se ha elaborado la tabla 8 en la que se resumen las posiciones de las diferentes comunidades autónomas, en materia de eficacia, eficiencia y equidad, con relación a las respectivas medias nacionales.

91 A fin de utilizar más información en la construcción del modelo, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple haciendo uso de las variables explicativas equidad y eficiencia, resultando un pobre ajuste debido a la posible colinealidad existente entre las variables utilizadas, con un Índice de Condición de 19,77 para equidad y de 34,46 para eficiencia, valores que se asocian con una alteración en la estimación mínimo cuadrática del modelo.

Una aproximación simplificada a este panorama complejo que ofrece el conjunto de las comunidades autónomas, con vistas a la concepción e implementación de políticas educativas para la mejora, consiste en fijar la atención en los dos factores extremos de la tabla 8 —la eficacia y la equidad— e identificar aquellas comunidades autónomas que han de mejorar en uno de esos factores o en ambos.

Así, tendrían que mejorar en materia de eficacia Andalucía, Islas Baleares, Extremadura y País Vasco, habiéndose corregido previamente en los correspondientes análisis la influencia del nivel socioeconómico y cultural. Tendrían que mejorar, en materia de equidad, Asturias, Cataluña, La Rioja y la Comunidad de Madrid. Y, finalmente, tendrían que mejorar en ambos factores Canarias y la Región de Murcia.

De acuerdo con los análisis efectuados más arriba, cabe concluir que el primer grupo debería centrarse en políticas educativas de carácter general destinadas a elevar el nivel de rendimiento de todos los alumnos. Habida cuenta de que este tipo de políticas conciernen a aspectos del sistema educativo que son competencia tanto del Estado (modelo de profesión docente, ordenación general del currículo, concepción de la dirección escolar, etc.), como de las comunidades autónomas (gestión de los centros, clima escolar, formación permanente del profesorado, sistema de estímulos, ordenación académica complementaria, relaciones familia-escuela, etc.), la mejora concierne por igual a la calidad de esos dos niveles de gobernanza y a sus interacciones. A la hora de definir las prioridades de las reformas, la toma en consideración del principio de Pareto, iluminado por la evidencia empírica disponible, constituye una recomendación ineludible⁹².

En cuanto al segundo grupo, las políticas habrían de centrarse, de forma prioritaria, sobre los centros educativos que escolarizan, en una proporción elevada o relativamente elevada, alumnos en desventaja social. Esas intervenciones de proximidad corresponden, por razones obvias, a las comunidades autónomas. El antes citado 'Plan de Centros Públicos Prioritarios', que impulsó durante un breve periodo de tiempo la Comunidad de Madrid, pudiera ser un elemento de inspiración. No obstante lo anterior, el Estado está asimismo preocupado por la mejora de la equidad del sistema en su conjunto. En tal caso, el antecedente del programa PROA⁹³, con las correcciones que aconseje la experiencia, debería ser reeditado.

En relación con el tercer grupo, las dos comunidades autónomas concernidas deberían ser objeto de una atención coordinada del Estado y de las correspondientes Administraciones a través de un plan especial capaz de movilizar políticas, tanto generales como específicas, junto los recursos materiales, humanos y de conocimiento necesarios para salvar esas situaciones de desventaja regional, en un ámbito tan estratégico para los individuos y para la sociedad como es la educación.

92 STEVENSON, H. W.; STIGLER, J. W. (1992). *Op. cit.*

93 <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=14880_19>.

9. Conclusiones y recomendaciones

La eficacia, la eficiencia y la equidad son tres factores de los sistemas educativos, medibles a partir de análisis secundarios de PISA 2015, que aluden a otros tantos rasgos característicos de la calidad de su gobernanza. La presente investigación aporta al respecto datos nuevos y análisis de diagnóstico originales referidos a cada una de las diecisiete comunidades autónomas españolas. En lo que sigue, se presenta un conjunto de conclusiones que resume lo esencial de los hallazgos del estudio y se aportan recomendaciones, elaboradas a partir de ellos, para cada una de las comunidades autónomas, tomando como base su posición con respecto a las medias nacionales en cada uno de esos tres factores. Con ello se pretende proporcionar a los poderes públicos orientaciones fundadas con la intención de facilitar su intervención sobre el sistema desde bases empíricas.

9.1 Conclusiones

De los datos empíricos y de los análisis generados en el presente estudio se derivan las siguientes conclusiones, presentadas en lo que sigue a modo de síntesis:

- a) La distribución regional del gasto educativo por alumno muestra diferencias considerables entre comunidades autónomas, lo que junto con la comprobada relación no lineal entre gasto por alumno y rendimiento escolar establecida en los análisis internacionales abre una puerta a la posibilidad de mejorar los resultados por la vía de un tratamiento diferenciado de las comunidades autónomas en materia de gasto educativo con criterios de eficiencia.
- b) La existencia de diferencias significativas entre comunidades autónomas en cuanto al nivel de ruralidad de sus sistemas escolares, con repercusiones ciertas en el coste medio del puesto escolar sostenido con fondos públicos, requiere, a los efectos de la comparación entre ellas, una operación de armonización territorial, de carácter empírico, del gasto educativo público por alumno.
- c) La conocida influencia del estatus socioeconómico y cultural de los alumnos (ISEC) sobre el rendimiento escolar hace preciso controlar dicha influencia, a fin de que la comparación entre comunidades autónomas se produzca en condiciones relativamente homogéneas.
- d) De conformidad con un enfoque sistémico, la eficiencia del gasto educativo público de las diferentes comunidades autónomas se puede calcular como el cociente entre el *output* del sistema, medido por la media de las puntuaciones PISA 2015, corregidas por el ISEC, y su *input* medido por el gasto educativo público por alumno armonizado en cuanto a nivel de ruralidad escolar.
- e) La representación de las posiciones de las diecisiete comunidades autónomas, en un diagrama *inputs-outputs* armonizados, da lugar a una nube de puntos con un considerable grado de dispersión, lo que apunta a la existencia de factores de diferente naturaleza que influyen, según un patrón heterogéneo, sobre la eficiencia de las diferentes comunidades autónomas. A diferencia de lo que sucede en los análisis internacionales realizados a este respecto por la UNESCO y por la OCDE, es imposible dibujar una curva de eficiencia que se ajuste, de un modo estadísticamente

significativo, a dicha nube de puntos y, por tanto, no resulta posible determinar empíricamente, siguiendo esta metodología, el valor umbral por debajo del cual el incremento de gasto por alumno se podría traducir en una mejora ostensible del rendimiento escolar.

- f) No obstante la conclusión anterior, se ha efectuado un análisis de cuadrantes, definidos a partir de las medias nacionales, que arroja los siguientes resultados principales. Aparecen situadas en el 'cuadrante óptimo', desde el punto de vista de la eficiencia, (bajo gasto y altos resultados) Cataluña, la Comunidad de Madrid y la Comunidad de Valencia. En el 'cuadrante pésimo' (alto gasto y bajos resultados) lo hacen Extremadura, la Región de Murcia y el País Vasco.
- g) La relación empírica entre gasto educativo público por alumno y nivel de riqueza de una Comunidad Autónoma, medido por el PIB *per capita*, ha resultado poco clara, de modo que hay comunidades autónomas de menor nivel de riqueza que gastan más que la media y otras de mayor nivel de riqueza que gastan menos que la media.
- h) Cuando se fija la atención en las comunidades autónomas con un nivel de riqueza inferior a la media se aprecia que Murcia, Castilla-León, Cantabria, Castilla-La Mancha, Asturias, Extremadura y Galicia gastan más que la media tras haber armonizado el gasto de conformidad con el Índice Escolar de Ruralidad. Resulta, pues, que el 70 % de las comunidades autónomas menos ricas están haciendo una apuesta por la Educación a través de sus políticas de gasto.
- i) La representación de los valores de eficacia –medida por las puntuaciones PISA 2015 obtenidas por las diferentes comunidades autónomas, tras haber sido corregidos los efectos del ISEC– frente a los correspondientes valores de la eficiencia –medida ésta por el parámetro *m*– permite agrupar las 17 comunidades autónomas en cuatro categorías:
- Categoría A (baja eficiencia, baja eficacia), se encuentran en ella la Región de Murcia, Extremadura y el País Vasco. Todas ellas están realizando un esfuerzo económico en favor de la educación que es superior a la media pero ello no se traduce, al menos por el momento, en la calidad de los resultados. Esta situación apunta a un problema con los procesos y las políticas, es decir, de gobernanza.
 - Categoría B (alta eficiencia, baja eficacia), se encuentran en ella Andalucía, Baleares y Canarias. La situación de estas comunidades autónomas apunta a un problema de financiación insuficiente que es preciso corregir, sea desde el Estado, sea desde la propia Comunidad.
 - Categoría C (baja eficiencia, alta eficacia), se sitúan en ella Galicia, Asturias, Castilla-La Mancha, Navarra, Cantabria, La Rioja, Castilla y León y Aragón. Son Comunidades que gastan más que la media para obtener resultados superiores a la media pero con una eficiencia inferior a la media. En estos casos se impone una mejora de la eficiencia con 'orientación *outputs*' lo que supone operar sobre los procesos con el fin de gastar mejor aquello de que se dispone.
 - Categoría D (alta eficiencia, alta eficacia), comprende aquellas comunidades autónomas eficaces y eficientes. Tal es el caso de Cataluña, la Comunidad Valenciana y la Comunidad de

Madrid. No obstante lo anterior, es preciso recordar que la eficiencia no es un valor aceptable si se produce a expensas de la equidad.

- j) La representación de los valores de las Comunidades Autónoma en un diagrama eficiencia vs. equidad permite agrupar las 17 comunidades autónomas en cuatro categorías:
- Categoría I (baja equidad, baja eficiencia), agrupa las comunidades autónomas de Asturias, La Rioja y Murcia. Las actuaciones prioritarias han de centrarse tanto en elevar los resultados de todos como en atender a los entornos socialmente desfavorecidos.
 - Categoría J (alta equidad, baja eficiencia), es la más poblada incluyendo 8 comunidades autónomas (Aragón, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Galicia, Extremadura, Comunidad Foral de Navarra y País Vasco). El desafío de esta categoría estriba en, sin reducir su nivel de equidad, mejorar su eficiencia lo que ha de lograrse o bien mejorando los resultados sin reducir el gasto, o bien incrementando ambos pero de tal manera que el aumento de los *outputs* sea superior al de los *inputs*.
 - Categoría K (alta equidad, alta eficiencia), incluye Islas Baleares, Comunidad Valenciana y Andalucía. La presencia de estas tres Comunidades en esta categoría no puede suponer el ignorar cualquier impulso de mejora toda vez que sus resultados PISA muestran un recorrido de avance apreciable, particularmente en las Islas Baleares y en Andalucía.
 - Categoría L (baja equidad, alta eficiencia), es ocupada por Canarias, Cataluña y la Comunidad de Madrid que, a pesar de su elevada o relativamente elevada eficiencia del gasto educativo público, presentan valores de la equidad inferiores a la media. Por sus elevados niveles de eficiencia y sus buenos, o relativamente buenos, resultados de rendimiento, Cataluña y la Comunidad de Madrid disponen de las condiciones necesarias para priorizar las políticas de equidad. No es éste el caso de Canarias cuyos elevados valores de eficiencia proceden, como en el caso de Islas Baleares o de Andalucía, de bajos resultados escolares que se combinan con un gasto educativo muy contenido.
- k) Cuando se representan los valores de las Comunidades Autónoma en un diagrama eficacia vs. equidad –haciendo caso omiso de los requerimientos de la eficiencia– las 17 comunidades autónomas se agrupan en cuatro categorías:
- Categoría M (alta equidad, alta eficacia) incluye Aragón, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Galicia, Comunidad Foral de Navarra y Comunidad Valenciana. Estas siete comunidades autónomas se sitúan en una posición adelantada, en términos relativos, en materia tanto de equidad como de eficacia.
 - Categoría N (baja equidad, alta eficacia) comprende Asturias, Cataluña, Madrid y La Rioja. Altas en eficacia resultan sin embargo bajas en equidad. Como se ha señalado anteriormente, estas circunstancias señalan las prioridades de los esfuerzos, así como la naturaleza de los desafíos en materia de políticas.

- Categoría O (alta equidad, baja eficacia) agrupa a Andalucía, Baleares, Extremadura y País Vasco. Altas en equidad resultan, sin embargo, bajas en eficacia. En este caso las antes citadas políticas educativas de propósito general, que conciernen tanto al Estado como a cada Comunidad Autónoma en función de sus respectivos ámbitos competenciales, han de constituirse en una auténtica prioridad. Andalucía y Baleares se encuentran en un nivel de gasto público armonizado inferior a la media y tampoco hacen un esfuerzo económico superior al que les correspondería por su nivel de riqueza. Ello parece indicar para estas dos comunidades autónomas que, entre esas políticas de propósito general, habrían de incluirse las de gasto propiamente dichas.
- Categoría P (baja equidad, baja eficacia) incluye Canarias y Murcia. En ambos casos debería reforzarse la cooperación de tales comunidades autónomas con el Estado para arbitrar todo tipo de esfuerzos a fin de hacer avanzar el sistema educativo en los respectivos territorios. Un esfuerzo económico suplementario debería ser considerado, particularmente en el caso de Canarias.

Este panorama arroja un optimismo moderado sobre las posibilidades reales de mejora que presenta, en el medio plazo, el sistema educativo español si, ante un futuro probable de mejora de la financiación, se acierta en la reasignación de esos recursos presupuestarios –recuperados para la función Educación– mediante una definición adecuada de las prioridades y una elección atinada de las consiguientes políticas.

9.2 Recomendaciones

Sobre la base de la evidencia empírica resumida en el apartado de Conclusiones, se establece a continuación una serie de recomendaciones sobre cómo orientar las políticas para la mejora educativa en cada una de las diecisiete comunidades autónomas que se recogen en la tabla 9, y se explicitan en ella sus rasgos característicos en materia de eficacia, eficiencia y equidad.

Tabla 9

Una visión sintética de las recomendaciones de políticas de mejora educativa para cada una de las comunidades autónomas, acompañadas de sus rasgos característicos en materia de eficacia, eficiencia y equidad (1/2)

Comunidades Autónomas	Eficacia	Eficiencia	Equidad	Recomendaciones
Comunidad Valenciana	+	+	+	A pesar de la valoración positiva en los tres factores considerados, los resultados obtenidos en PISA muestran que esta Comunidad Autónoma dispone aún de un recorrido de mejora de la eficacia en comparación con otras. Por tal motivo sería recomendable prestar atención a las políticas educativas de carácter general, más arriba descritas y destinadas a elevar el nivel de rendimiento de todos los alumnos.
Cataluña Comunidad de Madrid	+	+	-	Por sus elevados niveles de eficiencia y sus buenos, o relativamente buenos, resultados de rendimiento, estas Comunidades disponen de las condiciones necesarias para priorizar las políticas de carácter compensatorio como las descritas más arriba, centrando particularmente la atención en ayudar a los alumnos de condición modesta a obtener mejores resultados.
Aragón Cantabria Castilla y León Castilla-La Mancha Galicia Navarra (Com. Foral de)	+	-	+	Sin reducir su nivel de equidad, se trata de mejorar su eficiencia, bien mejorando los resultados sin reducir el gasto, bien incrementando ambos, pero de tal manera que el aumento de los <i>outputs</i> sea superior al de los <i>inputs</i> . Incidir para ello en las políticas que mayor impacto tienen sobre los resultados, en particular las basadas en los centros docentes como unidades preferentes de actuación.
Andalucía Baleares (Islas)	-	+	+	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.). Desarrollar actuaciones dirigidas a mejorar las habilidades no cognitivas de los alumnos.
Asturias La Rioja	+	-	-	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, requieran una intervención prioritaria de los poderes públicos. Desarrollar planes de intervención sobre aquellos centros que presenten cifras de rendimiento inferiores a las que cabría esperar de ellos por el nivel socioeconómico y cultural de la población que escolarizan. Evaluar el impacto de tales políticas.

Tabla 9 (continuación)

Una visión sintética de las recomendaciones de políticas de mejora educativa para cada una de las comunidades autónomas, acompañadas de sus rasgos característicos en materia de eficacia, eficiencia y equidad (2/2)

Comunidades Autónomas	Eficacia	Eficiencia	Equidad	Recomendaciones
Canarias	-	+	-	Emprender políticas coordinadas por parte del Estado y de la Comunidad Autónoma, tanto de carácter general como centradas específicamente sobre los sectores desfavorecidos. Movilizar los recursos materiales, humanos y de conocimiento necesarios para salvar estas situaciones de franca desventaja regional.
Extremadura País Vasco	-	-	+	Centrarse en políticas educativas de carácter general destinadas a elevar el nivel de rendimiento de todos los alumnos, con criterios de eficiencia, 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. Desarrollar actuaciones dirigidas a mejorar las habilidades no cognitivas de los alumnos.
Murcia (Región de)	-	-	-	Emprender políticas coordinadas por parte del Estado y de la Comunidad Autónoma, tanto de carácter general como centradas específicamente sobre los sectores desfavorecidos. Movilizar, con criterios de eficiencia, los recursos materiales, humanos y de conocimiento necesarios para salvar estas situaciones de franca desventaja regional. Potenciar actuaciones dirigidas a mejorar las habilidades no cognitivas de los alumnos.

1. El signo – indica que la correspondiente Comunidad Autónoma se sitúa por debajo de la media nacional, y el signo + que se sitúa por encima de dicha media.
2. Se han considerado los resultados escolares corregidos del efecto del nivel socioeconómico y cultural.
3. Se ha considerado el gasto por alumno armonizado por el Índice Escolar de Ruralidad.

Fuente: Elaboración propia.

10. Referencias

- ASHBY, W. R. (1956). *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall. Londres.
- BLANCO-BLANCO, A.; LÓPEZ MARTÍN, E.; RUIZ DE MIGUEL, C. (2014). «Aportaciones de los modelos jerárquico-lineales multivariados a la investigación educativa sobre el rendimiento. Un ejemplo con datos del alumnado español en PISA 2009». *Revista de Educación*, 365. Julio-septiembre 2014, pp. 122-149. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2014-365-2.
- 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>>.
- CERI/OECD (1992). *The OECD International Education Indicators. A Framework for Analysis*. OECD. Paris.
- COELLI, T.; PRASADA RAO, D. S.; BATTESE, G. E. (1998). *An introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- COLL SERRANO, V.; BLASCO BLASCO, O. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los modelos básicos*. B-EUMED 2000. Valencia. <www.eumed.net/libros/2006c/197/>.
- CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2014). *Informe 2014 sobre el estado del sistema educativo. Curso 2012_2013*, p. 468. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.
- CONSEJO ESCOLAR DEL ESTADO (2015). *Informe 2015 sobre el estado del sistema educativo. Curso 2012_2013*, p. 468. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.
- CORDERO FERRERA, J. M.; CRESPO CEBADA, E.; PEDRAJA CHAPARRO, F. (2011). «Rendimiento educativo y determinantes según PISA: Una revisión de la literatura en España». *Revista de Educación*, 362. Septiembre-diciembre 2011, pp. 273-297. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2011-362-161.
- CORDERO FERRERA, J. M.; CRESPO CEBADA, E.; PEDRAJA CHAPARRO, F.; SANTÍN GONZÁLEZ, D. (2011). «Exploring educational efficiency divergences across spanish regions in PISA 2006». *Revista de Economía Aplicada*, n. 57 (vol. XIX), pp. 117-145.
- CORDERO FERRERA, J. M.; PEDRAJA CHAPARRO, F.; SALINAS JIMÉNEZ, J. (2005). «Eficiencia en educación secundaria e *inputs* no controlables: sensibilidad de los resultados ante modelos alternativos». *Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública*, 173-(2/2005): 61-83.
- DE JORGE MORENO, J.; SANTÍN GONZÁLEZ, J. (2010). «Los determinantes de la eficiencia educativa en la Unión Europea». *Hacienda Pública Española / Revista de Economía*, 193-(2/2010), pp. 131-156.
- EBEJER, I.; MANDL, U. (2009). «The efficiency of public expenditure in Malta». *ECFIN country focus*, volume 6, Issue 2, 6.02.2009, European Commission. Directorate-General for Economic and Financial Affairs.

- 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/>>.
- FLAMANT, M. (1988). *L'Histoire du libéralisme*. P.U.F. Paris.
- GAVIRIA, J. L.; CASTRO, M. (2005). *Modelos jerárquicos lineales*. La Muralla. Madrid.
- HANUSHEK, E. A. (1979). «Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions». *Journal of Human Resources*, pp. 351-388.
- HANUSHEK, E. A. (1986). «The economics of schooling». *Journal of Economic Literature*, 24 (3): 1141-1171.
- HANUSHEK, E. A. (2003). «The failure of input based schooling policies». *The Economic Journal*, 113: 64-98.
- 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.
- HATTIE, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge. Abingdon.
- HATTIE, J. (2017). *Aprendizaje visible para profesores. Maximizando el impacto en el aprendizaje*. Ediciones Paraninfo. Madrid.
- HEWITT DE ALCÁNTARA, C. (1998). «Uses and Abuses of the Concept of Governance». *International Social Science Journal*, 50(1): 105-113.
- KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; ZOIDO-LOBATÓN, P. (1999a). «Aggregating Governance Indicators». *World Bank Policy Research, Working Paper n.º 2195*. (Washington), <www.worldbank.org/wbi/governance>.
- KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; ZOIDO-LOBATÓN, P. (1999b). «Governance Matters». *World Bank Policy Research, Working Paper n.º 2196*. (Washington), <www.worldbank.org/wbi/governance>.
- KAUFMANN, D.; KRAAY, A.; ZOIDO-LOBATÓN, P. (2000). «Governance Matters. From Measurement to action». *Finance & Development*. June, p. 10.
- LEVIN, H. M. (1974). «Measuring efficiency in educational production». *Public Finance Quarterly*, 2(1), pp. 3-24.
- LEVIN, B. (2008). *How to change 500 schools*. Harvard Education Press. Cambridge, MA.
- LÓPEZ MARTÍN, E.; NAVARRO ASENCIO, E.; ORDÓÑEZ CAMACHO, X. G.; ROMERO MARTÍNEZ, S. J. (2009). «Estudio de variables determinantes de eficiencia a través de los modelos jerárquicos lineales en la evaluación PISA 2006: el caso de España». *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*. Vol. 17, n. 16, Agosto 15. <<http://epaa.asu.edu/epaa/>>.

- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2001). *Preparar el futuro. La educación ante los desafíos de la globalización*, p.84. Ed. La Muralla. Madrid.
- 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* págs. 319-352. Comunidad de Madrid-Fundación Europea Sociedad y Educación. Madrid.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2009). «La Educación Secundaria en España». *Investigación y Ciencia*, agosto, pp. 82-89.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2014). *Fortalecer la profesión docente. Un desafío crucial*. Narcea Ediciones. Madrid.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (2018). *Un modelo integrado de evaluación para el sistema educativo español*. Universidad Camilo José Cela. Publicación digital. <https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/evaluacion_FLR_UCJC_2.pdf>.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E. (2017). *La calidad de la gobernanza del sistema educativo español. Un estudio empírico*. Universidad Camilo José Cela. Madrid.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I. (2017). *Valores y éxito escolar. ¿Qué nos dice PISA 2015?*. Universidad Camilo José Cela. Publicación digital. <<https://www.ucjc.edu/la-universidad/estructura-academica/catedras/catedra-politicas-educativas/#pane-0-3>>.
- MANDL, U.; DIERX A.; ILZKOVITZ, F. (2008). «The effectiveness and efficiency of public spending». *Economic Papers*, 301. European Commission. Directorate-General for Economic and Financial Affairs Publications. Bruselas. <http://ec.europa.eu/economy_finance/publications>.
- 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, Vol. 4, pp. 51-61. <<http://ntic.educacion.es/cee/revista/n6/>>.
- MERLO MARTÍNEZ, T. (2012). «Evaluación de la eficiencia de la educación primaria en la Comunidad de Madrid». *Investigaciones en Economía de la Educación*. <<https://ideas.repec.org/h/aec/ieed11/11-37.html>>.
- MINGAT, A.; TAN, J. P.; SOSALE, S. (2003). *Tools for Education Policy Analysis*. World Bank. Washington.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2017). *Las cifras de la educación en España. Curso 2014-2015*. <<https://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/indicadores-publicaciones-sintesis/cifras-educacion-espana.html>>.
- NECHYBA, T. J. (2000). «Mobility targeting and private-school vouchers». *American Economic Review*, vol. 90, n. 1, pp. 130-146.
- OECD (2001). *Measuring Productivity*. OECD Manual. OECD. Paris.
- 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>>.

- OECD (2013). *Résultats du PISA 2012: L'équité au service de l'excellence (Volume II) : Offrir à chaque élève la possibilité de réussir*. PISA, Éditions OCDE, Paris. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264205321-fr>>.
- 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>>.
- OECD (2016). *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>>.
- ORCHARD, R. A. (1978). «Sobre un enfoque de la teoría general de sistemas». En *Tendencias en la teoría general de sistemas*. L. von Bertalanffy et al. Alianza Universidad. Madrid.
- SANTIN, D.; SICILIA, G. (2014a). «¡Quiero cambiar a mi hijo de grupo! Factores explicativos de la eficiencia técnica de los colegios en España». *Revista de evaluación de programas y políticas públicas*, n. 2, pp. 79-109. DOI:10.5944/reppp.2.2014.12054.
- SANTIN, D.; SICILIA, G. (2014b). «Evaluar para mejorar: hacia el seguimiento y la evaluación sistemática de las políticas educativas». En *Reflexiones del sistema educativo español*, pp. 283-313. Fundación Ramón Areces/Fundación Europea Sociedad y Educación. Madrid. <<http://www.sociedadeducacion.org/site/wp-content/uploads/Reflexiones-sobre-el-sistema-educativo-espanol.pdf>>.
- STEVENSON, H. W.; STIGLER, J. W. (1992). *The learning gap: Why our schools are failing and what we can learn from Japanese and Chinese education*. Touchstone. New York.
- UNESCO (2004). *Education for all. The quality imperative. EFA global monitoring report 2005*. UNESCO. Paris.
- VANDENBERGHE, V. (1999): «Economics of education. The need to go beyond human capital theory and production-function analysis». *Educational Studies*, vol. 25, n. 2, pp. 129-143.
- VON BERTALANFFY, L. (1968). *General Systems Theory*. George Brazillier. Nueva York.
- VVAA (2012). *Educación y desarrollo. Pisa 2009 y el sistema educativo español*. Villar A. (coord.) Fundación BBVA. Madrid. <https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2012_IVIE_educacion_desarrollo.pdf>.
- WILLMS, J. D. (2006). *Learning Divides: Ten Policy Questions about The Performance and Equity of Schools and Schooling Systems (Working Paper n° 5)*. Instituto de Estadística de la UNESCO, Montréal, Canada.
- WOESSMAN, L. (2001). «Why students in some countries do better». *Education Matters*, vol. 1, n. 2, pp. 67-74.
- WORLD BANK (1992). *World Development Report 1992. Development and the Environment*. New York: Oxford University Press. <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5975>>.
- WORTHINGTON, A. C. (2001): «An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement techniques in Education», *Education Economics*, 9 (3).

Parte I
Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las
Comunidades Autónomas.
Financiación pública y políticas de mejora

Anexo

Tabla A1
El gasto público por alumno frente al índice escolar de ruralidad (IER) por Comunidad Autónoma.
Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,5514
Coefficiente de determinación R ²	0,3040
R ² ajustado	0,2605
Error típico	585,0149
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	2.391.790,49	2.391.790,49	6,99	0,02
Residuos	16	5.475.878,01	342.242,38		
Total	17	7.867.668,50			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	4.062,76	335,68	12,10	0,00	3.351,15	4.774,37
Variable X 1 (ISEC)	33,73	12,76	2,64	0,02	6,68	60,77

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por *Las cifras de la educación en España. Curso 2014-2015 (Edición 2017)*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Tabla A2
Resultados PISA 2015 frente al índice socioeconómico y cultural (ISEC) por Comunidad Autónoma.
Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,8097
Coefficiente de determinación R ²	0,6557
R ² ajustado	0,6341
Error típico	8,5365
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	2.220,02	2.220,02	30,46	0,00
Residuos	16	1.165,94	72,87		
Total	17	3.385,96			

70

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	521,90	5,44	95,96	0,00	510,37	533,43
Variable X 1 (ISEC)	53,92	9,77	5,52	0,00	33,21	74,63

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis secundarios efectuados por los autores sobre la base de datos de PISA 2015.

Tabla A3
Resultados en PISA 2015 frente al gasto público por alumno y curso, ambos armonizados, por comunidades autónomas. Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,3081
Coefficiente de determinación R ²	0,0950
R ² ajustado	0,0384
Error típico	367,8858
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	227.179,89	227.179,89	1,68	0,21
Residuos	16	2.165.439,72	135.339,98		
Total	17	2.392.619,61			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-1.147,80	4.646,92	-0,25	0,81	-10.998,84	8.703,24
Variable X 1 (Gasto público armonizado por alumno y curso)	11,86	9,16	1,30	0,21	-7,55	31,27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A4
Gasto educativo público armonizado por alumno frente al nivel de riqueza por comunidades autónomas.
Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,3208
Coefficiente de determinación R ²	0,1029
R ² ajustado	0,0468
Error típico	366,2644
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	246.226,24	246.226,24	1,84	0,19
Residuos	16	2.146.393,37	134.149,59		
Total	17	2.392.619,61			

72

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	5.459,54	442,38	12,34	0,00	4.521,73	6.397,35
Variable X 1 (PIB <i>per capita</i>)	-0,02	0,02	-1,35	0,19	-0,06	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A5

Eficacia, medida por las puntuaciones medias en PISA 2015, corregidas del efecto del ISEC, frente a los valores de la eficiencia del gasto educativo público por comunidades autónomas. Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,0569
Coefficiente de determinación R ²	0,0032
R ² ajustado	-0,0591
Error típico	10,0409
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	5,24	5,24	0,05	0,82
Residuos	16	1.613,12	100,82		
Total	17	1.618,36			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	515,07	33,52	15,37	0,00	444,02	586,13
Variable X 1 (eficiencia)	-72,78	319,35	-0,23	0,82	-749,77	604,21

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A6

Análisis de regresión lineal entre las variables de eficiencia y de equidad sobre las diecisiete comunidades autónomas.
Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,3548
Coefficiente de determinación R ²	0,1259
R ² ajustado	0,0712
Error típico	0,0073
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	0,00012	0,00012	2,30	0,15
Residuos	16	0,00086	0,00005		
Total	17	0,00099			

74

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0,08	0,02	5,40	0,00	0,05	0,11
Variable X 1 (Equidad. Impacto del ISEC sobre el rendimiento)	0,00	0,00	1,52	0,15	-0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A7
Análisis de regresión lineal entre las variables de eficacia y de equidad sobre las diecisiete comunidades autónomas.
Estadísticas de la regresión y ANOVA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,1039
Coefficiente de determinación R ²	0,0108
R ² ajustado	-0,0510
Error típico	9,9906
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	1	17,44136	17,44136	0,17	0,68
Residuos	16	1597,00309	99,81269		
Total	17	1614,44444			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	515,99	20,59	25,06	0,00	472,35	559,64
Variable X 1 (Equidad. Impacto del ISEC sobre el rendimiento)	-0,34	0,81	-0,42	0,68	-2,06	1,38

Fuente: Elaboración propia.

Parte II

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

Parte II

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

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 histórico¹. 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 habilidades³, competen-

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.

cias^{4, 5}, o currículo⁶ para el siglo XXI. El importante trabajo al respecto del National Research Council 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

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>>.

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).

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.

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 empleo¹⁶ han atraído la atención de las instituciones europeas^{17, 18}, pero también porque las correspondientes competencias forman parte del equipaje

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>.

cívico necesario que permitirá a los ciudadanos del siglo XXI participar activamente en procesos y en decisiones que afectarán de lleno a sus vidas¹⁹. 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.

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.

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.

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

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 siglo²⁰. 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 miembros²¹. 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*²². 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»²³.

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»²⁴.

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

20 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.

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

22 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.

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

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

su complejidad creciente, requiere «(...) la especificación del nivel de complejidad mental (...) basado en un modelo evolutivo de la complejidad de la mente»²⁵.

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»²⁶.

En el marco concreto de la evaluación de PISA, la cultura científica²⁷ 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 alumnos sepan, valoren y puedan hacer en situaciones que impliquen a la ciencia y la tecnología?»²⁸.

84

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».

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

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

27 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.

28 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).

2.1.2 Naturaleza del conocimiento científico en el ámbito escolar

Uno de los rasgos característicos del conocimiento científico es su riqueza semántica, su complejidad²⁹. 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 edad³⁰.

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 proposiciones³¹; el segundo está constituido por un conjunto de habilidades que permiten al individuo desarrollar procedimientos para la realización de una tarea, sea intelectual o psicomotora³². 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 términos³³:

- l) *Conocimiento verbal*. Que incluye el conocimiento de términos, de proposiciones o de enunciados. Entendido en un sentido amplio supone también el conocimiento de sus respectivas expresiones simbólicas.
- m) *Conocimiento de conceptos*. Supone el conocimiento de los atributos de los conceptos en juego y de sus relaciones internas dentro del sistema conceptual.
- n) *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.
- o) *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

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

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

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

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

33 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.

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.

- p) *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 competencia³⁴.

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.

86

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. Este paralelismo semántico entre inclusividad y significación constituye, como es sabido, uno de los elementos clave de la teoría de Ausubel del aprendizaje conceptual³⁵.

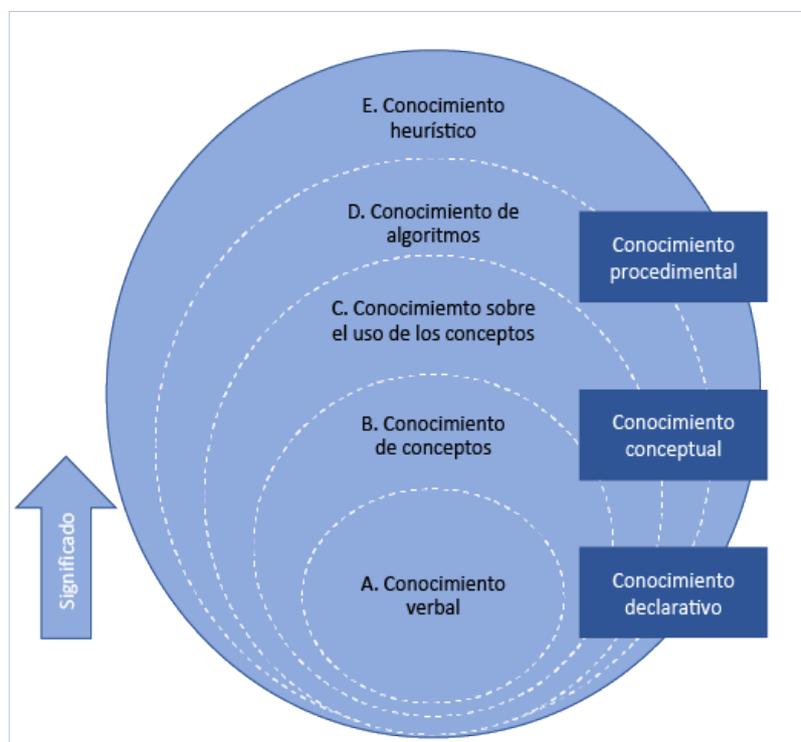
El anterior modelo jerárquico del conocimiento que es relevante para la educación científica puede ilustrarse mediante el esquema de capas que se representa en la figura 1. Las líneas de trazos, que definen los límites de cada modalidad de conocimiento, pretenden reflejar el carácter abierto de dichos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

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

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

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



Fuente: López Rupérez, F. (1994).

tos 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.

Este modelo, que emerge de la educación científica³⁶, resulta compatible con el esquema propuesto, sobre amplias bases empíricas procedentes de la psicología³⁷, por el National Research Council de los EE. UU. en la obra antes citada³⁸ 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

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

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

38 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). *Op. cit.* (pág.32).

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)

88

Nota: El proyecto O*NET⁴¹ 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).

en el de los contenidos de la enseñanza dirigida a los alumnos ^{40, 41, 42}. 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

39 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. .

40 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.

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

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

de las ciencias^{43, 44}. 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»⁴⁵. 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»⁴⁶. 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 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 aprendizajes⁴⁷.

43 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.

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

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

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

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

En el plano propiamente cognitivo, Webb⁴⁸ 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»⁴⁹.

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.

90

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.

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.

48 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.

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

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%

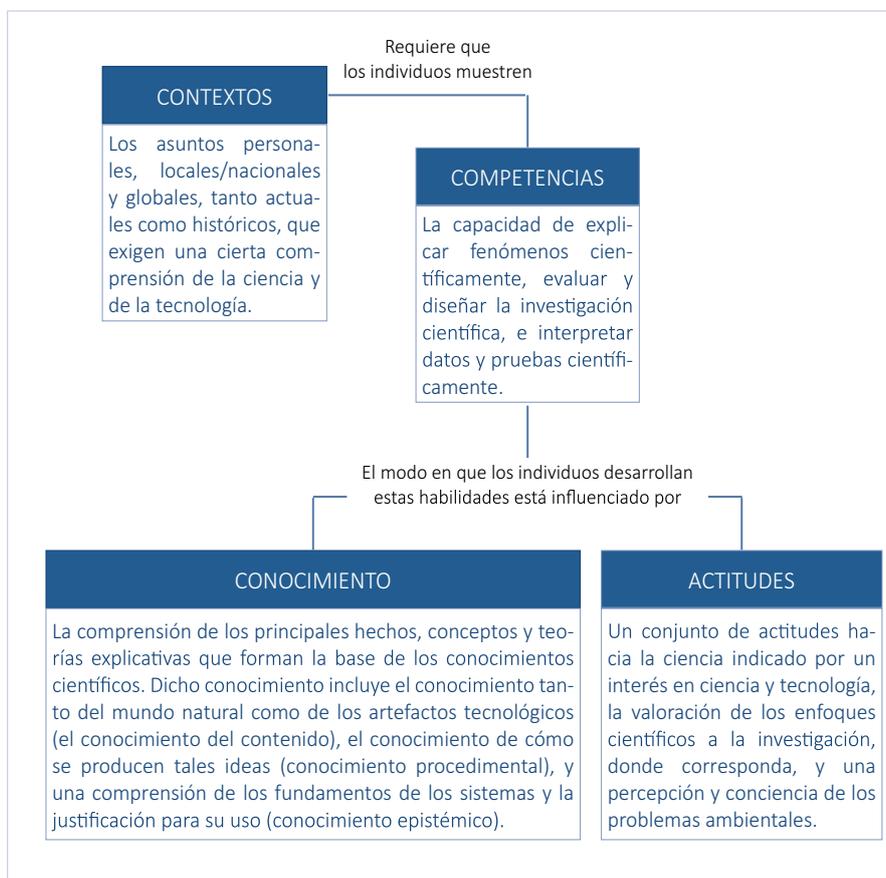
Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2015.

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).

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

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



92

Fuente: (OECD, 2016 a).

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 contexto⁵⁰.

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).

50 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>.

- 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).
 - Procedimental⁵¹ (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.

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).

51 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.

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)⁵² 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 C2.2⁵³. 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

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

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

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

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			
	Baja	Media	Alta	Total
<i>Competencia científica</i>				
De contenido	44	50	4	98
<i>Explicar fenómenos científicamente</i>	41	40	2	83
<i>Evaluar y concebir investigaciones científicas</i>		1		1
<i>Interpretar datos y evidencias científicamente</i>	3	9	2	14
Procedimental	9	43	8	60
<i>Explicar fenómenos científicamente</i>	1	1	2	
<i>Evaluar y concebir investigaciones científicas</i>	2	13	4	19
<i>Interpretar datos y evidencias científicamente</i>	6	29		
Epistémico	3	20	3	26
<i>Explicar fenómenos científicamente</i>		2		2
<i>Evaluar y concebir investigaciones científicas</i>	3	14	2	19
<i>Interpretar datos y evidencias científicamente</i>		4	1	5
<i>Total. Explicar fenómenos científicamente</i>	5	28	6	39
<i>Total. Evaluar y concebir investigaciones científicas</i>	42	43	4	89
<i>Total. Interpretar datos y evidencias científicamente</i>	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).

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 2015⁵⁴, 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.
- 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.

96

En el anexo A de la más arriba referida publicación⁵⁵ 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.
- Análisis de varianza.
- Análisis de covarianza.
- Matriz de correlaciones de Pearson.

54 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>>.

55 *Ibid.*

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 económico⁵⁶.

97

3.1.1 Rendimiento en Ciencias

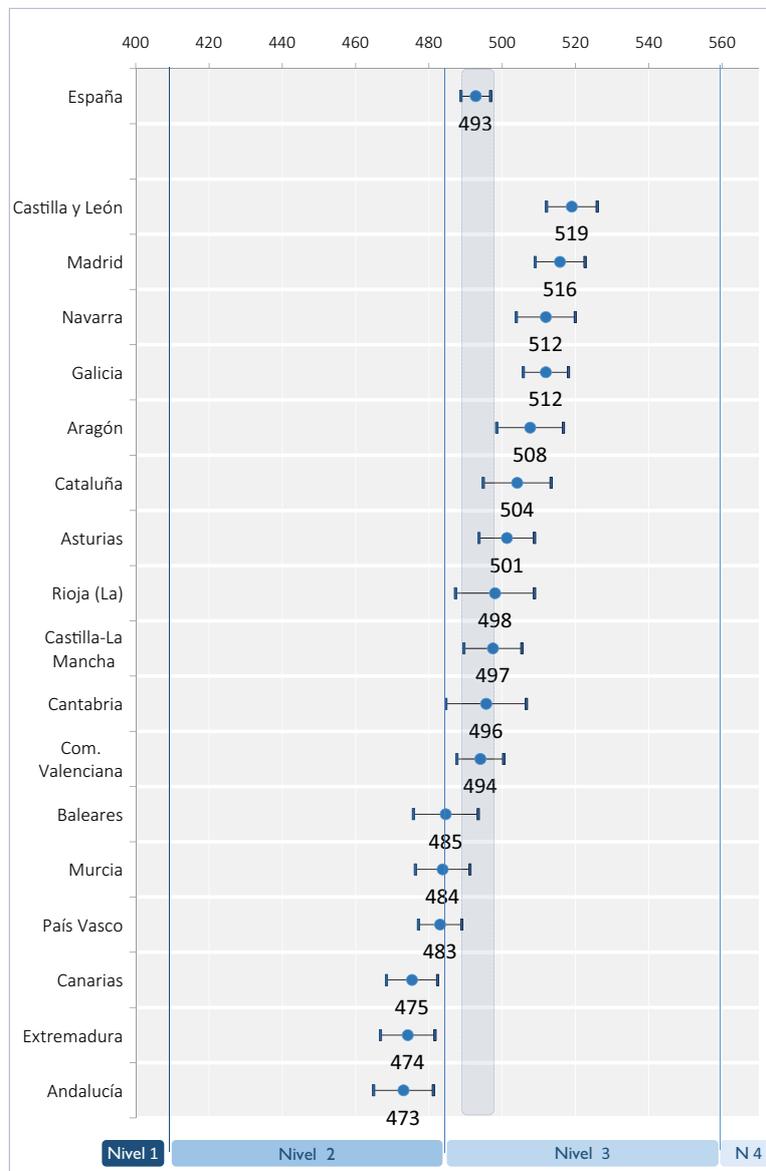
El rendimiento global en Ciencias —medido por la puntuación obtenida en el conjunto de los 184 ítems de que consta la correspondiente prueba de PISA 2015— para cada una de las comunidades autónomas se muestra en la figura 4, junto con los intervalos de error de sus respectivas puntuaciones. Además, se 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 escolar promedio de más de un curso académico y medio entre ambas comunidades autónomas⁵⁷. Aun cuando, más adelante, se efectuará la corrección de estas puntuaciones brutas mediante el control del efecto del nivel socioeconómico y cultural sobre el rendimiento en Ciencias, esta corrección solo tiene

56 Este epígrafe ha inspirado el artículo «Rendimiento en Ciencias, concepciones epistémicas y vocaciones STEM en las comunidades autónomas españolas. Evidencias desde PISA 2015, políticas y prácticas de mejora». *Revista Española de Pedagogía*, 77 (272). En prensa. Agradecemos a su Director el facilitar la conciliación entre ambas publicaciones.

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

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.

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 reconocida 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

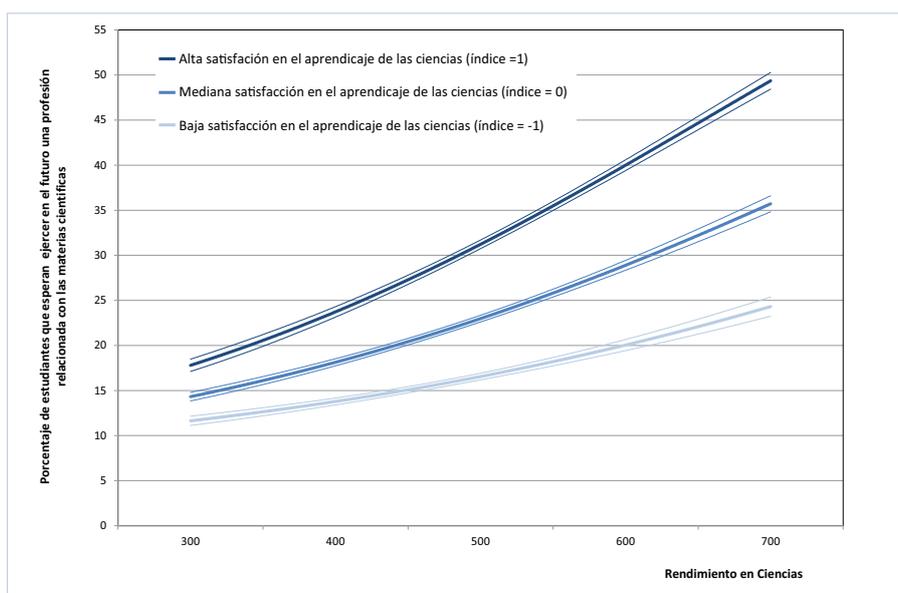
produce aprender Ciencias– y en sus expectativas de ejercer en el futuro –cuando tengan 30 años– una profesión relacionada con las materias científicas. Tal apuesta es justificada por la OCDE en los siguientes términos:

«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»⁵⁸.

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,

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).

58 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>>.

en las ‘vocaciones STEM’, según la denominación acuñada por la Universidad Politécnica de Madrid y la Fundación Telefónica⁵⁹. Existe un consenso amplio entre instituciones internacionales⁶⁰ y entre especialistas⁶¹ 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 STEM⁶² (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.

100

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’.

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 considerarse francamente relevantes como pre-

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

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

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

62 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

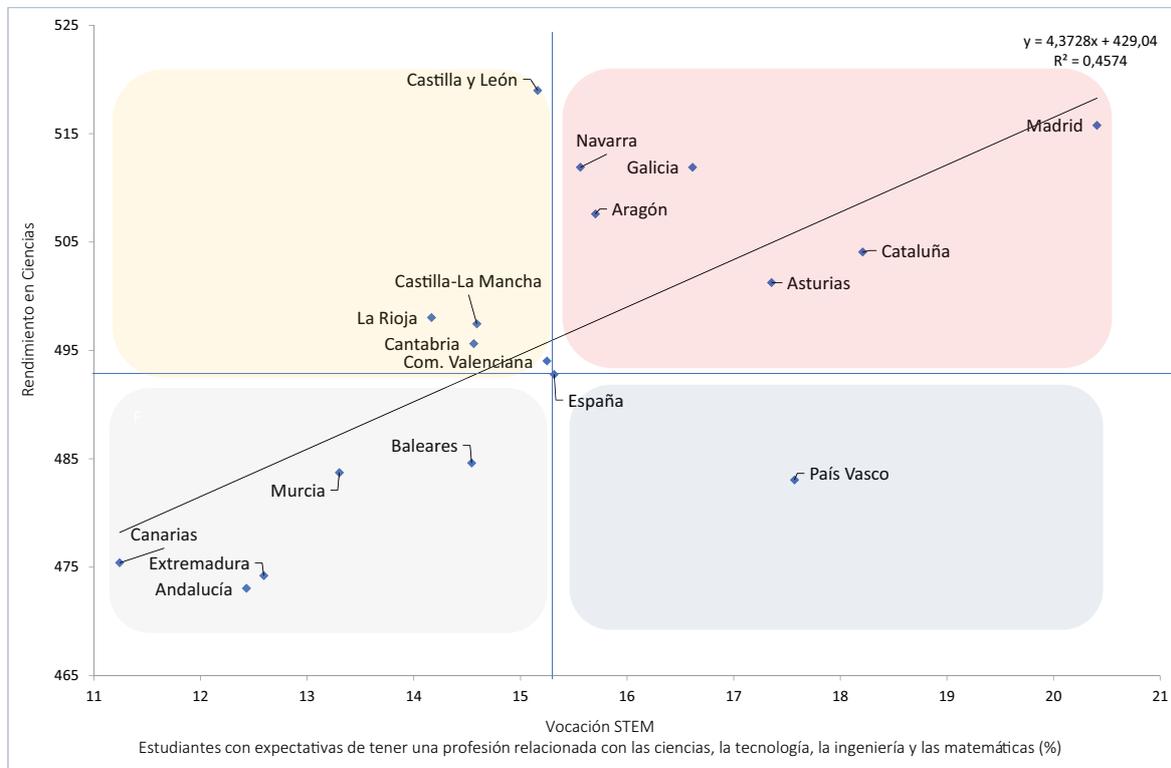
Fuente: Elaboración propia a partir de una selección de la información disponible en la base de datos de contexto de PISA 2015.

dictores plausibles del desarrollo económico y social que en el futuro tendrán sus correspondientes territorios (véase la Discusión general).

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.

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.

- 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 español⁶³.
- 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 perso-

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

nal. En tal caso, las recomendaciones para la mejora general del rendimiento escolar que han sido descritas en una investigación anterior⁶⁴ (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’⁶⁵. 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 afirmaciones; buscan datos y procuran comprender su significado; exigen verificaciones; respetan la lógica y prestan atención a las premisas»⁶⁶.

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 los ciudadanos del futuro en un contexto de sobreinformación, de proliferación de las *fake news* y de

64 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>.

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

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

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.

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’⁶⁷ – por ‘concepciones epistémicas’, habida cuenta de que se trata de representaciones de naturaleza cognitiva sobre lo verdadero o sobre la validez de los

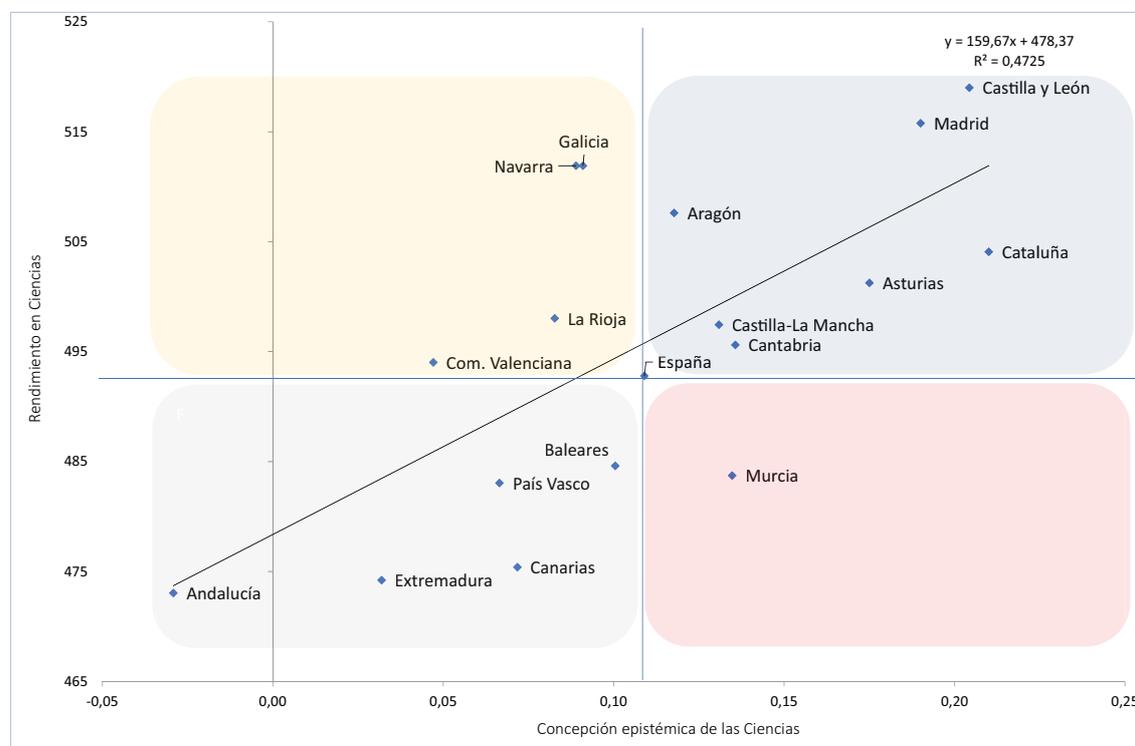
67 VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M.A. (2018). *Op. cit.*

argumentos utilizados⁶⁸ 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 PISA⁶⁹ 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).

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.

68 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.

69 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>>.

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.
- 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’⁷⁰.
- 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 similares⁷¹. 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.
- 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 disponible⁷², 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 empírica⁷³. Como han advertido los propios promotores de esta opción metodológica: «Este enfoque no se dirige al conjunto del programa, sino que es usado

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

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

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

73 WILLET, 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.

por el profesor a lo largo de la instrucción sistemática como un medio de lograr los objetivos del currículo»⁷⁴.

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 Ciencias⁷⁵ 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^{76, 77}—, mediante el incremento de la dotación horaria semanal para cuya definición las administraciones educativas de las comunidades autónomas concernidas disponen de suficiente margen competencial⁷⁸. 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 cohe-

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

75 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.

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

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

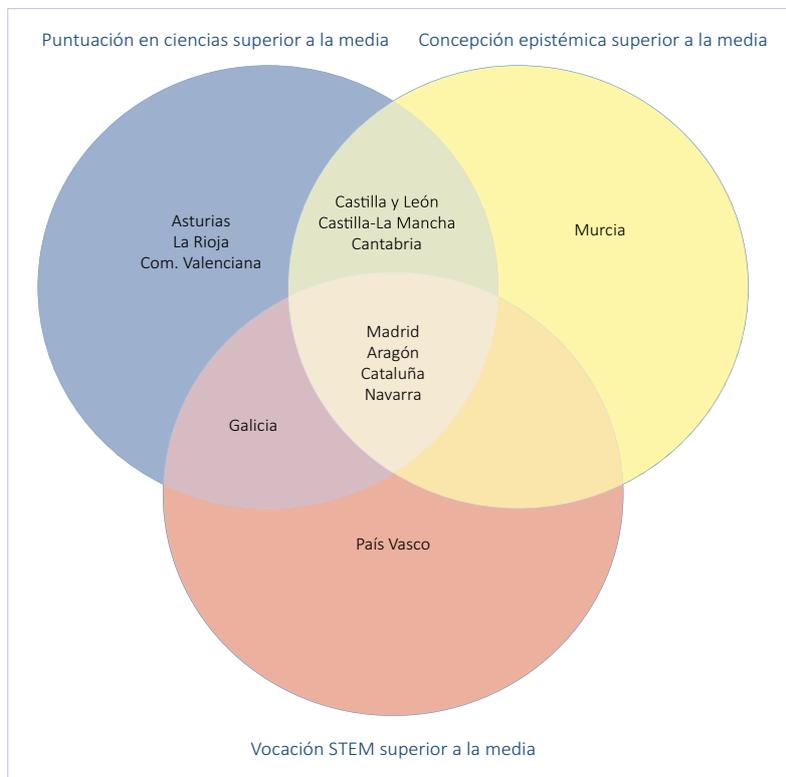
78 REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA (2018). *El estado de la enseñanza de la física en la educación secundaria*. RSEF. Madrid.

rencia interna de las materias, en lo posible, y del nivel de edad de los alumnos^{79, 80}. 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 consideradas 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.

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

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

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 medio⁸¹.

109

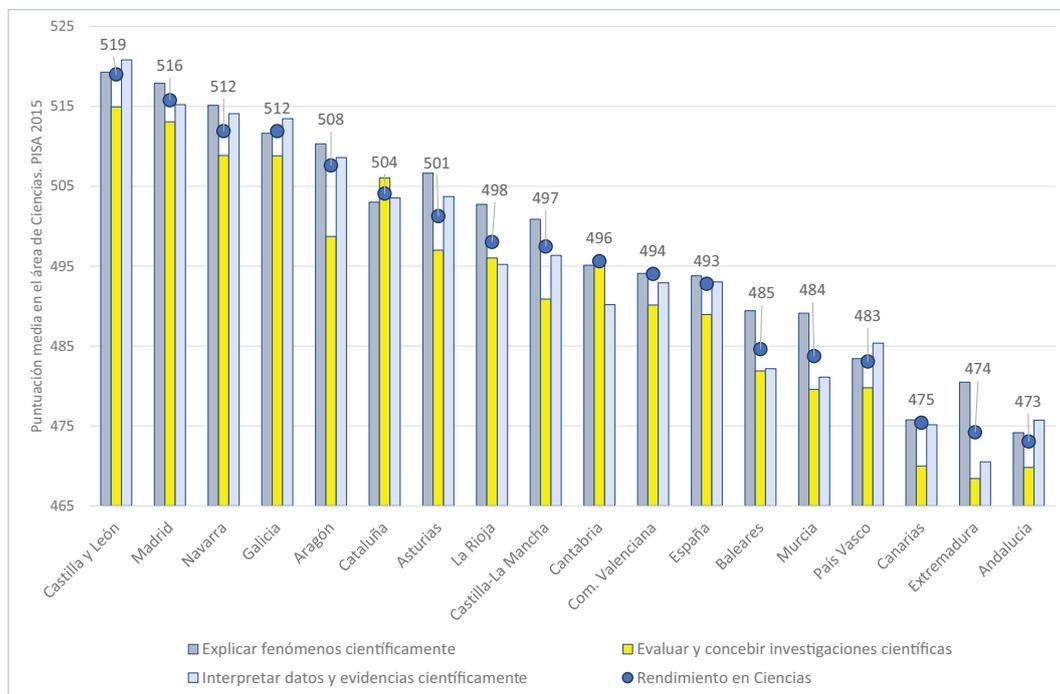
3.2.2 Áreas de contenido

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.

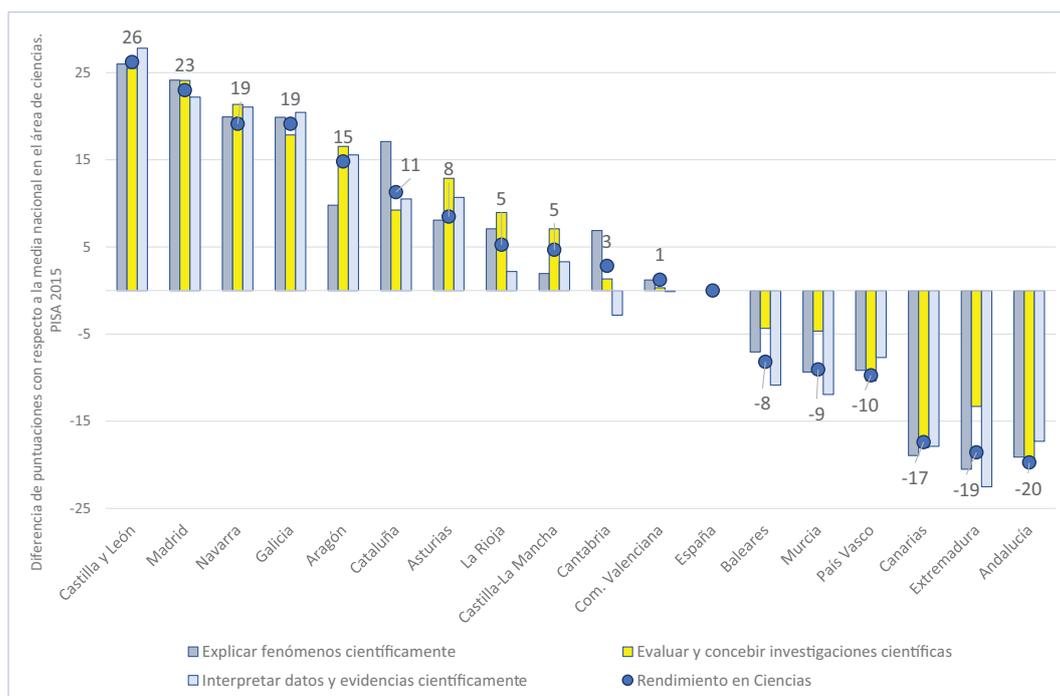
81 En PISA 2015 una diferencia de 30 puntos equivale a un desfase escolar promedio de un curso académico completo (OECD, 2016 b).

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



110

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

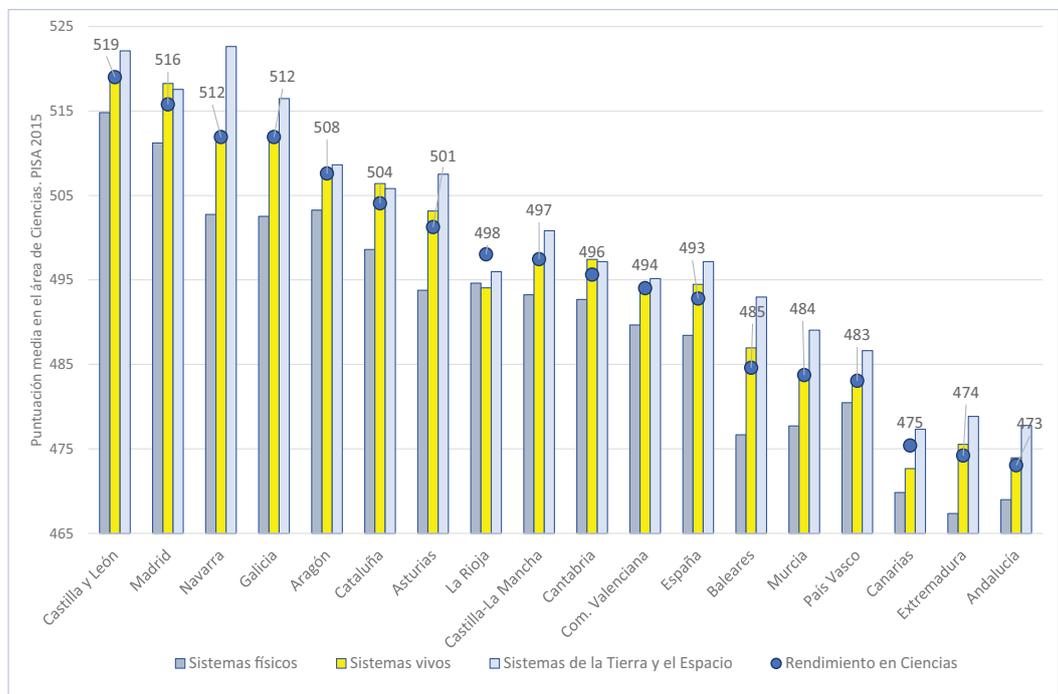
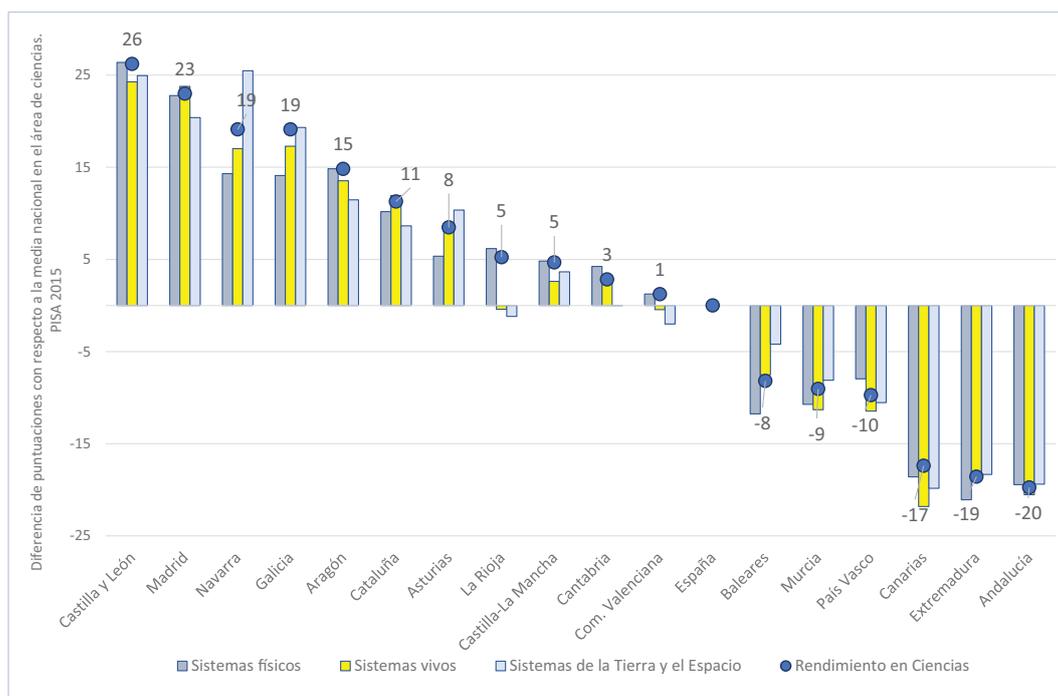


Figura 12
Diferencia de puntuaciones con respecto a la media nacional en el área de Ciencias, según el área de contenido, en las comunidades autónomas. PISA 2015



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

- 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

112

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:

- 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).

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

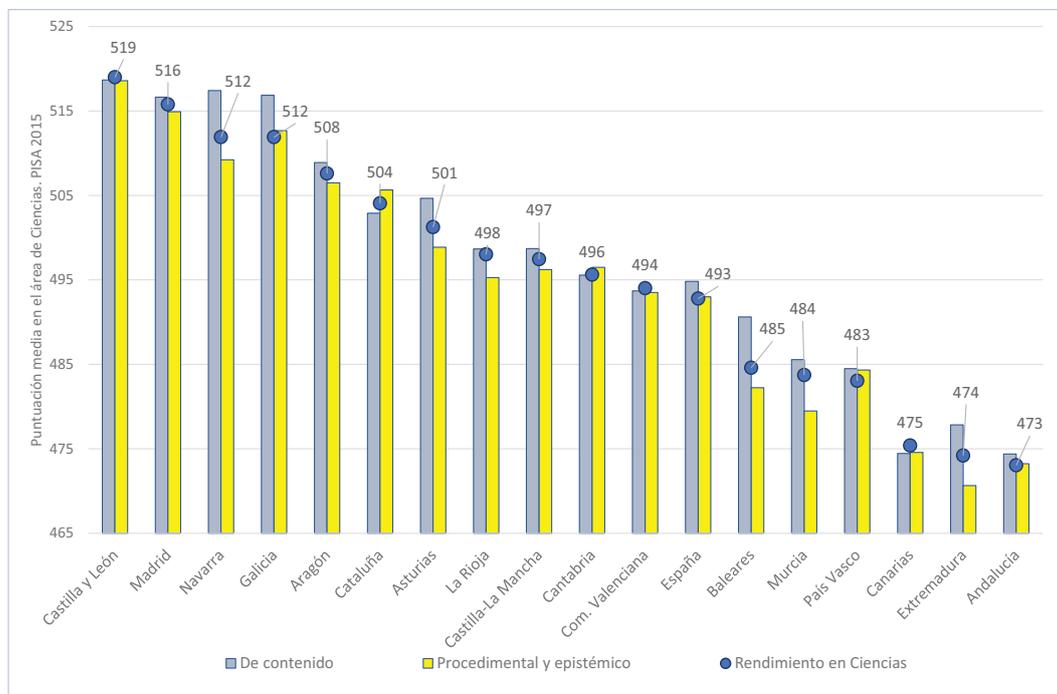
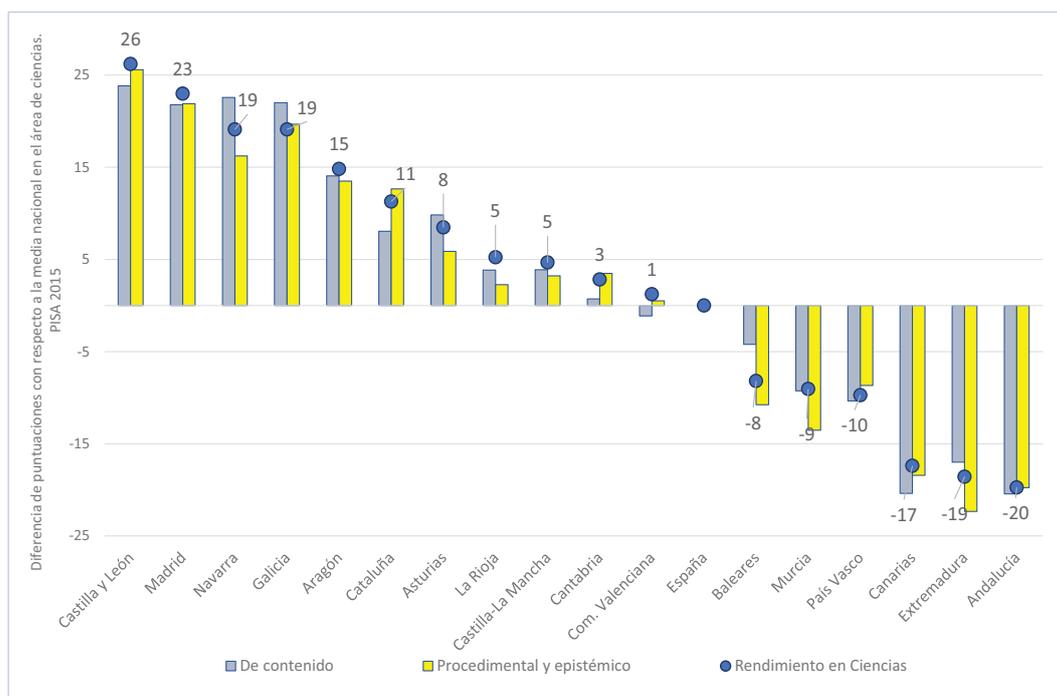


Figura 14
Diferencia de puntuaciones con respecto a la media nacional en el área de Ciencias, según el tipo de conocimiento, en las comunidades autónomas. PISA 2015



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

- 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^{82, 83, 84}. 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 se ha subrayado en la primera parte de esta monografía (página 40), 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).

En la Parte I, hemos caracterizado 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 y que reiteraremos en lo que sigue.

114

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 que la generada en la Parte I. 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).

82 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>>.

83 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>>.

84 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>>.

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.

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 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 matemáticas (STEM) y, sin embargo, están sobrerrepresentadas en otros campos profesionales y del saber, tales como el de la salud, la psicología o la educación⁸⁵. Así, por ejemplo, y como señalan T. Breda y S. T. Ly, en su estudio publicado por la *London School of Economics*⁸⁶, solo el 25 % de la fuerza de trabajo en profesiones STEM en los Estados Unidos de América, son mujeres⁸⁷, 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 hombre⁸⁸ y menos de la cuarta parte de los investigadores que publican artículos de ciencias físicas son mujeres⁸⁹. 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 Portugal⁹⁰.

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 %)

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

86 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>>.

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

88 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.

89 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>>.

90 *Ibid.*

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^{91, 92, 93}. 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. Penner⁹⁴, en la dificultad que plantea el desacoplamiento de ambos tipos de factores toda vez 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*)⁹⁵. 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 investigación⁹⁶.

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 autoeficacia⁹⁷.

Una revisión bastante completa de las posibles causas de la brecha de género en STEM está disponible en el reciente informe de la UNESCO⁹⁸, 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).

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

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

93 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>>.

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

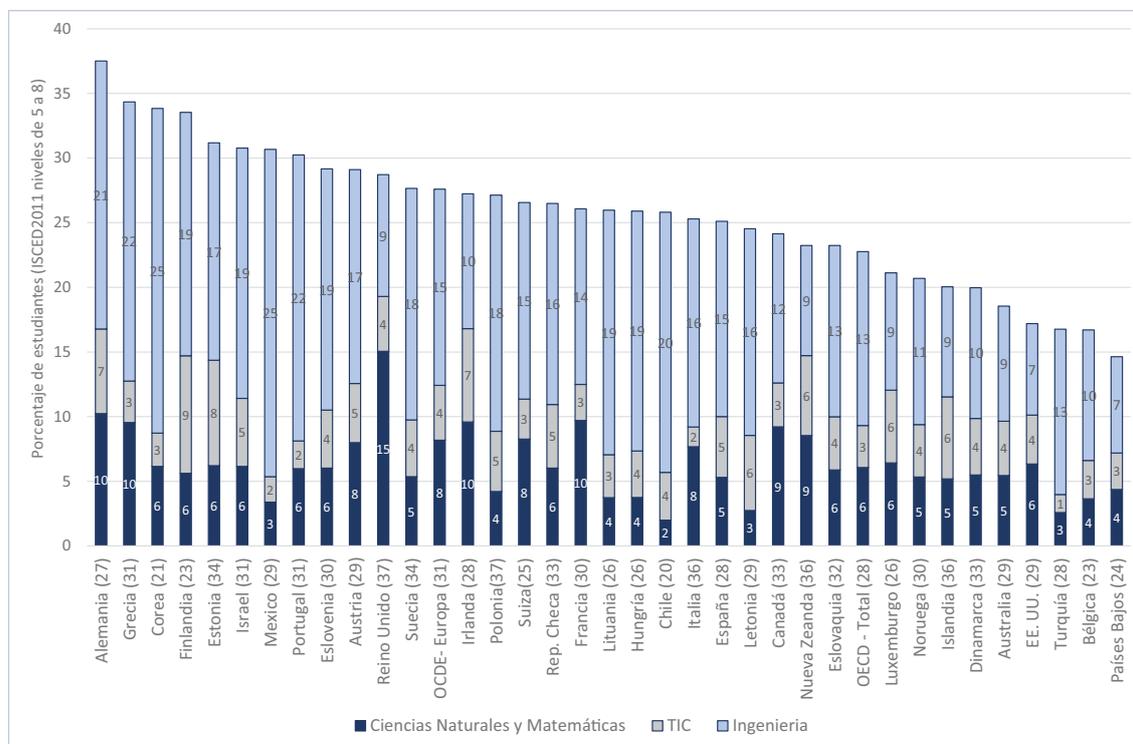
95 HANSON, S. L. (1996). *Lost Talent: Women in the Sciences*. Philadelphia: Temple University Press.

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

97 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>>.

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

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>>.

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^{99, 100}. 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.

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

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

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 términos¹⁰¹: «(...) 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».

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,

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

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 ISEC¹⁰².

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 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 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

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%

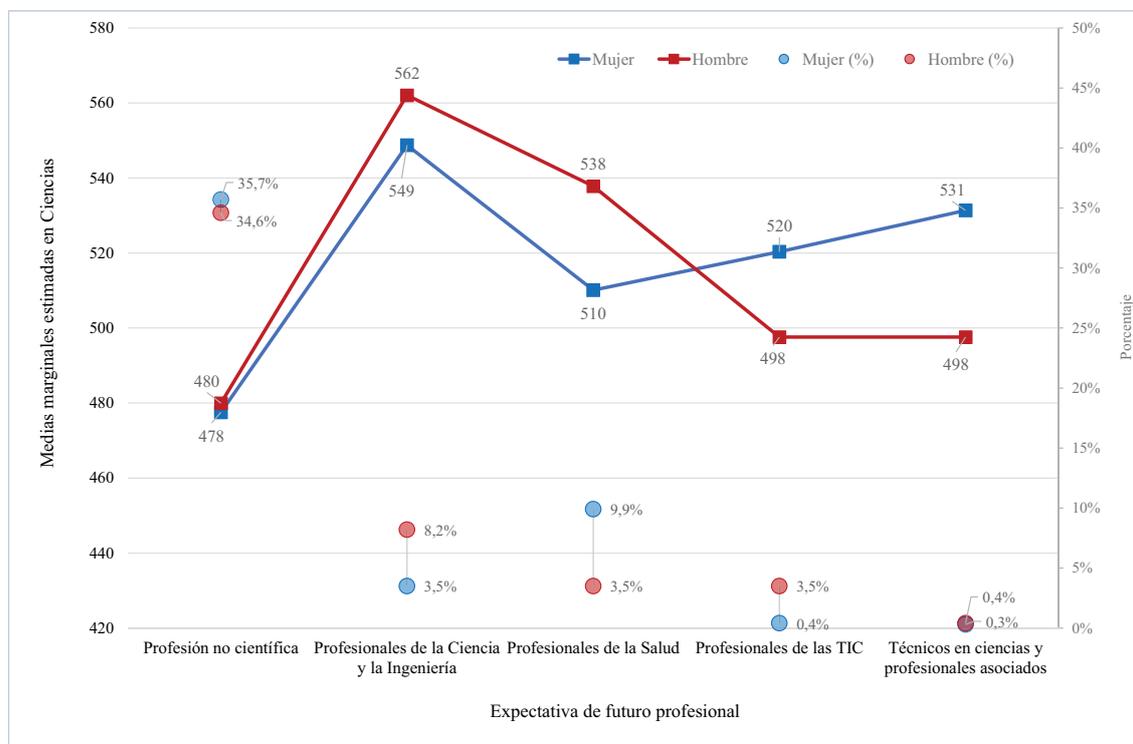
Fuente: Elaboración propia.

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. Llamamos 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 efec-

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



Fuente: Elaboración propia.

to 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 precedentes¹⁰³ han destacado algunos hechos, suficientemente probados, que podrían servir de base para diseñar, promover e implementar tales actuaciones. Así, se ha compro-

103 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>

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.

bado que la autoconfianza tiene una mayor influencia sobre el rendimiento en mujeres que en hombres¹⁰⁴, 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’¹⁰⁵. 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

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

105 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>.

los factores con mayor impacto sobre el rendimiento¹⁰⁶; pero análisis efectuados desde la perspectiva 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 chicos¹⁰⁷. 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 hijas¹⁰⁸.

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 futuras 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 de la Parte II del presente estudio (véanse los anteriores apartados 2.1.3 y 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. Antoine¹⁰⁹ sobre la base de investigaciones precedentes^{110, 111}, 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 só-

106 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.

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

108 *Ibid.*

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

110 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.

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

lidamente establecido¹¹², 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 incrementar 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 recíproco 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.
- 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-escuela¹¹³.
- 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. Oakes¹¹⁴, 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.

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

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

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

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 sobre 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 126 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 educativas 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.

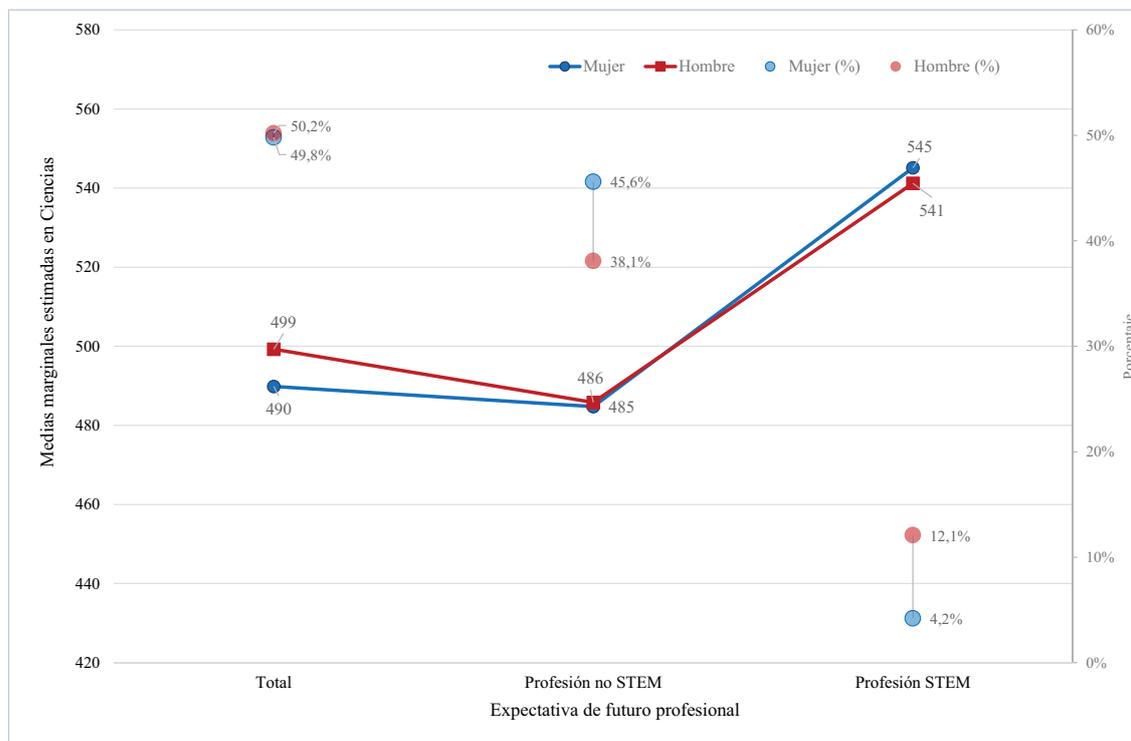
En concreto, destaca que la variable sexo, por si sola, no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en ciencias en las comunidades autónomas de Andalucía, Asturias,

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.

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



Fuente: Elaboración propia.

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.

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.

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 porcentuales¹¹⁵. 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 insuficiente¹¹⁶.

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

115 OECD (2017). *Op. cit.*

116 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.

130

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 expuso en el apartado 2.1.2 de la Parte II 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.

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.

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.

Tabla 14

Coefficientes 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 científicamente	Evaluar y concebir investigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científicamente	Sistemas físicos	Sistemas vivos	Sistemas de la Tierra y el Espacio	De contenido	Procedimental 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.

5. Algunos factores relevantes al nivel de aula

Tal y como se ha destacado en el apartado 3.1 Aproximación general de esta Parte II, 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 po-

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 científicamente	Evaluar y concebir investigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científicamente	Sistemas físicos	Sistemas vivos	Sistemas de la Tierra y el Espacio	De contenido	Procedimental 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.

líticas 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).

134 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 Murcia 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

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.

con la influencia de diferentes metodologías sobre el rendimiento escolar¹¹⁷ así como, específicamente, con la del 'aprendizaje basado en proyectos'¹¹⁸, 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.

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

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

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*¹¹⁹. 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 de la parte II del presente trabajo, cuyas derivadas en el plano de la didáctica de las Ciencias resultan bastante directas¹²⁰. Asimismo, advierte, sobre una base empírica, sobre las relaciones de una cierta prelación natural –por razones tanto psicológicas, como epistemológicas– entre ‘conocimientos’ y ‘competencias’.

136

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.

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 2015¹²¹–, 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.

119 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>>.

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

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

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 and 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.

137

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.

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 and 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 rendi-

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.

138

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

Fuente: Elaboración propia.

miento 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 R² de Cox y Snell y R² de Nagelkerke, que nos informan de una explicación de la varianza de la variable dependiente por parte de nuestro modelo, se sitúan entre un 11,0 % y un 17,8 %. Cuanto más alto es el valor de R² 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 correspondiente¹²² 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

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

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.

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, 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 condición¹²³– nos informan de la fortaleza de la relación. Cuanto más alejada de 1 esté más fuerte es

123 «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.

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	✓	✓	✓	✓		✓		✓
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.

la relación. En nuestro caso, y en el orden de la fortaleza de la relación con la vocación STEM, la primera 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 na-

turalidad 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, 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

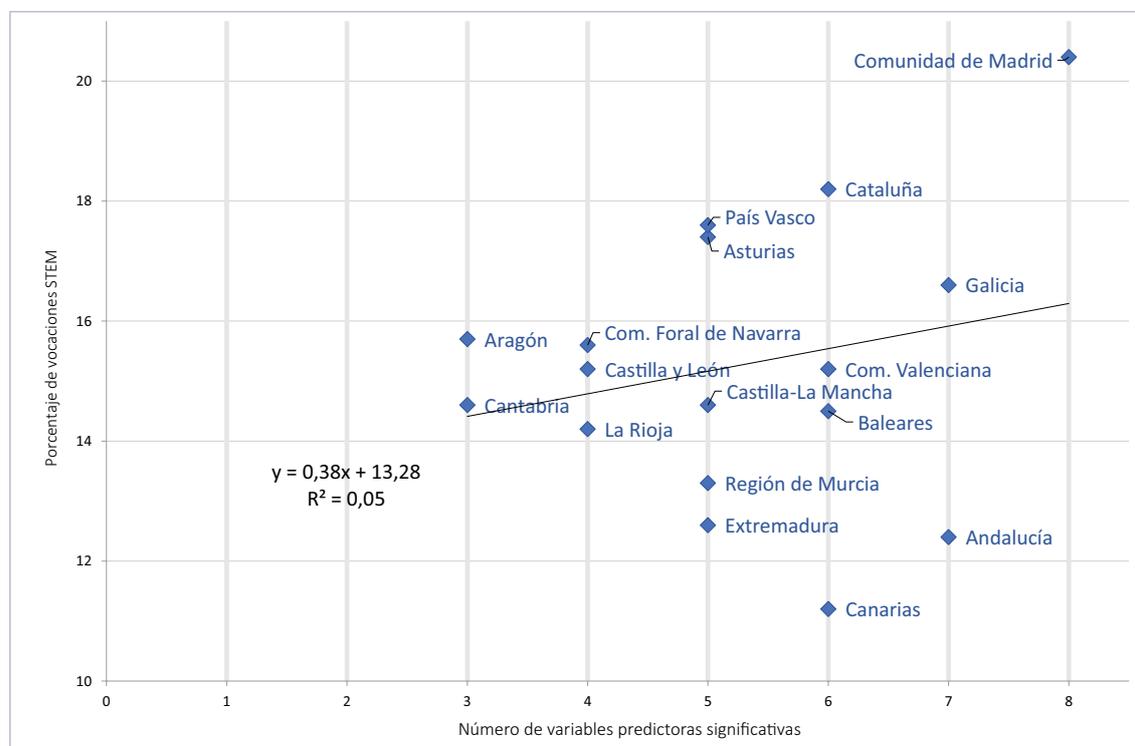
La concepción de políticas de mejora que operen en el nivel de aproximación que es característico de los centros educativos requiere identificar factores que influyan, de un modo relevante, en el éxito escolar. Sobre la base de los resultados obtenidos en PISA 2015 para el rendimiento en Ciencias del 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 destacada¹²⁴. 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^{125, 126} 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.

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

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

126 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 18
Número de variables predictoras significativas y porcentaje de vocaciones STEM y en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

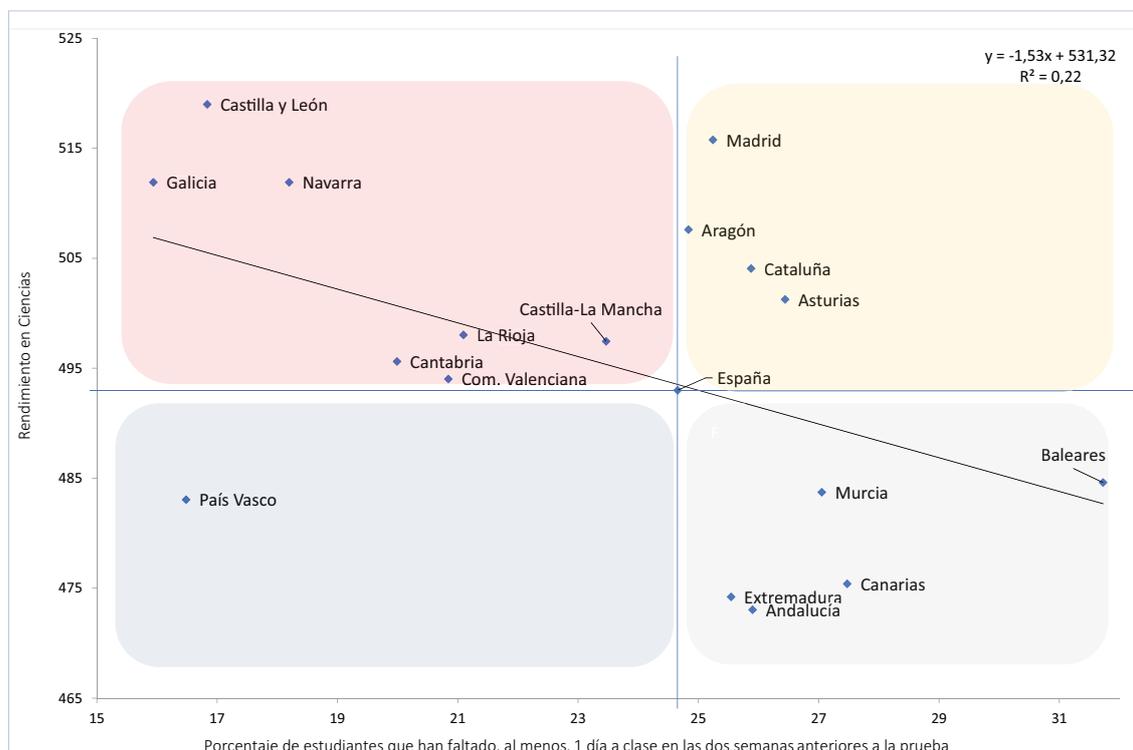
6.1 El absentismo escolar

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 coeficiente 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 $R^2 = 0,41$ ¹²⁷.

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

127 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 19
Rendimiento en Ciencias y absentismo escolar en las comunidades autónomas. PISA 2015



Fuente: Elaboración propia.

en las dos semanas anteriores a la prueba. El valor de $R^2 = 0,22$ ($\text{sig.} = 0,051$) revela una intensidad moderada de la correspondiente relación cuya teórica proporción de varianza explicada en el sentido *absentismo* \rightarrow *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.

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* \rightarrow *rendimiento* y *rendimiento* \rightarrow *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 educativas¹²⁸. 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 individuales¹²⁹—; 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 lineal¹³⁰.

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»¹³¹. 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

Figura 20
Un modelo conceptual



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

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

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

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

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

autónomas que están situadas en el ‘cuadrante óptimo’ de la figura 19, o en sus proximidades¹³². 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 la Parte I de esta monografía. No obstante, por la vinculación existente entre el absentismo de los alumnos y su nivel socioeconómico y cultural¹³³, 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 públicos¹³⁴.
- 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 OCDE¹³⁵. Asimismo, la Comisión Europea, a través de Eurydice, ha prestado atención al análisis comparado de dicho fenómeno, en una aproximación cualitativa a los diferentes países de la Unión¹³⁶. 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 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

132 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.

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

134 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.

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

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

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.

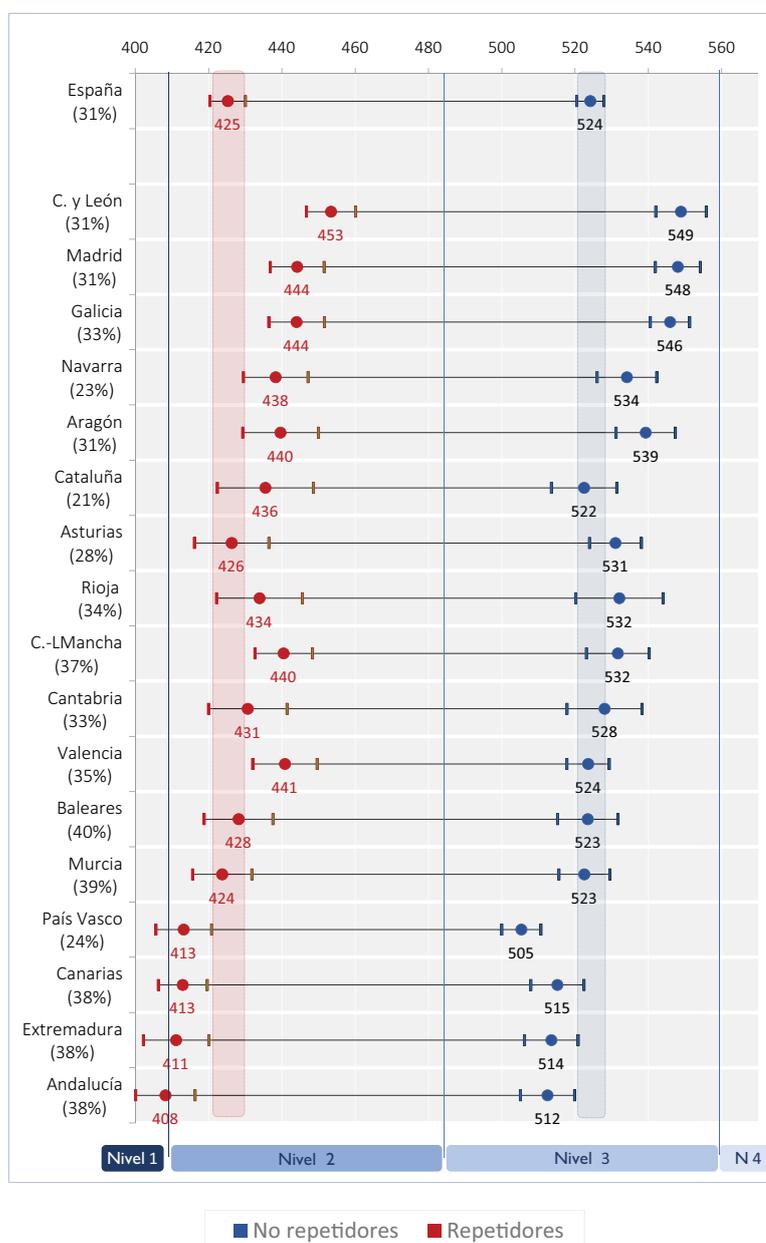
Esta muy amplia brecha de puntuaciones entre alumnos no repetidores y alumnos repetidores, junto con el alto porcentaje de repetidores en todas las comunidades autónomas, predice con una elevada probabilidad un incremento de dificultades del profesor a la hora de desarrollar su tarea. Un análisis cualitativo, 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»¹³⁷.

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 lo que realmente son»¹³⁸. Esta circunstancia podría estar reflejando la transferencia de expectativas negativas del profesor sobre el rendimiento de dichos alumnos que operarían como una especie de

137 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.

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

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.

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. Márquez¹³⁹ 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 educativos 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.

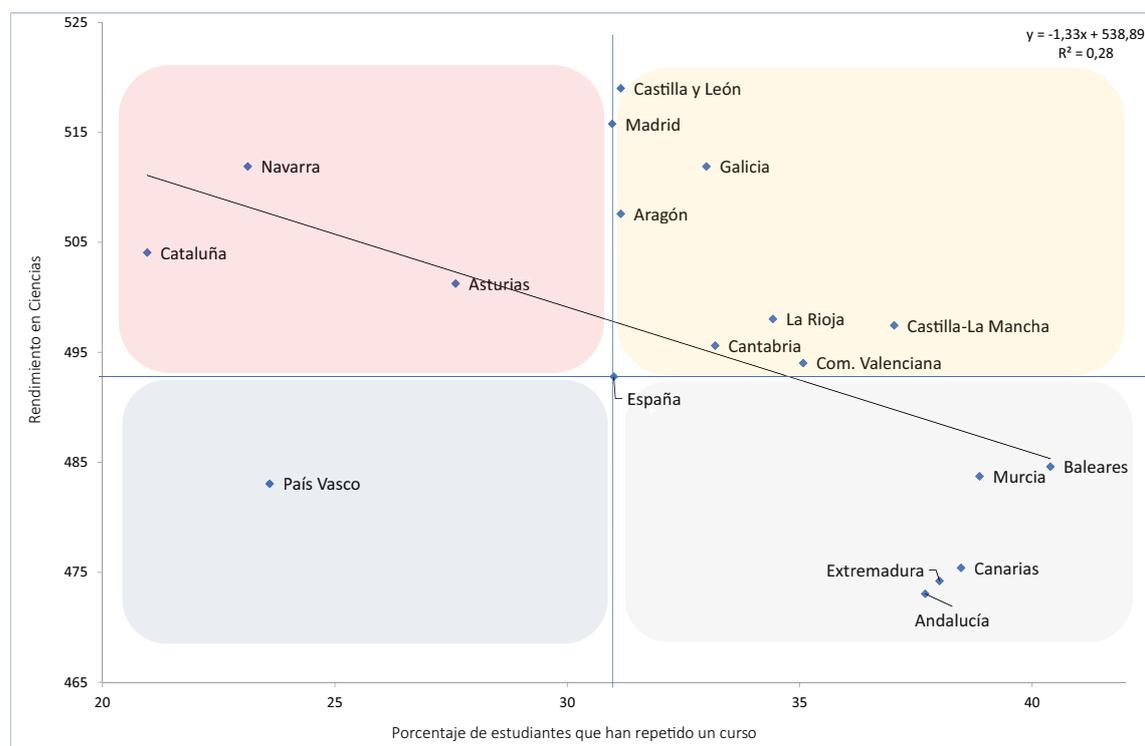
148

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.

139 *Ibid.*

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



Fuente: Elaboración propia.

6.3 La implicación parental

Como hemos señalado en otro lugar¹⁴⁰, 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 implicación parental y el rendimiento escolar^{141, 142, 143} 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*

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

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

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

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

(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 anteriores¹⁴⁴, 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.

150

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 que requieren un mayor apoyo de los padres. Un resultado semejante se ha puesto de manifiesto en investigaciones anteriores¹⁴⁵. 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),

144 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.

145 CASTRO, M.; EXPÓSITO-CASAS, E.; LÓPEZ-MARTÍN, E.; LIZASOAIN, L.; NAVARRO-ASENCIO, E.; GAVIRIA, J. L. (2014). *Op. cit.*

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.

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.
- 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^{146, 147}, 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 hijos¹⁴⁸.
- 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 carreras STEM¹⁴⁹. 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

152

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

147 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>.

148 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>>.

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

cifra del 17 % frente al 9,8 % de los empleos no-STEM¹⁵⁰. Tanto *The Royal Academy of Engineering*¹⁵¹ británica, como la *Real Academia de Ingeniería*¹⁵² 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 citado¹⁵³, 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.

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. Los resultados de dicho análisis, junto con el del ANOVA correspondiente (véase 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.

153

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 de la Parte II del presente trabajo, tanto en el estudio de PISA 2015 como en el nuestro propio, referido en este caso a España y a sus

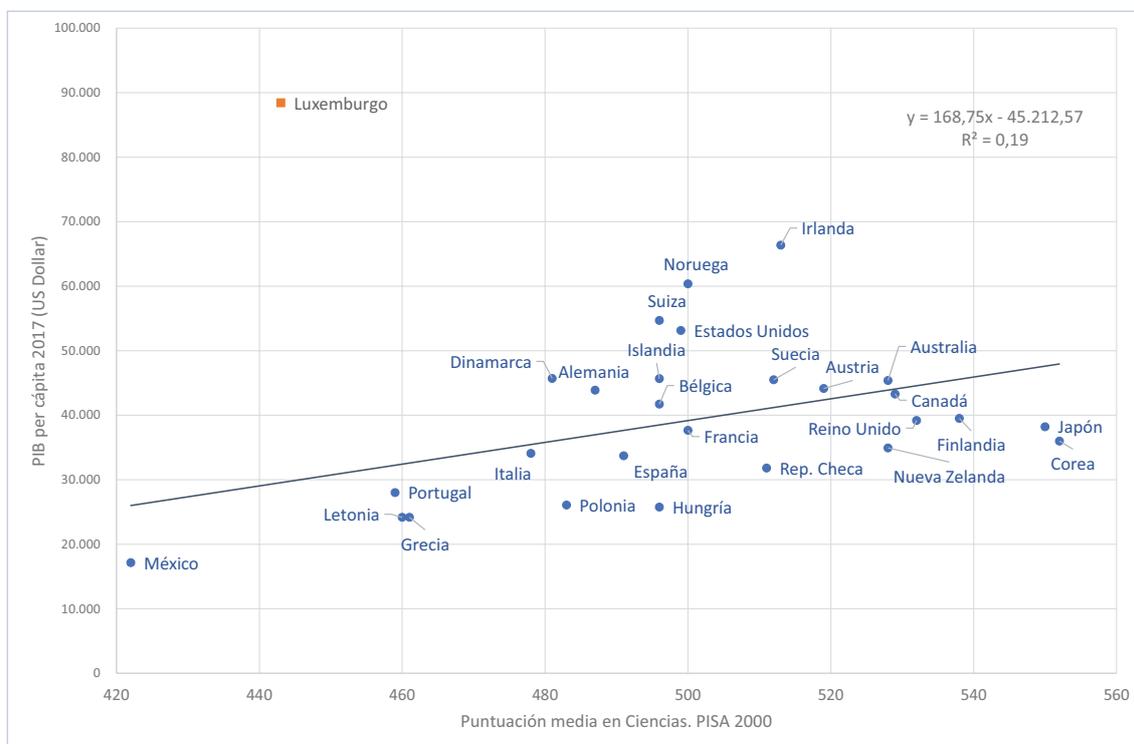
150 LANGDON, D.; MCKITTRICK, G.; BEEDE, D.; KHAN, B.; DOMS, M. (2011). *STEM: Good Jobs Now and for the Future*. Washington: U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics administration. <http://www.esa.doc.gov/sites/default/files/stemfinaljuly14_1.pdf>.

151 ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. Econometrics of engineering skills project (2012). *Jobs 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>>.

152 CAVERO CLERENCIA, J. M.; RUIZ QUEJIDO, D. (2017). *Educación 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>.

153 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.

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. Ly¹⁵⁴, 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^{155, 156, 157} sino que, además,

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

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

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

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

se podría evitar con ello una reducción de la productividad agregada como consecuencia de una asignación errónea del talento¹⁵⁸.

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 STEM¹⁵⁹. 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 profesiones¹⁶⁰. En los países ricos, sin embargo y como ha razonado O. Khazan¹⁶¹, «(...) 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.

155

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 ‘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»¹⁶². 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 cono-

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

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

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

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

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

cimiento 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 muchas¹⁶³.

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 Ingeniería¹⁶⁴ 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)¹⁶⁵ 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.

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 los diagnósticos territorializados, se formulan a continuación un conjunto de recomendaciones en pos de un objetivo común: mejorar los resultados de la educación científica en nuestro país.

8. Conclusiones y recomendaciones

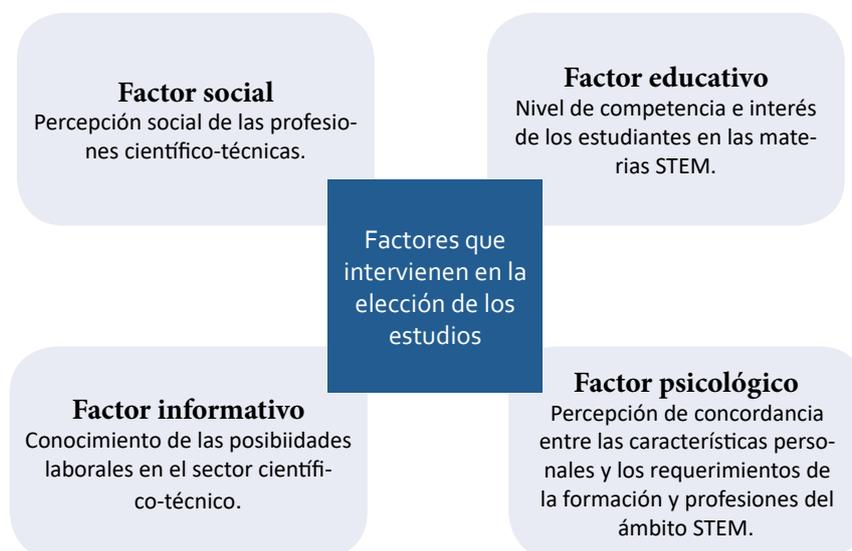
La educación científica constituye un elemento clave para la preparación del futuro en los ámbitos personal, social y económico. Y no sólo por las habilidades cognitivas que desarrolla, por los hábitos personales que contribuye a consolidar, o por su incidencia en la formación de una ciudadanía madu-

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

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

165 <<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).

ra, 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* \rightarrow *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* \rightarrow *rendimiento* y *rendimiento* \rightarrow *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.
- 162 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 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 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 partenariatado 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.; NOVAK 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. Ramachandran, 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». *Journal 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.; 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/stemfinaljuly14_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>.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARCÍA GARCÍA, I.; EXPÓSITO CASAS, E. (2019). «Rendimiento en Ciencias, concepciones epistémicas y vocaciones STEM en las comunidades autónomas españolas. Evidencias desde PISA 2015, políticas y prácticas de mejora». *Revista Española de Pedagogía*, 77 (272). En prensa.

- 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-repeticion-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/randstadinformeflexibilidad2016.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.

Parte II
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

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

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

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 científicos	Evaluar y concebir investigaciones científicas	Interpretar datos y evidencias científicas
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

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

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			

Tabla Ag

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.

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	
Coefficiente de correlación múltiple	0,4402
Coefficiente 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			

	Coefficientes	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.



Existe un consenso creciente sobre el papel decisivo de la educación en la preparación del futuro de las naciones y de sus ciudadanos. Este consenso trasciende el mundo educativo y el del pensamiento –en el seno de los cuales una tal convicción ha estado presente de un modo secular– para alcanzar, sobre la base de evidencias empíricas, el mundo de la política, de la economía y de la empresa. En el caso español y de su sistema educativo notablemente descentralizado, por primera vez las 17 comunidades autónomas han participado en la edición de 2015 del programa PISA con muestras representativas de sus correspondientes poblaciones escolares de 15 años de edad. Esta monografía aprovecha esa ventana de oportunidad para presentar un conjunto amplio de diagnósticos empíricos territorializados que van acompañados de reflexiones y de propuestas de mejora en el terreno de las políticas y de las prácticas educativas.



Cátedra de Políticas Educativas

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