

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

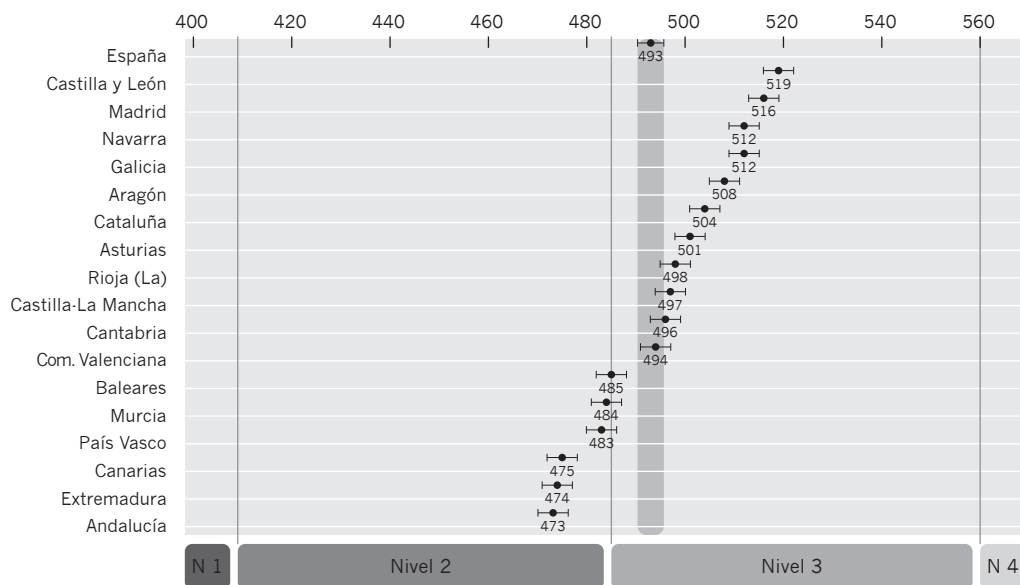
3.1. Rendimiento en ciencias

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

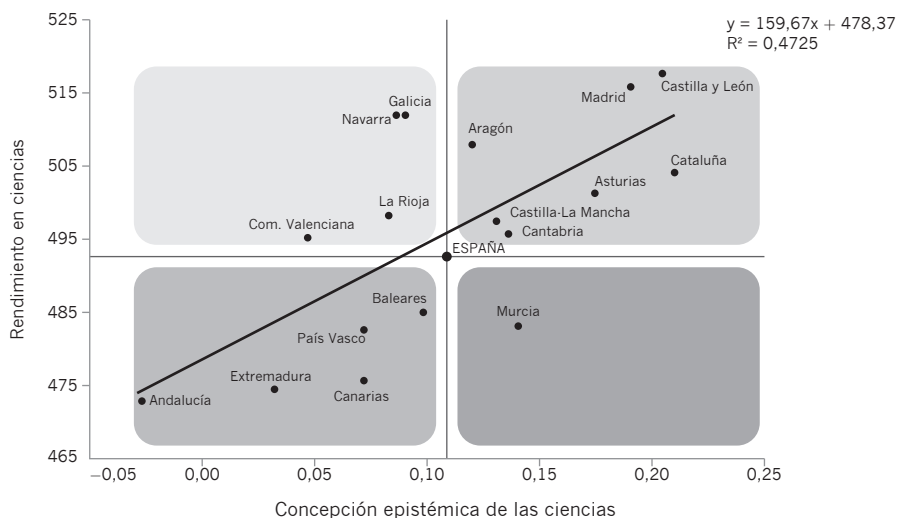
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de PISA, 2015.

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

	Profesionales de las ciencias y de la ingeniería (%)	Profesionales de tecnología de la 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
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

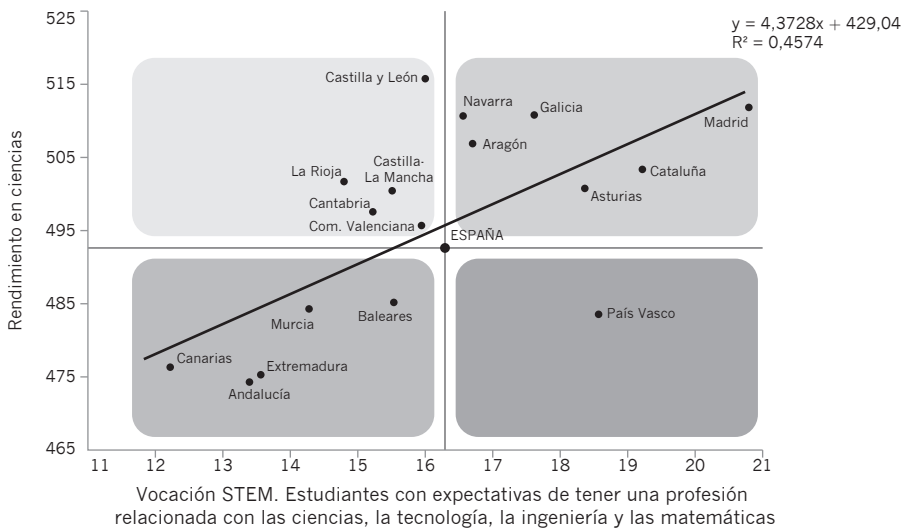
El Gráfico 5 aporta una visión de conjunto de los resultados de este diagnóstico sobre la posición relativa de las 17 CCAA,

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-

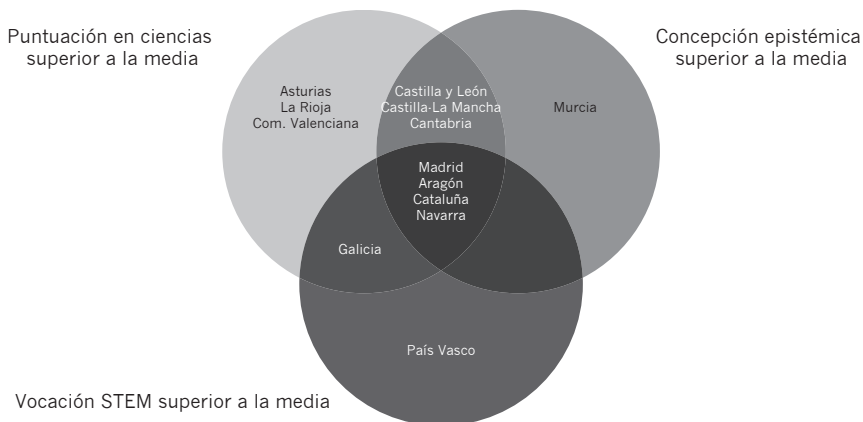
dio la media nacional tanto en rendimiento en ciencias, como en su concepción epistémica, como en sus expectativas de ocupaciones futuras relacionadas con los perfiles STEM. Por su parte, los estudiantes de Andalucía, Baleares, Canarias y Extremadura no superan la media nacional en ninguna de estas tres 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 *cua-drante 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: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid

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

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

Francisco LÓPEZ RUPÉREZ, PhD. Director of the Chair in Educational Policies. Universidad Camilo José Cela (flopezr@ucjc.edu).

Isabel GARCÍA GARCÍA. Associate of the Chair in Educational Policies. Universidad Camilo José Cela (isabel.garciagarcia@gmail.com).

Eva EXPÓSITO CASAS, PhD. Assistant Professor. Universidad Nacional de Educación a Distancia (evaexpositocasas@edu.uned.es).

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

Revision accepted: 2018-10-19.

This is the English version of an article originally printed in Spanish in issue 272 of the **revista española de pedagogía**. For this reason, the abbreviation EV has been added to the page numbers. Please, cite this article as follows: 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 | *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 (Print), 2174-0909 (Online)

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.

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.

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

1. Introduction

Education and training systems have become potentially effective instruments for adapting economies and societies to a complex setting. As a result of the many factors involved and how they interact, non-linear dynamics have been created that accelerate historical time (López Rupérez, 2001).

There is a broad consensus, based on everyday evidence, that the development of science and technology is one of the driving forces behind these rapid process-

es of change. Klaus Schwab has described the new outlook as follows:

Unprecedented and simultaneous advances in artificial intelligence (AI), robotics, the internet of things, autonomous vehicles, 3D printing, nanotechnology, biotechnology, materials science, energy storage, quantum computing and others are redefining industries, blurring traditional boundaries, and creating new opportunities. We have dubbed this the fourth industrial revolution, and it is fundamentally changing the way we live, work and relate to one another (Schwab, 2016, p. 1).

This overview of the development of the context clearly underlines the significant interrelationship between technology, economy, and society that characterises this setting.

The most recent studies on teaching and learning focus on cognitive and non-cognitive skills as essential curriculum elements. Cognitive skills include critical thinking skills, problem solving skills, and skills for building and evaluating arguments based on evidence, etc. (NRC, 2012). Non-cognitive skills include perseverance, determination, resilience, self-control, and so on (US Department of Education, 2013; Méndez et al., 2015). As Kautz, Heckman, Diris, Weel, and Borghans (2014) have noted, regarding non-cognitive skills, their predictive power rivals that of cognitive skills in a broad range of results throughout life, including school achievement. In particular,

conscientiousness—the tendency to be organised, responsible, and hardworking—is the most widely predictive across a variety of outcomes (see Almlund et al., 2011; Borghans et al., 2008; Heckman & Kautz, 2012; Roberts et al., 2007). This ability predicts the number of years of schooling with the same strength as intelligence measurements (Almlund et al., 2011) (Kautz et al, 2015, p. 23).

This OECD working paper notes that:

Because both cognitive and non-cognitive skills can be shaped and changed over the life cycle, they are properly called skills. An older terminology in psychology refers to them as “traits”, conveying

a sense of immutability or permanence, possibly due to their heritable nature. The distinction between skills and traits is not just a matter of semantics. It suggests new and productive avenues for public policy (Kautz et al., 2014, p. 10).

In effect, and in line with the evidence, skills can change with age and especially as a result of instruction, and so both factors must be considered in school education (López Rupérez & García García, 2017).

Another concept which is consolidating itself, hand-in-hand with advances in the cognitive sciences, is “deep learning”. Cognitive scientists have underlined the importance of deep conceptual comprehension in learning, having found that children retain knowledge better and can apply it in different contexts if they have a *deep knowledge* rather than a *superficial knowledge* (Sawyer, 2008). As the US National Research Council noted in the work cited above,

the product of deeper learning is transferable knowledge, including content knowledge in a domain and knowledge of how, why, and when to apply this knowledge to answer questions and solve problems (NRC, 2012, pp. 5-6).

Science education is an important area for developing the skills and competences required by the society and economy of the 21st century. The semantic richness of its conceptual frameworks; the variety of types of knowledge it covers; the power of the concepts it transfers, which is often linked to the degree of abstraction and high level of commonality; the natural occurrence of cooper-

ative learning situations associated with the research methodology itself; the development of personal discipline, perseverance, and a sense of effort linked to the cognitive or intellectual demands of its theoretical frameworks; its humanistic background linked to philosophical reflection and its historical evolution, are some of the features that make it a privileged area for acquiring the cognitive and non-cognitive skills required of the student.

Indeed STEM teaching (Science, Technology, Engineering, Mathematics) is an extension of the earlier area of reflection regarding the present and future importance of science education. Thanks to its impact on the economy and employment (WEF, 2016), it has attracted the attention of European institutions (Council of the European Union, 2009; EU STEM Coalition, 2015), and also because the corresponding competences are part of the necessary civic baggage that will enable citizens of the 21st century to participate actively in processes and decisions that will fully affect their lives (European Commission, 2015).

In the face of this complex panorama, the development of science education is a basic element in the potential for economic and social development of Spain's autonomous communities. As noted in the IVIE-Fundación BBVA report on "*La competitividad de las regiones españolas ante la Economía del Conocimiento* (The competitiveness of the Spanish regions in the knowledge economy)":

A growing consensus in Spanish society has emerged regarding the need to modify the features of this model of regional growth to consolidate it on more solid foundations that guarantee an ongoing increase in productivity and, consequently, access to higher levels of social well-being. The idea that attempts to summarise the features of this new model is that it should be inspired by the so-called knowledge economy (Reig Martínez et al., 2016, p. 7).

And, as the authors emphasise further on, citing a variety of sources with a solid empirical base, knowledge has a vital role as the key to long-term economic development.

The 2015 PISA report has opened an unprecedented window of opportunity for Spain by recording the participation of the 17 autonomous communities with a broad and statistically representative sample of the population at a regional level for the first time in the history of this international evaluation programme. This makes it possible to evaluate students' real level of knowledge and competences, in this case in the particular field of science education. The fact that this evaluation takes place in the framework of compulsory education makes it possible to reflect on the extent to which the general population has acquired basic competences and the predictive power of this, in comparative terms, for likely future economic and social development.

This study provides a systematic description of the Spanish autonomous communities with regards to students' performance in science, epistemic

conceptions¹, and STEM vocations, based on the PISA 2015 data. This makes it possible to perform a comparative analysis with the help of linear regression analysis, and then to formulate reflections and suggestions regarding policies and practices aimed at improving scientific teaching and learning.

2. Methodological framework

2.1. Sample

The samples used correspond with the 17 autonomous regions as data clusters and also with the micro-data —relating to students— from each community that refer to other statistically representative expanded samples of the respective populations of 15-year-old school pupils.

A total of 39,066 Spanish students participated in the PISA 2015 survey. The representative sample for Spain comprises 6,736 students. The sample sizes for each of the autonomous regions, along with the percentages for the corresponding populations, are shown in Table 1 (in the analyses presented, the weighting established for international comparison is used in relation to the representative sample of the Spanish population and for each of the autonomous regions).

2.2. Measurement instruments

The measurement instruments used are the ones that enabled the 2015 edition of PISA to obtain the data, some of the secondary analyses of which will be the object of this study: the science

TABLE 1. Size of the samples of students from each of Spain's 17 autonomous communities and their populations as percentages.

	N	%
Andalusia	1,813	4.6%
Aragon	1,798	4.6%
Asturias	1,790	4.6%
Balearic Islands	1,797	4.6%
Canary Islands	1,842	4.7%
Cantabria	1,924	4.9%
Castile and Leon	1,858	4.8%
Castile-La Mancha	1,889	4.8%
Catalonia	1,769	4.5%
Comunidad Valenciana	1,625	4.2%
Extremadura	1,809	4.6%
Galicia	1,865	4.8%
La Rioja	1,461	3.7%
Madrid	1,808	4.6%
Murcia	1,796	4.6%
Navarre	1,874	4.8%
Basque Country	3,612	9.2%

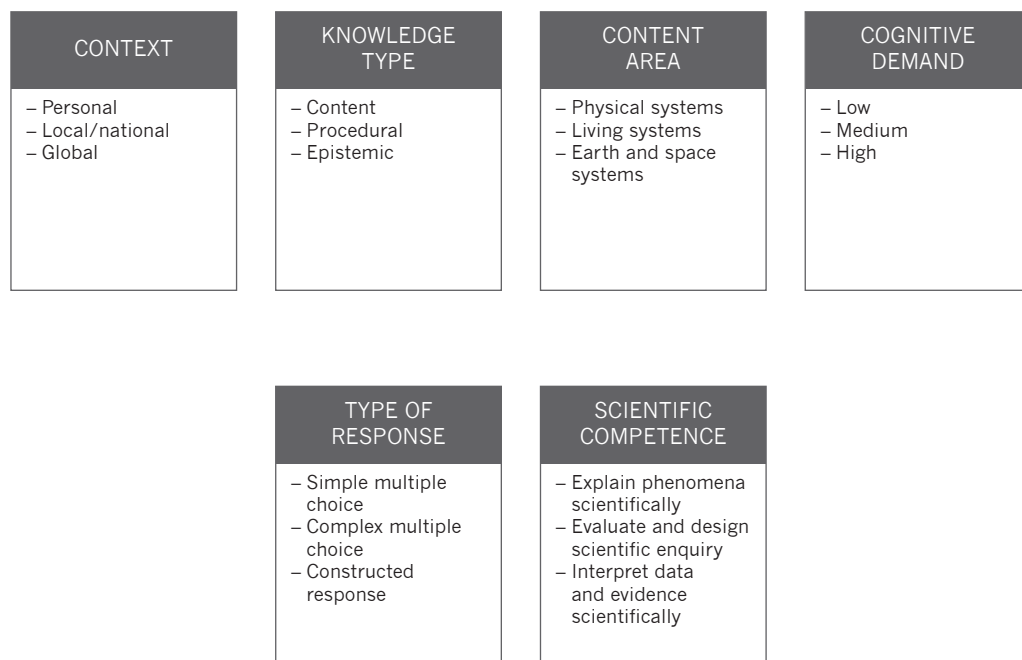
Source: Own elaboration based on data from PISA, 2015.

surveys and the personal context questionnaires, in particular the one referring to students' expectations of having a science-related career in future (when they are 30).

2.2.1. The tests

The complete structure of the properly cognitive area of the PISA 2015 science surveys is available in the report by the OECD and is summarised in Graph 1.

GRAPH 1. Descriptive categories of the PISA 2015 evaluation elements in the field of science.



Source: Own elaboration based on OECD, 2016a.

The basic structure of the science survey is presented below with the help of descriptive Tables 2 and 3 which have been drawn up by the authors through direct processing of the information contained in tables C2.1 and C2.2 (OECD, 2016a)². These tables clarify the complex distribu-

tion of the set of items in the different subscales.

Table 2 presents the distribution of all of the items in the three categories or subscales: namely, types of scientific knowledge, scientific competences, and content areas.

TABLE 2. Distribution of all items in the three categories or subscales: types of scientific knowledge, scientific competences, and content areas.

Competence	Type of knowledge							
	Content		Procedural		Epistemic		Total	
Explain phenomena scientifically	83	84.7%	4	6.7%	2	7.7%	89	48.4%
<i>Physical</i>	34	41.0%	1	25.0%		0.0%	35	39.3%
<i>Living</i>	30	36.1%	3	75.0%		0,0%	33	37.1%
<i>Earth and space</i>	19	22.9%		0.0%	2	100.0%	21	23.6%
Evaluate and design scientific enquiry	1	1.0%	19	31.7%	19	73.1%	39	21.2%
<i>Physical</i>		0.0%	9	47.4%	7	36.8%	16	41.0%
<i>Living</i>	1	100.0%	10	52.6%	7	36.8%	18	46.2%
<i>Earth and space</i>		0.0%		0.0%	5	26.3%	5	12.8%
Interpret data and evidence scientifically	14	14.3%	37	61.7%	5	19.2%	56	30.4%
<i>Physical</i>	4	28.6%	6	16.2%		0.0%	10	17.9%
<i>Living</i>	3	21.4%	18	48.6%	2	40.0%	23	41.1%
<i>Earth and space</i>	7	50.0%	13	35.1%	3	60.0%	23	41.1%
<i>Total. Physical</i>	38	38.8%	16	26.7%	7	26.9%	61	33.2%
<i>Total. Living</i>	34	34.7%	31	51.7%	9	34.6%	74	40.2%
<i>Total. Earth and space</i>	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%

Source: Own elaboration based on the information from the C2.1 and C2.2 charts (PISA, 2016b).

For its part, Table 3 shows the distribution of the total set of items in the categories, or subscales and the types of scientific knowledge and competences, and also shows the level of cognitive demand of the corresponding items.

Accordingly, 21.2% of the 184 items in the test correspond to the “explain phenomena scientifically” competence, 48.4% to “evaluate and design scientific enquiry”,

and 30.4% to “interpret data and evidence scientifically”. Furthermore, 53.3% of the items correspond to “content knowledge”, 32.6% to “procedural knowledge”, and 14.1% to “epistemic knowledge”. Finally, 31.2% correspond to “physical” systems, 40.2% to “living”, and 26.6% to “earth and space”. As for the level of exigency or cognitive demand, 30.4% of the items have a low level of cognitive demand, 61.4% a medium level, and just 8.2% a high level.

TABLE 3. Distribution of the total set of items by category or subscale, type of scientific knowledge, and competences showing the level of cognitive demand of the corresponding items.

<i>Type of knowledge</i>	Cognitive demand							
	Low		Mean		High		Total	
<i>Content</i>	44	78.6%	50	44.2%	4	26.7%	98	53.3%
Explain phenomena scientifically	41	93.2%	40	80.0%	2	50.0%	83	84.7%
Evaluate and design scientific enquiry		0.0%	1	2.0%		0.0%	1	1.0%
Interpret data and evidence scientifically	3	6.8%	9	18.0%	2	50.0%	14	14.3%
<i>Procedural</i>	9	16.1%	43	38.1%	8	53.3%	60	32.6%
Explain phenomena scientifically		0.0%	1	2.3%	1	12.5%	2	3.3%
Evaluate and design scientific enquiry	2	22.2%	13	30.2%	4	50.0%	19	31.7%
Interpret data and evidence scientifically		0.0%		0.0%	6	75.0%	29	48.3%
<i>Epistemic</i>	3	5.4%	20	17.7%	3	20.0%	26	14.1%
Explain phenomena scientifically		0.0%	2	10.0%		0.0%	2	7.7%
Evaluate and design scientific enquiry	3	100.0%	14	70.0%	2	66.7%	19	73.1%
Interpret data and evidence scientifically		0.0%	4	20.0%	1	33.3%	5	19.2%
Total. Explain phenomena scientifically	5	8.9%	28	24.8%	6	40.0%	39	21.2%
Total. Evaluate and design scientific enquiry	42	75.0%	43	38.1%	4	26.7%	89	48.4%
Total. Interpret data and evidence scientifically	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%

Source: Own elaboration based on the information in the C2.1 and C2.2 tables (PISA, 2016b).

2.2.2. The questionnaire

To measure the proportion of students in each autonomous community and in the national total who report expectations of a science-related career in future (when they are 30), the results obtained from the corresponding PISA 2015 questionnaire have been used (OECD, 2016b).

2.3. Variables and analytical procedures

In line with the objectives of this study, attention has been focussed on the measurements of the performance in science, epistemic beliefs (index), and science-related career expectations (index) variables, all of them referring to the autonomous community level. The first of these is defined by the mean score for each territorial unit in the science survey; it should be noted that PISA's use of the Rasch model when estimating performance has been taken into account, using the 10 plausible values available for each student.

The second variable refers to the separation of the epistemic knowledge sub-scale. According to PISA, "epistemic beliefs" show "the way individuals represent the nature, organisation and source of knowledge, e.g. what counts as 'true' and how the validity of an argument can be established" (OECD, 2016b, p. 100). For example, students' views of the nature of scientific knowledge or of the validity of the scientific methodology used to create knowledge are part of their "epistemic beliefs". This "scientific attitude" in students is manifested as

them "seek[ing] knowledge and understanding, adopt a questioning approach to all statements, search for data and their meaning, demand verification, respect logic and pay attention to premises" (OECD, 2016b, p. 100).

The third variable derives from the choice of the options from the corresponding item on the personal context questionnaire that refer to STEM vocations. Therefore, the decision was taken to focus attention particularly on the variable relating to career expectations for the so-called "STEM vocations", using the term coined by the Universidad Politécnica de Madrid and the Fundación Telefónica (Fundación Telefónica, 2014). Consequently, the contribution from the "health sciences" box has been ignored.

Based on the results obtained, which are shown below, two linear regression analyses were performed—performance in science vs. epistemic conceptions and performance in science vs. STEM vocations—with their corresponding ANOVAs in order to test the statistical significance of the respective coefficients of determination. The aggregate results by autonomous region were taken into consideration, along with those obtained for the representative sample for Spain at a national level. Based on this, a comparative study of the different autonomous regions with reference to the national means was performed using *quadrant analyses*, which allow us to identify the autonomous communities that are in the *weakest quadrant*, characterised by values below

the national means for both correlated variables; regions that, therefore, require specific intervention policies.

3. Results

3.1. Performance in science

The overall performance in science for each Spanish autonomous community—measured using the mean score in the set of the 184 items included in the PISA 2015 survey—is shown in Graph 2, along with the error intervals for the respective scores. For reasons discussed below, the effects of economic, social, and cultural status (ESCS) on performance have not been corrected in this case in the data in Graph 2. This figure shows the different positions of the autonomous communities with regards to the national mean. Analysis of it shows the special place of Castile and Leon, Madrid,

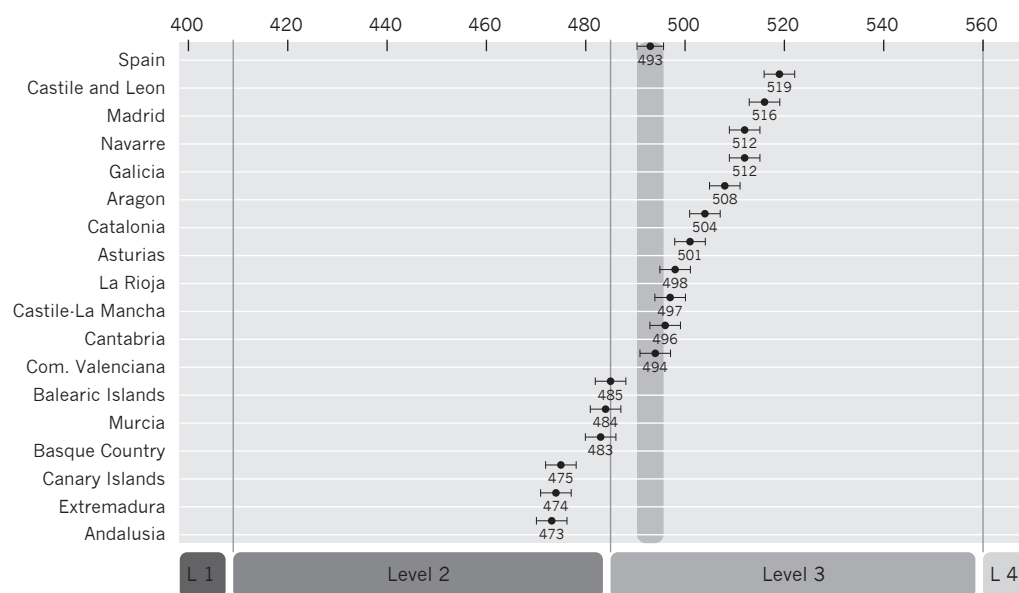
Navarre, and Galicia, in this order, in the field of science, as well as the especially low positions of the Canary Islands, Extremadura, and Andalusia.

In this figure, the size of the regional differences can be seen, reaching a maximum of 46 PISA points when comparing Castile and Leon with Andalusia. This is equivalent to an average educational gap of over one and a half academic years between the two autonomous communities, before controlling for the influence of ESCS³.

3.2. Epistemic conceptions

Table 4 shows the percentage of students, by autonomous community, who gave affirmative answers to each of the questions in the questionnaire that relate to students' epistemic conceptions, on which basis, and in

GRAPH 2. Overall science scores in Spain's autonomous communities.



Source: Own elaboration based on the PISA 2015 database.

accordance with the definition provided by PISA (OECD, 2016a), the “epistemic conviction index” is obtained. This is a normalised index, regarding the set of students from OECD countries, with a mean value equal to 0, a standard deviation of 1 and values between -1 and $+1$. Negative values on this index show that the students answered below this mean and positive values indicates that they answered above it. A preliminary analysis of the data in this table shows differences between autonomous communities that are reflected in the values of the index in question, and which range between a maximum value of 0.21 for Catalonia and a minimum value of -0.03 for Andalusia, with a mean value of 0.11 and a standard deviation of 0.06.

3.3. STEM vocations

Table 5 shows information extracted from the PISA database—which derives from the use of the corresponding context questionnaires—from which the student career expectations that are strictly linked to STEM fields have been selected⁴ (science and engineering professionals, including mathematicians, information and communications technology professionals, and science and engineering associate professionals). Based on this, we have a comparative view of the different autonomous communities in what we have called “STEM vocations”. A first analysis of the results from the table shows appreciable variability between autonomous communities, with values ranging from a minimum of 11.2% for the Canary Islands to

a maximum of 20.4 % for Madrid, with a mean of 15.26 % and standard deviation of 2.24.

3.4. Linear regression analysis

In accordance with the final aims of the study, regression analyses were performed between the previous variables and performance in science, the results of which are presented below. Both regression analyses confirm the assumptions of the respective models.

3.4.1. Performance in science vs. epistemic conceptions

Graph 3 shows the performance in science vs. epistemic conception of the sciences diagram with values at a national level and by autonomous communities. A linear regression analysis carried out on it reveals the existence of a moderate and statistically significant relationship between the two variables ($R^2 = 0.47$; sig. 0.0016). This indicates that 47 % of the variance relating to performance in science can be explained by the differences concerning the epistemic conceptions variable (see Graph 3).

From a strictly civic perspective, in this case it is appropriate to focus particularly on the group of autonomous communities found in what could be called the *weakest quadrant*, characterised by results below the mean for performance and epistemic conception. Andalusia, the Balearic Islands, the Canary Islands, Extremadura, and the Basque Country are the five autonomous regions which are in this quadrant and so require the greatest attention.

TABLE 4. Epistemic conceptions in the autonomous communities PISA 2015.

	A good way to know if something is true is to do an experiment (%)	Ideas in 'broad science' sometimes change (%)	Good answers are based on evidence from many different experiments (%)	It is good to try experiments more than once to make sure of your findings (%)	Sometimes 'broad science' scientists change their minds about what is true in science (%)	The ideas in 'broad science' books sometimes change (%)	Index of epistemic beliefs
Spain	85.5	82.1	86.9	87.9	81.0	81.2	0.11
Andalusia	81.8	79.4	83.6	85.8	79.3	79.0	-0.03
Aragon	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
Balearic Islands	85.3	84.9	86.5	86.5	81.5	83.6	0.10
Canary Islands	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
Castile and Leon	89.4	84.4	89.9	91.8	84.5	81.4	0.20
Castile-La Mancha	87.1	81.4	88.3	90.5	80.0	82.0	0.13
Catalonia	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
Navarre	85.6	81.3	86.3	88.7	80.7	79.5	0.09
Basque Country	85.2	83.0	85.9	88.3	82.1	81.7	0.07

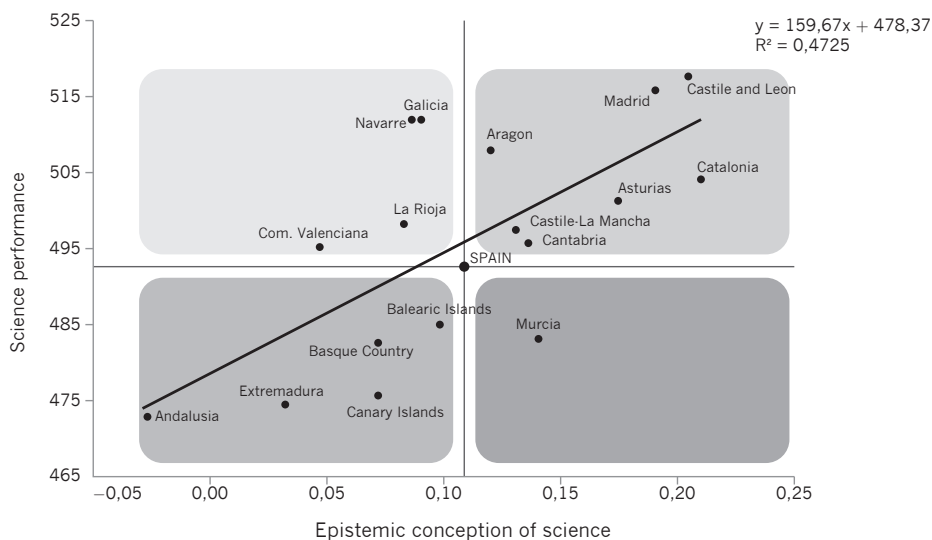
Source: Own elaboration based on the PISA 2015 database.

TABLE 5. STEM vocations in the autonomous communities PISA 2015.

	Science and engineering professionals (%)	Information and communication technology professionals (%)	Science and engineering associate professionals (%)	STEM vocations (%)
Spain	11.1	3.6	0.6	15.3
Andalusia	8.2	3.7	0.5	12.4
Aragon	11.7	3.5	0.6	15.7
Asturias	11.8	4.7	0.8	17.4
Balearic Islands	9.5	4.8	0.3	14.5
Canary Islands	8.3	2.5	0.4	11.2
Cantabria	10.3	3.6	0.7	14.6
Castile and Leon	11.8	3.1	0.3	15.2
Castile-La Mancha	10.3	3.8	0.5	14.6
Catalonia	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
Navarre	12.2	2.7	0.7	15.6
Basque Country	14.4	2.8	0.4	17.6

Source: Own elaboration based on a selection of the information available in the PISA 2015 context database.

GRAPH 3. Linear regression analysis between performance in science and epistemic conceptions of science in the autonomous communities PISA 2015.



Source: Own elaboration based on the PISA 2015 database.

3.4.2. Performance in science vs. STEM vocations

Graph 4 shows the performance in science vs. STEM vocations diagram based on the national and autonomous community samples. The linear regression analysis reveals the existence of a relationship between these two variables which is, again, moderate and statistically significant ($R^2 = 0.46$; sig. = 0.002). This type of analysis has known limitations for unambiguously establishing the direction of the causal link; in this case, it is very likely that there is a feedback loop in which performance in science shapes the STEM vocation and this vocation stimulates scientific learning. However, this result underlines the strength of the relationship between these two variables and is useful for categorising the position of the different autonomous communities regarding two variables that can be considered clearly significant as plausible predictors of the

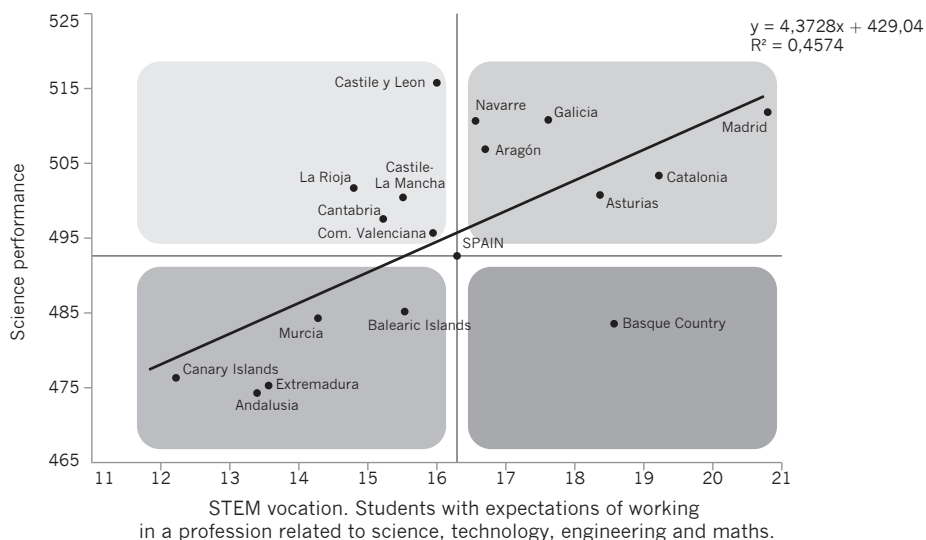
future economic and social development of their corresponding areas.

3.4.3. An overview

Graph 5 provides an overview of the results of this analysis of the relative positions of the 17 autonomous communities with regards to the three variables considered in this work, and shows the distribution of the autonomous regions according to whether they are above the national mean in any of the three aspects considered.

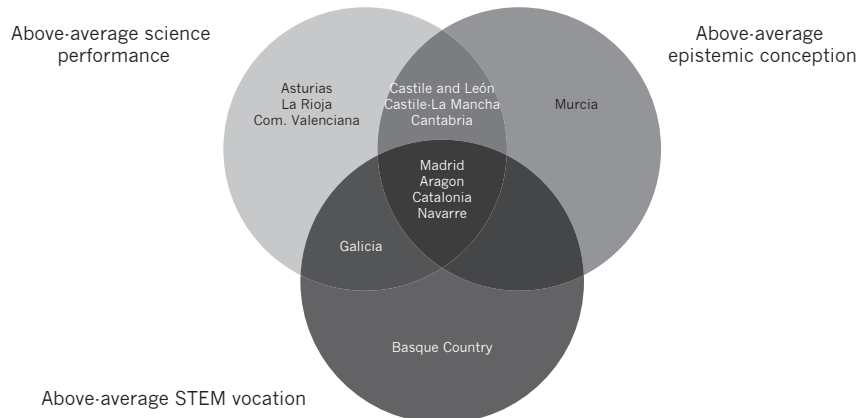
Students from Madrid, Catalonia, Aragon, and Navarre are on average above the national mean in performance in science and in their epistemic conceptions, as well as in their expectations of a STEM-related career in future. However, students from Andalusia, the Balearic Islands, the Canary Islands, and Extremadura were not above the national mean for any of the three variables analysed.

GRAPH 4. Linear regression analysis between performance in science and STEM vocations in autonomous communities PISA 2015.



Source: Own elaboration based on the PISA 2015 database.

GRAPH 5. Relationship between performance, STEM vocation, and epistemic conception in the autonomous communities PISA 2015.



Source: Own elaboration.

4. Discussion

Although adjustment of the raw scores for science by controlling for the effect of socio-economic and cultural status on students' performance should be taken into account (López Rupérez, García, & Expósito, 2018 a and b), in the context of this study and its aims, this adjustment would only make

sense for reasons of justice, when adjusting the size of responsibilities. It does not reduce the importance of the future challenges that, given the well-known link between science education and economic and social development, face individuals, the public authorities, and society itself in each of these regions, but rather it compounds them.

The 2015 edition of PISA, in the personal context variables, focussed on students' motivation for scientific study—in particular, on the satisfaction they derive from studying the sciences—and on their expectations of a future—at the age of 30—science-related career. This approach is justified by the OECD (2016b) on the basis of expectancy-value theories (Wigfield & Eccles, 2000) and theories relating to the socio-cognitive nature of professional orientation (Lent, López, López, & Sheu, 2008). As the authors of the PISA 2015 report have underlined, in general terms, both variables—motivation and career expectations—are positively correlated with each other and with performance.

Based on this general empirical evidence, we have chosen to consider STEM vocations and epistemic conceptions in addition to performance in science with the aim of describing behaviour in these areas in the different autonomous communities. Furthermore, the relationships between them have been explored to consider the civic dimension and the economic dimension of science education. However, a multi-variable analysis might cast additional light on some of the explanatory factors for performance in science in each of the autonomous communities and on the differences between them.

In this work, we have replaced the term “epistemic beliefs” by “epistemic conceptions”. After all, it is a matter of cognitive representations of the truth or validity of the arguments used (Hofer & Pintrich,

1997) which are not *prima facie* connected to the ethical, moral, religious, or political dimensions of the individual, however much they might occasionally and spontaneously be shaped by them.

As PISA notes, there is empirical evidence for the existence of a direct relationship between this variable and the ability of students to learn science, and consequently with their school results in the science areas (Mason, Boscolo, Tornatora, & Ronconi, 2013). Nonetheless, there is one aspect that transcends the school setting to reach the truly civic dimension of future citizens in a context of information overload, proliferating fake news, growing complexity in decision making, and in political judgement or in informed opinion on aspects that concern them.

In this civic field, relating to the exercise of citizenship, a quality science education is mentioned in the PISA report itself from two complementary viewpoints, which could be described here as “intellectually mature citizenship” and “politically responsible citizenship”. The first viewpoint can be described as typical of citizens who, in their reasoning about questions of collective interest, can adopt elements and principles relating to science, its endeavour and its processes. This increases the rigour of their approaches to political and social reality and, with a suitable basis, reinforces their critical spirit. The items focussing on epistemic conceptions are particularly aimed at evaluating the fulfilment of this objective.

The second viewpoint relates to “the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflexive citizen” (OECD, 2016b, p. 28). In view of the important penetration of scientific knowledge in many social problems and their political solutions, politically responsible citizens must be able to adopt a well-founded position in debates and when faced with political proposals that have, or should have, a scientific or technological basis, of which there are currently many. Satisfactory science performance would ensure, with greater probability, that kind of civic competence.

Furthermore, there is a broad consensus among international institutions (Langdon, McKittrick, Beede, & Khan; Doms, 2011; CEDEFOP, 2016; WEF, 2016) and among specialists (Randstad Research, 2016) when relating the increase in demand for STEM teaching, and the improvement in the corresponding competences, with economic growth, in the context of the fourth industrial revolution, which has already begun and will reach in its zenith in the 21st century. Therefore, the possibility of more closely linking training with economic and social development in Spain's autonomous communities could become clearer if we look towards STEM vocations.

In advanced countries, the shift of the economy and society towards employment contexts that depend strongly on knowledge have moved science education and STEM education into areas regarded as strategic in the current century. The convergence of the predictions and analyses made in this area by organisations from the most developed countries warning of the importance

of preparing young people to occupy the many STEM employment niches that are already being created and will be created, more quickly in future (CEDEFOP, 2016; Langdon et al. 2011) is no surprise.

One of the well-known mechanisms explaining regional development in technological industries relates to the establishment of multinational companies which, as well as creating high added-value employment, in the medium term stimulate the development of specialised SMEs and produce knowledge transfers in their setting. This mechanism strongly depends on the existence in the region of human capital with a good basic technological education. In addition, other studies anticipate the important impact of STEM employment on indirect non-STEM employment in the same geographical area (Randstad Research, 2016).

In view of everything stated above, and if the aim is, primarily, to improve performance in science in general and, in particular, students' epistemic conceptions, significant improvement in the quality of science teaching is a necessary condition, to which end the following recommendations at the level of teaching practice are made:

- Explicitly incorporating science curriculum objectives aligned with epistemological aspects of scientific knowledge.
- Organising learning situations, around laboratory practice or virtual simulations to familiarise students with formulating hypotheses and testing them empirically, in light of the data generated in these practical activities.

- Designing experiments that make it possible to test empirically some of the students' spontaneous ideas in order to accustom them —on the basis of first-hand experience— to being cautious when faced with a priori or positions or statements of apparent *common sense* (López Rupérez, 1994).
- Using laboratory reports as exercises to simulate scientific activities at the students' level that are similar to the activity of preparing scientific papers for publication in specialist journals, maintaining a similar structure and focus (López Rupérez, 1986). So, for example, going beyond laboratory reports as mere descriptions of tables of data or of qualitative observations so that discussion of empirical evidence is included in them obliges students to carry out processes of intellectual development in which personal formulations or interpretations have to be consistent with this evidence.
- Using the *project-based learning* methodology as one of the components of science teaching, on the understanding that, in accordance with the available evidence. It should be treated as an instrument part of a broader didactic strategy, whose value for developing critical thinking is widely accepted by researchers, on an empirical basis (Willett, 1983; Thomas, 2000). As the promoters of this methodological option themselves have warned: "Projects typically do not constitute the whole educational program; instead, teachers use them alongside systematic instruc-

tion and as a means of achieving curricular goals" (The Project Approach, 2014, p. 1).

All of these basic didactic procedures are also aligned with the goal of achieving *deep learning*, characterised by a high level of comprehension of phenomena and of their conceptual and theoretical bases, their cause-effect mechanisms, and their significance. Deep learning improves performance in science at the same time as facilitating the consolidation in the students' minds of these metacognitive skills which are typical of scientific thought, and in the PISA study are referred to as "epistemic beliefs".

With regards to policies, improved science teaching necessarily means having an effective impact on the teachers and the curriculum. As for teachers, initial selection and training policies are key (López & Rupérez, 2014). Alongside these policies, directed at the medium term, those relating to lifelong learning, the development of which is one of the competences of the autonomous communities, are vital to achieve desirable short-term results (Real Sociedad Española de Física, 2018).

As for the guidance regulations for organising the curriculum, strategies must be promoted that facilitate this deep learning and increase the effectiveness of lessons. To do this, it is necessary to target effective teaching time —a variable that has proven to be empirically important (Downer, 1991; OECD 2016a)— by increasing the number of hours per week, something the educational administrations of

the autonomous communities in question have sufficient powers to do (Real Sociedad Española de Física, 2018). Likewise, it is necessary to reduce the breadth of syllabuses in favour of greater depth through, among other measures, the type of learning scenarios described above. This curriculum intervention can be implemented without preventing a sufficiently comprehensive overview of the subject from being achieved at a particular stage by distributing topics in a particular linear direction, and not systematically in a spiral as has been normal in Spain. This requires carefully choosing the items for each year according to their cognitive demand, the internal coherence of the subjects, as far as is possible, and the students' age level (Shayer, 1978; López Rupérez & Palacios Gómez, 1988). This reorientation in the realisation and implementation of science curricula would make it possible to improve results in general, especially those of the autonomous communities located, according to our study, in this *weakest quadrant*.

We shall now, secondly, discuss the results linked to STEM vocations and provide recommendations for policies to improve its relationship with the empirical analyses made for different groups of autonomous communities. Based on Graph 5, four categories for the autonomous communities as a set can be established:

- Category A (*high vocation, high performance*), which includes Asturias, Aragon, Catalonia, Galicia, Madrid, and Navarre. These six autonomous communities occupy the *optimum*

quadrant and so are in a relatively noteworthy position to adapt to the regional demands of the fourth industrial revolution, in terms of employment, economic growth, and social progress.

- Category B (*low vocation, high performance*) comprises Cantabria, Castile-La Mancha, Castile and Leon, the Comunidad Valenciana, and La Rioja. Owing to their good or relatively good figures for performance in relation to the national mean, they could easily join the first category — Castile and Leon and the Comunidad Valenciana in particular— by increasing efforts to raise awareness of the appeal of STEM professions through institutional campaigns supported by tools such as Science and Technology Forums, Science and Technology Weeks, etc. particularly aimed at secondary school students. Furthermore, working to improve the professional guidance system in secondary schools is a necessary recommendation, as this is one of the shortcomings identified in the Spanish educational system (Consejo Escolar del Estado, 2012).
- Only the Basque Country is in Category C (*high vocation, low performance*). This anomalous situation could be the result of a socioeconomic situation that encourages people to embrace STEM vocations, combined with an educational system that cannot offer students appropriate intellectual tools to achieve this personal ideal. In such a case, the recommendations for general improvement of school performance

described in an earlier piece of research (López Rupérez et al., 2017) (focus on general educational policies intended to raise the performance level of all students, through interventions by the state—teaching profession model, general curriculum organisation, conception of school management, etc.—and by the autonomous community—managing the centres, school atmosphere, continuous teacher training, systems of incentives, complementary academic planning, family-school relationships, etc., which have the greatest impact on results, and implement actions aimed at improving the students' non-cognitive skills) are also applicable to the specific field of the sciences.

- Category D (*low vocation, low performance*) corresponds with the *weakest quadrant*, which includes Andalusia, the Balearic Islands, the Canary Islands, Extremadura, and Murcia. This group of autonomous communities—in particular, the Canary Islands, Andalusia, and Extremadura—is in a precarious position for facing the challenges of the fourth industrial revolution based on education. For this reason, in the framework of a necessary national strategy to clearly adapt the country to the knowledge revolution, educational systems in these autonomous communities should receive special attention. The combination of these two groups of policies described above for categories B and C is a primary recommendation for facing the challenges of the future at the regional level with some chance of success.

Notes

¹ For an explanation of this term, see the Discussion section.

² See <http://dx.doi.org/10.1787/888933433242>

³ In PISA 2015 a difference of 30 points is equivalent to an average educational gap of a complete academic year (OECD, 2016 a; Box 1.2.1, p.65).

⁴ STEM vocations comprise categories 21 (science and engineering professionals), 25 (information and communication technology professionals), and 31 (science and engineering associate professionals) from the International Standard Classification of Occupations, ISCO-88: <http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/stat/isco/isco08/index.htm>

References

- Amlund, M., Lee Duckworth, A., Heckman, J., & Kautz, T. (2011). Personality psychology and economics. In E. A. Hanushek, S. Machin, & L. Woessmann (Eds.), *Handbook of the Economics of Education, Volumen 4* (pp. 1-181). Amsterdam: Elsevier.
- Borghans, L., Lee Duckworth, A., Heckman, J. J., & 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. Retrieved from https://ec.europa.eu/epale/sites/epale/files/skill_shortage_and_surplus_occupations_in_europe.pdf
- 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*, OJC 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.
- European Commission (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Brussels: European Commission.
- EU STEM Coalition (2015). *EU STEM Coalition*. The Hague. Retrieved from www.stemcoalition.eu
- Fundación Telefónica (2014). *Incrementar las vocaciones STEM entre los jóvenes*. Retrieved from <https://top100desafio.fundaciontelefonica.com/incrementar-las-vocaciones-stem-entre-los-jovenes/> (Consulted on 10/05/18).
- Heckman, J. J., & Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. *Labour Economics*, 19 (4), 451-464.
- 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, 88-140.
- 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*. Paris: OECD Publishing.
- 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.
- 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*, 73 (1), 52-62. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvb.2008.01.002>
- López Rupérez, F. (1986). *Cómo estudiar Física*. Madrid/Barcelona: Ministerio de Educación y Ciencia & Ed. 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., & García García, I. (2017). *Valores y éxito escolar ¿Qué nos dice PISA 2015?* Madrid: Universidad Camilo José Cela. Retrieved from https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/valoresyexito_171116.pdf (Consulted on 05/03/18).
- López Rupérez, F., García García, I., & Expósito Casas, E. (2018a). *Eficacia, eficiencia y equidad educativas en las Comunidades Autónomas. Financiación pública y políticas de mejora*. Madrid: Universidad Camilo José Cela. Retrieved from https://www.ucjc.edu/wp-content/uploads/eficacia-eficiencia-equidad_ccaa-3.pdf (Consulted on 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., & 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., & 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. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/9789264267510-en>
- OECD (2016b). *PISA 2015. Results (Volume I): 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., & 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.
- Shwab, K. (2016). *Cuatro principios de liderazgo de la cuarta revolución industrial*. Retrieved from <https://es.weforum.org/agenda/2016/10/cuatro-principios-de-liderazgo-de-la-cuarta-revolucion-industrial/> (Consulted on 25/04/18).
- The Project Approach (2014). *What is The Project Approach?* Retrieved from <http://projectapproach.org/about/project-approach/> (Consulted on 09/08/18).
- Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-based Learning*. Retrieved from <http://www.bie.org/images/uploads/general/9d06758fd346969cb63653d00dca55c0.pdf> (Consulted on 09/08/18).
- 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, 103-128.
- WEF (2016). *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Cologny: World Economic Forum.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25 (1), 68-81. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>

Authors' biographies

Francisco López Rupérez has a Doctorate in Physical Sciences from the Universidad Complutense de Madrid and is a Professor of Secondary School Physics and Chemistry. He has been the Director General for Educational Centres of the Spanish Ministry of Education, Culture, and Sport, Secretary General for Education and Professional Training in that Ministry, and Chair of the National Schools' Council. He is currently Director of the Educational Policies Chair at the Camilo José Cela University.

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

Isabel García García is a Graduate in Mathematical Sciences from the Universidad Complutense de Madrid and is a Professor of Secondary School Mathematics. She has been Head of Area in the National Schools' Council and was responsible for the 2012 to 2016 editions of the "Informe sobre el estado del sistema educativo (Report on the state of the educational system)". She currently collaborates with the Educational Policies Chair at the Camilo José Cela University.

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

Eva Expósito Casas has a Doctorate in Education from the Universidad Complutense de Madrid. She is currently an Assistant Professor in the Department of Research Methods and Assessment in Education II at the National Distance Education University. She is a member of the Complutense's Measuring and Evaluating Educational Systems research group (MESE) and the Educational Psychology Counselling and Counsellor Skills research group (GRISOP).

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

Table of Contents

Sumario

Studies *Estudios*

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

Performance in science, epistemic conceptions, and STEM vocations in Spain's autonomous communities: evidence from PISA 2015, improvement policies, and practices
Rendimiento en Ciencias, concepciones epistémicas y vocaciones STEM en las comunidades autónomas españolas. Evidencias desde PISA 2015, políticas y prácticas de mejora 5

Zaida Espinosa Zárate

Cultivating creativity for intercultural dialogue
El cultivo de la creatividad para el diálogo intercultural 29

Ignasi de Bofarull

Character and learning habits: definition and measurement proposal
Carácter y hábitos para el aprendizaje: definición y proyecto de medición 47

David Luque

Interpretive developments of the philosophy of education in the anglophone tradition: an attempt to systematise them
Desarrollos interpretativos de la filosofía de la educación en la tradición anglófona: un intento de sistematización 67

Notes *Notas*

María Moralo, Manuel Montanero

Learning with and without errors in students with ASD
Aprendizaje con y sin error en estudiantes con TEA 85

Antonio Portela Pruaño, José Miguel Nieto Cano, Ana Torres Soto

Re-engagement in education and training of young people who leave education early: the importance of earlier prior trajectories
La reincorporación formativa de jóvenes que abandonan tempranamente la educación: relevancia de su trayectoria previa 103

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

Perceived social support and school engagement in secondary students
Apoyo social percibido e implicación escolar del alumnado de educación secundaria 123

Jesús-Miguel Muñoz-Cantero, Luisa Losada-Puente

Validation of the construct of self-determination through the ARC-INICO scale for teenagers
Validación del constructo de autodeterminación a través de la escala ARC-INICO para adolescentes 143

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

Changes in Psychology students' workload due to
alignment with the EHE

Cambios producidos por la adaptación al EEES

en la carga de trabajo de estudiantes de Psicología **163**

Book reviews

Naval, C., & Arbués, E. (Eds.). *Hacer la Universidad
en el espacio social [Constructing the university in the
social space]* (Emanuele Balduzzi).

Mínguez, R., &

Romero, E. (Coords.). *La educación ciudadana en*

un mundo en transformación: miradas y propuestas

[Citizenship education in a changing world:

perspectives and proposals] (Marina Pedreño Plana).

Bellamy, F.-X. *Los desheredados: por qué es urgente*

transmitir la cultura [The disinherited: why transmitting

culture is urgent] (Esteban López-Escobar).

Pallarés,

M., Chiva, O., López Martín, R., & Cabero, I. *La*

escuela que llega. Tendencias y nuevos enfoques

metodológicos [The school of the future: Trends and

new methodological focuses] (Juan Carlos San Pedro

Velado). **177**

This is the English version of the research articles and book reviews published originally in the Spanish printed version of issue 272 of the **revista española de pedagogía**. The full Spanish version of this issue can also be found on the journal's website <http://revistadepedagogia.org>.



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

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid