

Rendimiento en ciencias, concepciones epistémicas y vocaciones STEM en las comunidades autónomas españolas. Evidencias desde PISA 2015, políticas y prácticas de mejora

Performance in science, epistemic conceptions, and STEM vocations in Spain's autonomous communities: evidence from PISA 2015, improvement policies, and practices

Dr. Francisco LÓPEZ RUPÉREZ. Director de la Cátedra de Políticas Educativas. Universidad Camilo José Cela. (flopezr@ucjc.edu).

Lda. Isabel GARCÍA GARCÍA. Colaboradora de la Cátedra de Políticas Educativas. Universidad Camilo José Cela. (isabel.garciagarcia@gmail.com).

Dra. Eva EXPÓSITO CASAS. Profesora Ayudante Doctor. Universidad Nacional de Educación a Distancia (evaexpositocasas@edu.uned.es).

Resumen:

El conocimiento desempeña un papel determinante como clave para el desarrollo económico a largo plazo, tanto en el ámbito de los estados como de sus regiones. Además, el nuevo contexto demanda el ejercicio de una ciudadanía madura en el plano intelectual y responsable en el plano político. Por su propia naturaleza, la educación científica puede contribuir decisivamente al logro de estos dos tipos de metas, de desarrollo económico y de progreso cívico. Desde esta doble perspectiva,

el presente trabajo efectúa análisis secundarios sobre la base de datos de PISA 2015. Se pretende generar con ellos un diagnóstico empírico de la situación relativa de las 17 comunidades autónomas en materia de educación científica. Se ha centrado la atención en tres variables principales: el rendimiento en ciencias, las concepciones epistémicas de los alumnos y sus vocaciones STEM. En relación con tales evidencias, se formulan algunas recomendaciones sobre políticas y prácticas de mejora.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 19-10-2018.

Cómo citar este artículo: López Rupérez, F., García García, I. y 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 | *Performance in science, epistemic conceptions, and STEM vocations in Spain's autonomous communities: evidence from PISA 2015, improvement policies, and practices*. *Revista Española de Pedagogía*, 77 (272), 5-27. doi: <https://doi.org/10.22550/REP77-1-2019-09>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

Descriptor: PISA 2015, educación científica, comunidades autónomas, desarrollo económico regional, progreso cívico, políticas de mejora.

Abstract:

Knowledge plays a vital role as the key to long-term economic development, at both the national and regional levels. Furthermore, the new circumstances require the exercise of mature citizenship at an intellectual level and responsible citizenship in the political sphere. By its very nature, science education can make a decisive contribution towards achieving the two goals of economic development and civic progress. From this dual

perspective, this work analyses the data from PISA 2015. Its aim is to provide an empirical analysis of the relative positions of the 17 Spanish autonomous communities in terms of science education. It focuses on three main variables and how they are related: students' performance in science, their epistemic conceptions, and their STEM vocations. A number of recommendations for improvement policies and practices relating to this evidence are made.

Keywords: PISA 2015, science education, Spanish autonomous communities, regional economic development, civic progress, improvement policies.

1. Introducción

Los sistemas de educación y de formación se han convertido en instrumentos potencialmente efectivos para la adaptación de las economías y de las sociedades a un contexto complejo. Por la multiplicidad de factores intervinientes y por su interacción, se generan dinámicas no lineales que aceleran el tiempo histórico (López Rupérez, 2001).

Existe un consenso amplio, basado en la propia evidencia cotidiana, en el sentido de que el desarrollo de la ciencia y 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» (Schwab, 2016, p. 1).

Esta descripción sintética de la evolución del contexto pone claramente de manifiesto el entremezclamiento mayúsculo, entre tecnología, economía y sociedad, que la caracteriza.

Los estudios más recientes sobre la enseñanza y sobre el aprendizaje vienen poniendo el acento en las habilidades cognitivas y en las 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. (NRC, 2012). Entre las segundas se sitúan la perseverancia, la determinación, la resiliencia, el autocontrol, etc. (Departamento de Educación de los Estados Unidos, 2013; Méndez et al., 2015). Como han destacado Kautz, Heckman, Diris, Weel y Borghans (2014), 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 & 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) (Kautz et al., 2014, p. 23).

En el antes citado documento de trabajo de la OCDE se aclara que:

Se denominan propiamente habilidades porque tanto las habilidades cognitivas como las no cognitivas pueden ser moldeadas y modificadas a lo largo del ciclo vital. Una antigua terminología en psicología se refería a ellas como *rasgos*, otorgándoles un sentido de inmutabilidad o de permanencia, posiblemente debido a su naturaleza heredable. La distinción entre habilidades y rasgos no es solo una cuestión semántica, sugiere nuevas y productivas avenidas para las políticas públicas (Kautz et al., 2014, p. 10).

En efecto, y de acuerdo con la evidencia, las habilidades pueden cambiar con la edad y, particularmente, por efecto de la instrucción, de ahí que unas y otras deban formar parte de la educación escolar (López Rupérez y García García, 2017).

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* (Sawyer, 2008). Como ha concretado el National Research Council de los EEUU 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 (NRC, 2012, pp. 5-6).

La educación científica constituye un área destacada para el desarrollo de las habilidades y de las competencias requeridas por la sociedad y por la economía 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, con frecuencia, a su grado de abstracción y a su alto nivel de generalidad; la presencia natural de situaciones de aprendizaje de carácter

cooperativo asociadas a la propia metodología de investigación; el desarrollo de la disciplina personal, de la perseverancia y del sentido del esfuerzo vinculados con la exigencia cognitiva o intelectual de sus marcos teóricos; su trasfondo humanístico, relacionado con la reflexión filosófica y con su evolución histórica, son algunos de los rasgos que hacen de ella un ámbito privilegiado para la adquisición de esas habilidades, tanto cognitivas como no cognitivas, que se requieren del sujeto en formación.

Las enseñanzas STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) constituyen, de hecho, una extensión del anterior ámbito de reflexión sobre la importancia presente y futura de la educación científica. Por su impacto sobre la economía y el empleo (WEF, 2016) han atraído la atención de las instituciones europeas (Consejo de la Unión Europea, 2009; EU STEM Coalition, 2015); pero también porque las correspondientes competencias forman parte del equipaje cívico necesario que permitirá a los ciudadanos del siglo XXI participar activamente en procesos y en decisiones que afectarán de lleno a sus vidas (Comisión Europea, 2015).

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 las comunidades autónomas españolas. 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 (Pérez et al., 2016, p. 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.

La edición de PISA 2015 ha abierto para España una ventana de oportunidad inédita al registrar, por primera vez en la historia de dicho programa de evaluación internacional, la participación de las 17 comunidades autónomas con muestra ampliada y estadísticamente representativa de la población correspondiente a nivel regional. Ello permite evaluar el nivel real de conocimientos y de competencias de los alumnos, en este caso en el ámbito particular de la educación científica. El hecho de que dicha evaluación se produzca en el marco de la enseñanza obligatoria permite razonar sobre el grado de adquisición de competencias básicas por parte de la población en general y sobre su poder predictivo, en términos comparados, con respecto a un futuro probable de desarrollo económico y social.

El presente estudio aporta una caracterización sistemática de las comunidades autónomas españolas en materia de rendimiento en ciencias, concepciones epistémicas¹ de los alumnos y vocaciones STEM, a partir de los datos de PISA 2015. Ello permite efectuar, primero, un diagnóstico comparado con la ayuda de análisis de regresión lineal, y formular, después, algunas reflexiones y propuestas en términos de políticas y de prácticas orientadas a mejorar la enseñanza y el aprendizaje científicos.

2. Marco metodológico

2.1. Muestra

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 de 15 años de edad.

En la evaluación PISA 2015, participaron un total de 39066 estudiantes españoles. La muestra representativa para España está compuesta por 6736 estudiantes; los tamaños muestrales para cada una de las CCAA, junto con los porcentajes con respecto a las correspondientes poblaciones, pueden observarse en la Tabla 1 (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 CCAA).

TABLA 1. Extensión de las muestras de alumnos correspondientes a cada una de las 17 comunidades autónomas españolas y porcentajes con respecto a las respectivas poblaciones.

	N	%
Andalucía	1813	4.6 %
Aragón	1798	4.6 %
Asturias	1790	4.6 %
Islas Baleares	1797	4.6 %
Islas Canarias	1842	4.7 %
Cantabria	1924	4.9 %
Castilla y León	1858	4.8 %
Castilla la Mancha	1889	4.8 %
Cataluña	1769	4.5 %
Comunidad Valenciana	1625	4,2 %
Extremadura	1809	4.6 %
Galicia	1865	4.8 %
La Rioja	1461	3.7 %
Madrid	1808	4.6 %
Murcia	1796	4.6 %
Navarra	1874	4.8 %
País Vasco	3612	9.2 %

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

2.2. Instrumentos de medida

Los instrumentos de medida empleados son los que han permitido a PISA, en su edición de 2015, obtener los datos, algunos de cuyos análisis secundarios serán objeto de este estudio: las pruebas de ciencias y los cuestionarios de contexto personal, en particular el referido a las expectativas de los alumnos de ejercer en el futuro —cuan-

do tengan 30 años— una profesión relacionada con las materias científicas.

2.2.1. Las pruebas

La estructura completa del ámbito propiamente cognitivo de las pruebas de ciencias de PISA 2015 está disponible en el informe correspondiente de la OCDE y se sintetiza en el Gráfico 1.

GRÁFICO 1. Categorías descriptivas de los elementos y unidades de evaluación de PISA 2015 en el área de ciencias.

<p>CONTEXTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personal - Local/nacional - Global 	<p>TIPO DE CONOCIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - De contenido - Procedimental - Epistémico 	<p>ÁREA DE CONTENIDO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas físicos - Sistemas vivos - Sistemas de la Tierra y el Espacio 	<p>DEMANDA COGNITIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baja - Media - Alta
<p>FORMATO DE RESPUESTA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opción múltiple simple - Opción múltiple compleja - Respuesta construida 		<p>COMPETENCIA CIENTÍFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicar fenómenos científicamente - Evaluar y diseñar investigaciones científicas - Interpretar datos y evidencias científicas 	

Fuente: Elaboración propia a partir de OECD, 2016a.

En lo que sigue, se presenta la estructura fundamental de la prueba de ciencias con la ayuda de las Tablas de especificaciones 2 y 3 que han sido elaboradas por los autores mediante el procesamiento directo de la información contenida en las hojas de cálculo C2.1 y C2.2 (OECD, 2016a). Dichas tablas clarifican esa distribución

compleja del conjunto de ítems en las diferentes subescalas.

La Tabla 2 presenta la distribución del total de ítems en las tres categorías o subescalas, a saber, tipos de conocimiento científico, competencias científicas y áreas de contenido.

TABLA 2. Distribución del total de ítems en las tres categorías o subescalas: tipos de conocimiento científico, competencias científicas y áreas de contenido.

Competencia	Tipo de conocimiento							
	De contenidos		Procedimental		Epistémico		Total	
Áreas de contenido								
Explicar fenómenos científicamente	83	84.7%	4	6.7%	2	7.7%	89	48.4%
Sistemas físicos	34	41.0%	1	25.0%		0.0%	35	39.3%
Sistemas vivos	30	36.1%	3	75.0%		0,0%	33	37.1%
Sistemas de la Tierra y el Espacio	19	22.9%		0.0%	2	100.0%	21	23.6%
Evaluar y concebir investigaciones científicas	1	1.0%	19	31.7%	19	73.1%	39	21.2%
Sistemas físicos		0.0%	9	47.4%	7	36.8%	16	41.0%
Sistemas vivos	1	100.0%	10	52.6%	7	36.8%	18	46.2%
Sistemas de la Tierra y el Espacio		0.0%		0.0%	5	26.3%	5	12.8%
Interpretar datos y evidencias científicamente	14	14.3%	37	61.7%	5	19.2%	56	30.4%
Sistemas físicos	4	28.6%	6	16.2%		0.0%	10	17.9%
Sistemas vivos	3	21.4%	18	48.6%	2	40.0%	23	41.1%
Sistemas de la Tierra y el Espacio	7	50.0%	13	35.1%	3	60.0%	23	41.1%
Total. Sistemas físicos	38	38.8%	16	26.7%	7	26.9%	61	33.2%
Total. Sistemas vivos	34	34.7%	31	51.7%	9	34.6%	74	40.2%
Total. Sistemas de la Tierra y el Espacio	26	26.5%	13	21.7%	10	38.5%	49	26.6%
Total	98	100.0%	60	100.0%	26	100.0%	184	100.0%

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

Por su parte, la Tabla 3 muestra la distribución del total de ítems en las categorías o subescalas y los tipos de conocimiento y competencias científicas, con la explicitación además del nivel de demanda cognitiva de los ítems correspondientes.

Así, el 21.2% de los 184 ítems de los que consta la prueba corresponde a la competencia «explicar fenómenos científicamente», el 48.4% 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 bajo, el 61.4% un nivel medio y solo un 8.2% un nivel alto.

TABLA 3. 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.

<i>Tipo de conocimiento</i>	Demanda cognitiva							
Competencia científica	Baja		Media		Alta		Total	
<i>De contenido</i>	44	78.6%	50	44.2%	4	26.7%	98	53.3%
Explicar fenómenos científicamente	41	93.2%	40	80.0%	2	50.0%	83	84.7%
Evaluar y concebir investigaciones científicas		0.0%	1	2.0%		0.0%	1	1.0%
Interpretar datos y evidencias científicamente	3	6.8%	9	18.0%	2	50.0%	14	14.3%
<i>Procedimental</i>	9	16.1%	43	38.1%	8	53.3%	60	32.6%
Explicar fenómenos científicamente		0.0%	1	2.3%	1	12.5%	2	3.3%
Evaluar y concebir investigaciones científicas	2	22.2%	13	30.2%	4	50.0%	19	31.7%
Interpretar datos y evidencias científicamente		0.0%		0.0%	6	75.0%	29	48.3%
<i>Epistémico</i>	3	5.4%	20	17.7%	3	20.0%	26	14.1%
Explicar fenómenos científicamente		0.0%	2	10.0%		0.0%	2	7.7%
Evaluar y concebir investigaciones científicas	3	100.0%	14	70.0%	2	66.7%	19	73.1%
Interpretar datos y evidencias científicamente		0.0%	4	20.0%	1	33.3%	5	19.2%
Total. Explicar fenómenos científicamente	5	8.9%	28	24.8%	6	40.0%	39	21.2%
Total. Evaluar y concebir investigaciones científicas	42	75.0%	43	38.1%	4	26.7%	89	48.4%
Total. Interpretar datos y evidencias científicamente	9	16.1%	42	37.2%	5	33.3%	56	30.4%
Total	56	100.0%	113	100.0%	15	100.0%	184	100.0%

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

2.2.2. El cuestionario

Con la finalidad de medir la proporción de alumnos en cada una de las comunidades autónomas y en el total nacional que manifiestan su intención de ejercer en el futuro —cuando tengan 30 años— una profesión relacionada en concreto con las ocupaciones STEM, se ha recurrido a los resultados obtenidos mediante la aplicación del cuestionario correspondiente de PISA 2015 (OECD, 2016b).

2.3. Variables y procedimientos de análisis

De conformidad con los propósitos de este estudio, se ha centrado la atención en las medidas de las variables *rendimiento en ciencias*, *concepciones epistémicas* (índice) y *vocaciones STEM* (índice), referidas todas ellas al nivel de comunidad autónoma. La primera viene definida por la puntuación media obtenida por cada agregado territorial en la prueba de ciencias; cabe señalar que se ha tenido en consideración el uso del modelo de Rasch en la estimación del rendimiento que hace PISA utilizando, en consecuencia, los 10 valores plausibles disponibles para cada estudiante.

La segunda se refiere a la desagregación de la subescala de conocimiento epistémico. Según PISA, las «convicciones epistémicas» reflejan «la manera en la que los individuos representan la naturaleza, la organización y la fuente del conocimiento, es decir, lo que consideran verdadero y cómo la validez de un argumento puede ser establecida» (OECD, 2016b, p. 100). Por ejemplo, forma 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 «buscan el conocimiento y la comprensión, ponen en cuestión todas las afirmaciones; buscan datos y procuran comprender su significado; exigen verificaciones; respetan la lógica y prestan atención a las premisas» (OECD, 2016b, p. 100).

La tercera resulta de la selección de aquellas opciones del correspondiente ítem del cuestionario de contexto personal que se refieren a las ocupaciones STEM propiamente dichas. Se ha optado, pues, por centrar especialmente la atención en la variable relativa a las expectativas profesionales relacionadas con las llamadas «vocaciones STEM», según la denominación acuñada por la Universidad Politécnica de Madrid y la Fundación Telefónica (Fundación Telefónica, 2014). Para ello, se ha ignorado la contribución procedente de la casilla «ciencias de la salud».

A partir de los resultados obtenidos, que se especificarán más adelante, se han efectuado sendos análisis de regresión lineal —rendimiento en Ciencias vs. concepciones epistémicas y rendimiento en ciencias vs. vocaciones STEM—, con sus correspondientes ANOVAS a fin de asegurar la significación estadística de los respectivos coeficientes de determinación. Se han tomado en consideración los resultados agregados por comunidad autónoma, así como los obtenidos para la muestra española representativa del nivel nacional. A partir de ello, se ha procedido a efectuar un estudio comparativo entre las diferen-

tes comunidades autónomas con referencia a las medias nacionales, recurriendo a sendos *análisis de cuadrantes* que permiten identificar, particularmente, aquellas comunidades autónomas que se encuentran en el *cuadrante pésimo*, definido por los valores inferiores a las medias nacionales en cada una de las dos variables que se correlacionan; regiones que requerirían, por tanto, políticas específicas de intervención.

3. Resultados

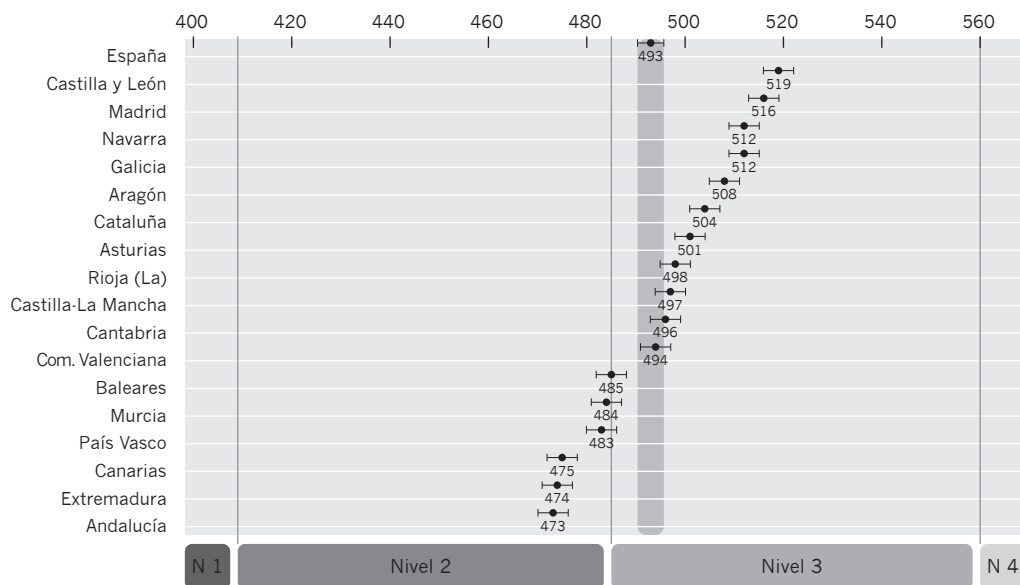
3.1. Rendimiento en ciencias

El rendimiento global en ciencias —medido por la puntuación media obtenida en el conjunto de los 184 ítems de que consta la correspondiente prueba de PISA 2015— para cada una de las CCAA se muestra en el Gráfico 2, junto con los intervalos de error de sus respectivas pun-

tuciones. Por razones que se discutirán más adelante, en los datos del Gráfico 2 no se han corregido, en este caso, los efectos del nivel socioeconómico y cultural (ISEC) sobre el rendimiento. Se evidencian en ella las diferentes posiciones de las CCAA 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.

Se advierte en dicho gráfico 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 autónomas, antes de controlar la influencia del ISEC³.

GRÁFICO 2. Puntuaciones globales en el área de ciencias en las CCAA.



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

3.2. Concepciones epistémicas

La Tabla 4 muestra el porcentaje de alumnos, según la comunidad autónoma, que contestaron afirmativamente a cada una de las preguntas planteadas en el cuestionario relacionadas con las concepciones epistémicas de los estudiantes, a partir de las cuales y de acuerdo con la definición de PISA (OECD, 2016a) 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 $+1$. La obtención de valores negativos en el índice significa que los alumnos respondieron por debajo de esa media y la de valores positivos indica que lo hicieron por encima de ella. En un primer análisis de los datos de dicha tabla se advierten diferencias entre comunidades autónomas que se reflejan, de un modo sintético, en los valores del referido índice y que se sitúan en el rango comprendido entre un valor máximo de 0.21 para Cataluña y un valor mínimo de -0.03 para Andalucía. Con un valor medio de 0.11 y una desviación típica de 0.06.

3.3. Vocaciones STEM

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 STEM⁴ (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). A partir de ella, se dispone de una visión comparada en las distintas comunidades autónomas de lo que hemos denominado «vocaciones STEM». Un primer análisis de los resultados de la tabla muestra una variabilidad apreciable entre comunidades autónomas cuyos valores van desde un valor mínimo de un 11.2% para Canarias y un valor máximo 20.4% para la Comunidad de Madrid, con una media de un 15.26% y una desviación típica de 2.24.

3.4. Análisis de regresión lineal

De conformidad con los propósitos últimos del estudio, procede efectuar sendos análisis de regresión entre las anteriores variables y el rendimiento en ciencias, cuyos resultados se presentan a continuación. En ambos análisis de regresión se cumplen los supuestos de los respectivos modelos.

3.4.1. Rendimiento en ciencias vs. concepciones epistémicas

El Gráfico 3 muestra el diagrama que compara el rendimiento en ciencias y la concepción epistémica de las ciencias, con valores a nivel nacional y por comunidades autónomas. Un análisis de regresión lineal efectuado sobre él revela la existencia de una relación entre ambas variables moderada y estadísticamente significativa ($R^2 = 0.47$; sig. 0.0016). Ello indica que el 47% de la varianza en cuanto a rendimiento en ciencias es explicable por las diferencias existentes en relación a la variable concepciones epistémicas (véase el Gráfico 3).

TABLA 4. Concepción epistémica 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
La Rioja	83.9	81.1	83.0	87.2	79.5	81.6	0.08
Madrid	87.3	82.7	89.0	90.8	81.7	81.8	0.19
Murcia	86.2	84.6	87.4	88.8	82.0	82.6	0.13
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

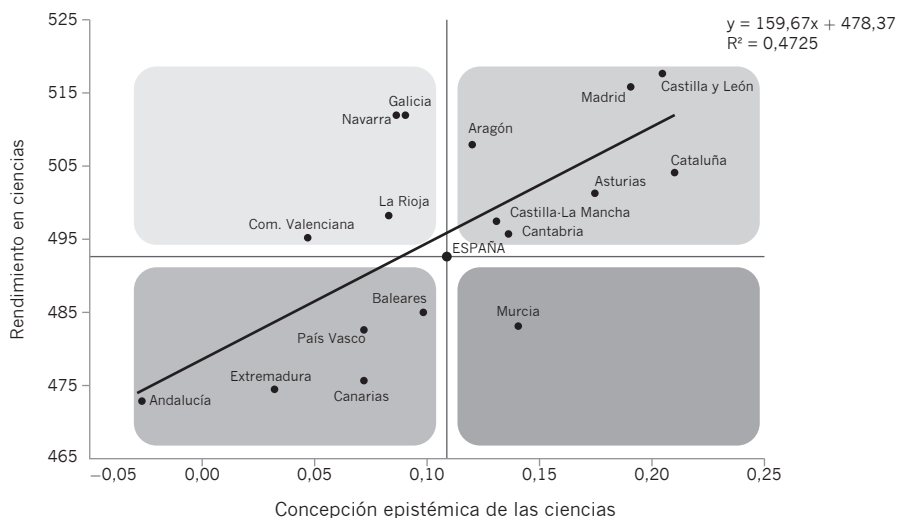
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA, 2015.

TABLA 5. Vocaciones STEM en las comunidades autónomas. PISA 2015.

	Profesionales de las ciencias y de la ingeniería (%)	Profesionales de tecnología de la informática 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
La Rioja	9.8	4.3	0.0	14.2
Madrid	16.0	4.2	0.2	20.4
Murcia	9.9	2.9	0.5	13.3
Navarra	12.2	2.7	0.7	15.6
País Vasco	14.4	2.8	0.4	17.6

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

GRÁFICO 3. 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 a partir de la base de datos de PISA, 2015.

Desde una perspectiva propiamente cívica, procede en ese caso centrar la atención particularmente en el grupo de comunidades autónomas que se ubican en lo que cabe denominar como el *cuadrante pésimo*, definido por los resultados inferiores a la media en materia tanto de rendimiento como de concepción epistémica. Andalucía, Baleares, Canarias, Extremadura y el País Vasco son las cinco comunidades autónomas que se incluyen en este cuadrante y que reclamarían la máxima atención.

3.4.2. Rendimiento en ciencias vs. vocaciones STEM

El Gráfico 4 muestra el diagrama que compara el rendimiento en ciencias con las vocaciones STEM a partir de la muestra nacional y por comunidades autónomas. El correspondiente análisis de regresión lineal revela la existencia de una relación entre estas dos variables que es, de nuevo, moderada y estadísticamente significativa

($R^2 = 0.46$; sig. = 0.002). 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 esta vocación constituye un estímulo para el aprendizaje científico—, tal resultado pone de manifiesto 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 predictores plausibles del desarrollo económico y social que, en el futuro, tendrán sus correspondientes territorios.

3.4.3. Una visión de conjunto

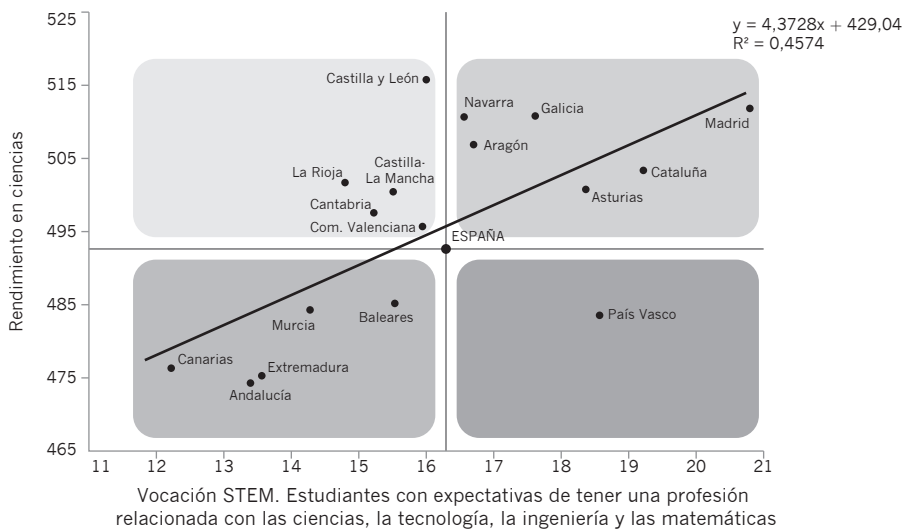
El Gráfico 5 aporta una visión de conjunto de los resultados de este diagnóstico sobre la posición relativa de las 17 CCAA,

a propósito de las tres variables consideradas en el presente trabajo, y muestra la distribución de las CCAA según superen la media nacional en alguno de esos tres aspectos considerados.

Así, los estudiantes de Madrid, Cataluña, Aragón y Navarra superan en prome-

dio 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.

GRÁFICO 4. 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.

GRÁFICO 5. Relación entre rendimiento, vocación STEM y concepción epistémica en las comunidades autónomas. PISA 2015.



Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

Aun cuando cabría tomar en consideración la corrección de las puntuaciones brutas obtenidas en ciencias mediante el control del efecto del nivel socioeconómico y cultural sobre el rendimiento de los alumnos (López Rupérez, García y Expósito, 2018 a y b), esta corrección solo tendría sentido, en el contexto del presente estudio y de sus propósitos, por razones de justicia —a la hora de modular la magnitud de las responsabilidades— pero no aminora la importancia de los desafíos del futuro 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, antes bien los acrecienta.

La edición de 2015 de PISA ha centrado la atención, entre las variables del contexto personal, 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 (2016b) sobre la base de las teorías *expectancy-value* (Wigfield y Eccles, 2000) y de las relativas a la naturaleza socio-cognitiva de la orientación profesional (Lent, López, López y Sheu, 2008). 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.

Sobre la base de estos indicios empíricos de carácter general, hemos optado por considerar, además del rendimiento en ciencias, las vocaciones STEM y las concepciones epistémicas con el fin de caracterizar el comportamiento al respecto de las diferentes comunidades autónomas españolas. Además, se han explorado las relaciones entre ellas para atender tanto la dimensión cívica como la económica de la educación científica. No obstante, un análisis multivariable podría arrojar una luz adicional sobre algunas claves explicativas del rendimiento en ciencias en cada una de las comunidades autónomas y sobre sus diferencias.

En el presente trabajo, hemos preferido sustituir la denominación «convicciones epistémicas» (*epistemic beliefs*) —algunos autores (Vázquez-Alonso y Manassero, 2018) lo traducen por «creencias epistémicas»— por «concepciones epistémicas». Se trata, a fin de cuentas, de representaciones de naturaleza cognitiva sobre lo verdadero o sobre la validez de los argumentos utilizados (Hofer y Pintrich, 1997) 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.

Como señala PISA, existe evidencia empírica sobre la existencia de una relación directa entre esta variable y la capacidad de los alumnos para aprender ciencias y, consiguientemente, con sus resultados escolares en las áreas científicas (Mason, Boscolo, Tornatora y Ronconi, 2013). No obstante, existe un aspecto que trasciende el medio

escolar para alcanzar la dimensión propiamente cívica de los ciudadanos del futuro en un contexto de sobreinformación, de proliferación de las *fake news*, de creciente complejidad en la toma de decisiones y en el juicio político o en la opinión informada sobre aspectos que les conciernen.

En ese 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» (OECD, 2016b, p. 28). Habida cuenta de la importante penetración del conocimiento científico en multitud de problemas de orden social y en sus soluciones políticas, los ciudadanos políticamente responsables han de ser capaces de posicionarse, con fundamento, ante los debates y ante las propuestas políticas que

tengan, o deban tener, alguna base científica o tecnológica, las cuales en el momento presente son muchas. Un rendimiento en Ciencias satisfactorio aseguraría, con una mayor probabilidad, ese tipo de competencia cívica.

Por otra parte, se dispone de un consenso amplio entre instituciones internacionales (Langdon, McKittrick, Beede, Khan y Doms. 2011; CEDEFOP, 2016; WEF, 2016) y entre especialistas (Randstad Research, 2016) 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 en las comunidades autónomas españolas, se podría hacer más evidente si se dirige la mirada hacia las vocaciones STEM.

En los países avanzados, la evolución de la economía y de la sociedad hacia contextos laborales fuertemente dependientes del conocimiento ha situado la educación científica y las llamadas enseñanzas STEM entre las áreas consideradas como estratégicas para el presente siglo. No es de extrañar la convergencia de las previsiones y de los diagnósticos efectuados en este sentido por organizaciones de los países más desarrollados que advierten sobre la importancia de preparar a los jóvenes para ocupar los abundantes nichos de empleo STEM que se están generando ya y se van a generar, de un modo acelerado, en el futuro (CEDEFOP, 2016; Langdon et al., 2011).

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, estimulan en el medio plazo el desarrollo de pymes especializadas y producen transferencias de conocimiento en su entorno. Dicho mecanismo es fuertemente dependiente de la existencia en la región de un capital humano con una buena formación tecnológica de base. Por otra parte, diferentes estudios anticipan el importante impacto del empleo STEM sobre el empleo indirecto no STEM pero localizado en el mismo ámbito geográfico (Randstad Research, 2016).

A la vista de todo lo anterior, y si se pretende, en primer lugar, mejorar el rendimiento en ciencias en general y, en particular, las concepciones epistémicas de los alumnos, es condición necesaria mejorar, de un modo sustantivo, la calidad de la enseñanza de las ciencias, para lo cual se formulan las siguientes recomendaciones en el nivel de la práctica docente:

- Incorporar de forma explícita a 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 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* (López Rupérez, 1994).
- Utilizar los informes de laboratorio como ejercicios de simulación de la actividad científica análoga, a su nivel, a la de elaboración de trabajos científicos para publicar en revistas especializadas, manteniendo una estructura y un enfoque similares (López Rupérez, 1986). 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*, entendiendo que, de conformidad con la evidencia disponible, ha de tratarse de un instrumento inserto en una estrategia didáctica más amplia cuya utilidad para desarrollar el pensamiento crítico está comúnmente aceptada por los investigadores, sobre una base empírica (Willett, 1983; Thomas, 2000). Como han advertido los propios promotores de esta opción

metodológica: «Los Proyectos no definen todo el programa educativo; sino que los profesores los utilizan junto con la instrucción sistemática y como un medio para alcanzar los objetivos curriculares» (The Project Approach, 2014, p. 1).

Todos estos procedimientos didácticos básicos se alinean, además, 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, y de su significado. 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, propias del pensamiento científico, que se han dado en llamar, en el estudio PISA, «convicciones epistémicas».

En lo que concierne a 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 (López Rupérez, 2014). Junto con esas políticas, orientadas al medio plazo, las propias de la formación permanente, cuyo desarrollo está al alcance de las comunidades autónomas, son imprescindibles para conseguir resultados deseables en el corto plazo (Real Sociedad Española de Física, 2018).

En lo relativo a la normativa orientadora sobre la organización del currículo, se han de promover 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 (Downer, 1991; OECD 2016a)—, mediante el incremento de la dotación horaria semanal para cuya definición las administraciones educativas de las comunidades autónomas concernidas disponen de suficiente margen competencial (Real Sociedad Española de Física, 2018). 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, como ha sido habitual en España—, lo que requiere elegir bien los ítems correspondientes a cada curso, en función de su demanda cognitiva, de la coherencia interna de las materias, en lo posible, y del nivel de edad de los alumnos (Shayer, 1978; López Rupérez y Palacios Gómez, 1988). 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*.

Se trata ahora, y en segundo lugar, de proceder a la discusión de los resultados vinculados a las vocaciones STEM, apor-

tando algunas recomendaciones de políticas para la mejora acordes con los diagnósticos empíricos efectuados para distintos grupos de comunidades autónomas. A partir del Gráfico 5, es posible establecer para el conjunto de las comunidades autónomas cuatro categorías:

- Categoría A (*alta vocación, alto rendimiento*): 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 regionales de la cuarta revolución industrial, en términos de empleo, crecimiento económico y progreso social.
 - Categoría B (*baja vocación, alto rendimiento*): 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, etc., dirigidos 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 bien identificados del sistema educativo español (Consejo Escolar del Estado, 2012).
- Categoría C (*alta vocación, bajo rendimiento*): ocupa dicha categoría únicamente el País Vasco. Esta situación anómala podría interpretarse como la consecuencia de un contexto socioeconómico que anima a abrazar vocaciones STEM, junto con un sistema educativo que no es capaz de dotar a los alumnos de las herramientas intelectuales adecuadas para conseguir ese ideal personal. En tal caso, las recomendaciones para la mejora general del rendimiento escolar que han sido descritas en una investigación anterior (López Rupérez et al., 2017) (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 encuentra 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 nivel regional, con algunas posibilidades de éxito.

Notas

- ¹ Para una justificación de esta denominación se remite a la Discusión.
- ² Véase <http://dx.doi.org/10.1787/888933433242>
- ³ En PISA 2015 una diferencia de 30 puntos equivale a un desfase escolar promedio de un curso académico completo (OECD, 2016a).
- ⁴ Las ocupaciones STEM comprenden las categorías 21 («Profesionales de las ciencias y de la ingeniería»), 25 («Profesionales de tecnología de la información y las comunicaciones») y 31 («Profesionales de las ciencias y 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>

Referencias bibliográficas

Almlund, M., Lee Duckworth, A., Heckman, J. y Kautz, T. (2011). Personality psychology and economics. En E. A. Hanushek, S. Machin y L. Woessmann (Eds.), *Handbook of the Economics of Education, Volumen 4* (pp. 1-181). Amsterdam: Elsevier.

- Borghans, L., Lee Duckworth, A., Heckman, J. J. y ter Weel, B. (2008). The economics and psychology of personality traits. *Journal of Human Resources*, 43 (4), 972-1059.
- CEDEFOP (2016). *Skill Shortage and Surplus Occupations in Europe*. Thessaloniki, Greece: European Centre for the Development of Vocational Training. Recuperado de https://ec.europa.eu/epale/sites/epale/files/skill_shortage_and_surplus_occupations_in_europe.pdf
- Comisión Europea (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Bruselas: Comisión Europea.
- 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, 2-10.
- Consejo Escolar del Estado (2012). *Informe 2012 sobre el estado del sistema educativo*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- 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*, 26 (3), 323-331.
- EU STEM Coalition (2015). *EU STEM Coalition*. The Hague. Recuperado de www.stemcoalition.eu
- Fundación Telefónica (2014). *Incrementar las vocaciones STEM entre los jóvenes*. Recuperado de <https://top100desafio.fundaciontelefonica.com/incrementar-las-vocaciones-stem-entre-los-jovenes/> (Consultado el 10/05/18).
- Heckman, J. J. y Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. *Labour Economics*, 19 (4), 451-464.
- Hofer, B. K. y Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemic theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88-140.
- Kautz, T., Heckman, J. J., Diris, R., Weel, B. y Borghans, L. (2014). *Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non-Cognitive Skills to Promote Lifetime Success*. Paris: OECD Publishing.

- Langdon, D., McKittrick, G., Beede, D., Khan, B. y Doms, M. (2011). *STEM: Good Jobs Now and for the Future*. Washington: U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration.
- Lent, R. W., López, J. A. M., López, F. G. y Sheu, H. B. (2008). Social cognitive career theory and the prediction of interests and choice goals in the computing disciplines. *Journal of Vocational Behavior*, 73 (1), 52-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2008.01.002>
- López Rupérez, F. (1986). *Cómo estudiar Física*. Madrid/Barcelona: Ministerio de Educación y Ciencia y Editorial Vicens-Vives.
- 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. (2001). *Preparar el futuro. La educación ante los desafíos de la globalización*. Madrid: La Muralla.
- López Rupérez, F. (2014). *Fortalecer la profesión docente. Un desafío crucial*. Madrid: Narcea Ediciones.
- López Rupérez, F. y García García, I. (2017). *Valores y éxito escolar ¿Qué nos dice PISA 2015?* Madrid: Universidad Camilo José Cela. Recuperado de https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/valoresyexito_171116.pdf (Consultado el 05/03/18).
- López Rupérez, F., García García, I. y Expósito Casas, E. (2018a). *Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas. Financiación pública y políticas de mejora*. Madrid: Universidad Camilo José Cela. Recuperado de https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/eficacia-eficiencia-equidad_ccaa-3.pdf (Consultado el 07/06/18).
- López Rupérez, F., García García, I. y Expósito Casas, E. (2018b). Educational Effectiveness, Efficiency, and Equity in Spanish Regions: What Does PISA 2015 Reveal? *Orbis Scholae*, 12 (2) 9-36.
- López Rupérez, F., Palacios Gómez, C. (1988). *La exigencia cognitiva en física básica. Un análisis empírico*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Mason, L., Boscolo, P., Tornatora, M. C. y 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), 49-79. doi: <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9210-0>
- Méndez, I., Zamarro, G., García Clavel, J. y Hitt, C. (2015). Habilidades no cognitivas y diferencias de rendimiento en PISA 2009 entre las Comunidades Autónomas españolas. *Participación Educativa*, 2ª época, 4 (6), 51-61.
- National Research Council (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/13398>
- OECD (2016a). *PISA 2015. Results (Volume II): Policies and Practices for Successful Schools*. Paris: OECD Publishing. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- OECD (2016b). *PISA 2015 Results. Excellence and equity in education*. Paris: OECD Publishing. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- Randstad Research (2016). *La digitalización: ¿crea o destruye empleo?* Madrid: Randstad Research.
- Real Sociedad Española de Física (2018). *El estado de la enseñanza de la Física en la educación secundaria*. Madrid: RSEF.
- Reig Martínez, E., Pérez García, F., Quesada Ibáñez, J., Serrano Martínez, L., Albert Pérez, C., Benages Candau, ... Salamanca Gonzales, J. (2016). *La competitividad de las regiones españolas ante la Economía del Conocimiento*. Valencia: IVIE-Fundación BBVA.
- Roberts, B. W., Kuncel, N. R., Shiner, R., Caspi, A. y Goldberg L. R. (2007). 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), 313-345. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2007.00047.x>
- Sawyer, R. K. (2008). *Optimizing Learning: Implications of Learning Sciences Research. Innovating to Learn. Learning to Innovate*. Paris: OECD Publishing.

- Shayer, M. (1978). The analysis of science curricula for Piagetian level of demand. *Studies in Science Education*, 5, 125-130.
- Schwab, K. (2016). *Cuatro principios de liderazgo de la cuarta revolución industrial*. Recuperado de www.weforum.org/es/agenda/2016/10/cuatro-principios-de-liderazgo-de-la-cuarta-revolucion-industrial (Consultado el 25/04/18).
- The Project Approach (2014). Recuperado de <http://projectapproach.org/about/project-approach/> (Consultado el 09/08/18).
- Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-based Learning*. Recuperado de <http://www.bie.org/images/uploads/general/9d06758fd346969cb63653d00dca55c0.pdf> (Consultado el 09/08/18).
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero Mas, M. A. (2018). El conocimiento epistémico en la evaluación de la competencia científica en PISA 2015. *Revista de Educación*, 380, 103-128.
- WEF (2016). *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Cologne: World Economic Forum.
- Wigfield, A. y Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25 (1), 68-81. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>

Biografía de los autores

Francisco López Rupérez es Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y Catedrático de Física y Química de Instituto de Educación Secundaria. Ha sido Director General de Centros Educativos del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Secretario General de Educación y Formación Profesional de dicho Ministerio y Presidente del

Consejo Escolar del Estado. Actualmente es Director de la Cátedra de Políticas Educativas de la Universidad Camilo José Cela.

 <https://orcid.org/0000-0003-2613-9652>

Isabel García García es Licenciada en Ciencias Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid y Catedrática de Matemáticas de Instituto de Educación Secundaria. Ha sido Jefe de Área del Consejo Escolar del Estado y responsable del «Informe sobre el estado del sistema educativo» en sus ediciones de 2012 a 2016. Actualmente es colaboradora de la Cátedra de Políticas Educativas de la Universidad Camilo José Cela.

 <https://orcid.org/0000-0002-9884-6148>

Eva Expósito Casas es Doctora en Educación por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es Profesora Ayudante Doctora en el Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación II de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Miembro del grupo de investigación complutense Medida y Evaluación de Sistemas Educativos (Grupo MESE) y del Grupo de Investigación en Sistemas de Orientación Psicopedagógica y Competencias de los Orientadores (GRISOP).

 <https://orcid.org/0000-0001-7943-3228>

Sumario*

Table of Contents**

Estudios Studies

**Francisco López Rupérez, Isabel García García,
Eva Expósito Casas**
Rendimiento en ciencias, concepciones epistémicas
y vocaciones STEM en las comunidades autónomas
españolas. Evidencias desde PISA 2015, políticas y
prácticas de mejora
*Performance in Sciences, epistemic conceptions and STEM
vocations in the Spanish Autonomous Communities. Evidence
from PISA 2015, improvement policies and practices*

5

Zaida Espinosa Zárate
El cultivo de la creatividad para el diálogo
intercultural
Cultivating creativity for intercultural dialogue

29

Ignasi de Bofarull
Carácter y hábitos para el aprendizaje:
definición y proyecto de medición
*Character and learning habits:
definition and measurement proposal*

47

David Luque
Desarrollos interpretativos de la filosofía
de la educación en la tradición anglófona:
un intento de sistematización
*Interpretive developments of the philosophy
of education in the anglophone tradition:
an attempt to systematise them*

67

Notas Notes

María Moralo, Manuel Montanero
Aprendizaje con y sin error en estudiantes con TEA
Learning with and without errors in students with ASD

85

**Antonio Portela Pruaño,
José Miguel Nieto Cano, Ana Torres Soto**
La reincorporación formativa de jóvenes
que abandonan tempranamente la educación:
relevancia de su trayectoria previa
*Re-engagement in education and training
of young people who leave education early:
the importance of earlier prior trajectories*

103

* Todos los artículos están también publicados en inglés en la página web de la revista: <https://revistadepedagogia.org>.

** All the articles are also published in English on the web page of the journal: <https://revistadepedagogia.org>.

**Oihane Fernández-Lasarte, Eider Goñi, Igor Camino,
Estibaliz Ramos-Díaz**

Apoyo social percibido e implicación escolar
del alumnado de educación secundaria

*Perceived social support and school engagement
in secondary students*

123

Jesús-Miguel Muñoz-Cantero, Luisa Losada-Puente

Validación del constructo de autodeterminación
a través de la escala ARC-INICO para adolescentes

*Validation of the construct of self-determination through
the ARC-INICO scale for teenagers*

143

**M^a Inmaculada López-Núñez, Susana Rubio-Valdehita,
Eva M^a Díaz-Ramiro**

Cambios producidos por la adaptación al EEES
en la carga de trabajo de estudiantes de Psicología

*Changes in Psychology students' workload due to alignment
with the EHEA*

163

Reseñas bibliográficas

Naval, C. y Arbués, E. (Eds.). *Hacer la Universidad
en el espacio social* (Emanuele Balduzzi). **Mínguez,**

R. y Romero, E. (Coords.). *La educación ciudadana
en un mundo en transformación: miradas y propuestas*

(Marina Pedreño Plana). **Bellamy, F.-X.** *Los
desheredados: por qué es urgente transmitir la cultura*

(Esteban López-Escobar). **Pallarés, M., Chiva, O.,**

López Martín, R. y Cabero, I. *La escuela que llega.*

Tendencias y nuevos enfoques metodológicos (Juan
Carlos San Pedro Velado).

177

Informaciones

El Profesor Giuseppe Mari. *In memoriam* (Emanuele
Balduzzi); III Conferencia Internacional de EuroSoTL:
“Explorando nuevos campos a través de un enfoque
académico de la enseñanza y el aprendizaje”;

Una visita a la hemeroteca (Ana González-Benito);

Una visita a la red (David Reyero).

191

Instrucciones para los autores

Instructions for authors

201



ISSN: 0034-946 (Impreso), 2174-0909 (Online)

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid