

# PISA 2015: Predictores del rendimiento en Ciencias en España

## PISA 2015: Predictors of Science Performance in Spain

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-380-373

Jesús Miguel Rodríguez-Mantilla

M<sup>a</sup> José Fernández-Díaz

Gonzalo Jover Olmeda

*Universidad Complutense de Madrid*

### Resumen

Dada la creciente expansión y uso de los resultados de los estudios de PISA sobre la evaluación de los alumnos en sus competencias científicas, matemáticas y lingüísticas, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el efecto de un conjunto de predictores del rendimiento en Ciencias en los alumnos españoles participantes en PISA 2015. Para el estudio se ha tomado una muestra de 32.330 alumnos de 15 años de 17 Comunidades Autónomas y se han utilizado modelos jerárquico-lineales que permiten el análisis del posible efecto de los distintos predictores, contemplando el anidamiento de los datos en distintos niveles (Alumnos, Centro y Comunidad Autónoma). Como variables independientes se han seleccionado 64 predictores, algunos de ellos incluidos en los cuestionarios de alumnos y de centros de PISA 2015 y de la base de datos facilitada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016a), como *ansiedad del alumno*, *relación profesor-alumno*, *hábitos deportivos*, *interés hacia la ciencia*, *recursos de los centros*, *porcentaje de alumnos extranjeros* y *cantidad de alumnos por profesor* en cada Comunidad Autónoma, entre otros. Además, se incluyeron variables consideradas como “clásicas” en este tipo de estudios (*sexo*, *nivel académico de los padres*, *titularidad* y *tamaño del centro*, *inversión económica* por Comunidad Autónoma, etc.). Entre los principales resultados encontramos que 27 variables (24 de Alumno y 3 de Centro y ninguna de Comunidad Autónoma) resultaron predictores significativos del rendimiento en Ciencias, analizando la varianza explicada. El trabajo concluye con la discusión fundamentada en otros

estudios coincidentes o con resultados contrarios sobre las variables que han resultado significativas y no significativas en el modelo propuesto.

**Palabras clave:** PISA, Educación Obligatoria, Estudio Predictivo, Competencia en Ciencias, Modelos Jerárquico-Lineales.

### **Abstract**

Given the increasing expansion and use of the results of PISA studies on the evaluation of the scientific, mathematical and linguistic competences of the students, this paper aims to analyze the effect of a set of predictors of performance in Science in Spanish students participating in PISA 2015. For the study, a sample of 32,330 15-year-olds from 17 Autonomous Communities has been taken and hierarchical-linear models have been used that allow the analysis of the possible effect of the different predictors contemplating the nesting of the data at different levels (Students, School Center and Autonomous Community). 64 predictors were selected as independent variables, some of them included in the questionnaires of PISA 2015 students and centers and the database provided by the Ministry of Education, Culture and Sport (2016a), such as *anxiety of the student, teacher-student relationship, sports habits, interest in science, resources of the centers, percentage of foreign students and number of students per teacher* in each Autonomous Community, among others. In addition, variables considered as “classic” were included in this type of studies (*gender, academic level of the parents, ownership and size of the center, economic investment* by Autonomous Community, etc.). Among the main results we found that 27 variables (24 of Student and 3 of Center and none of Autonomous Community) were significant predictors of Science performance, analyzing the explained variance. The paper concludes with the discussion based on other coincident studies or with contrary results on the variables that have been significant and not significant in the proposed model.

**Keywords:** PISA, Compulsory Education, Predictive study, Competency in Science, Hierarchical-Linear Models.

## **Introducción**

La preocupación por la calidad es una realidad cada vez más evidente en el ámbito de la educación, tanto a nivel nacional como internacional. Durante las últimas décadas, la evaluación en el campo educativo resulta una prioridad para las autoridades educativas de todo el mundo y se ha

convertido en una herramienta útil para orientar las políticas educativas, un mecanismo de rendición de cuentas y un medio que ayuda a encontrar soluciones en busca de la excelencia académica.

PISA (Programme for International Student Assessment) es un estudio de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) que se realiza cada tres años y que evalúa lo que los estudiantes de 15 años son capaces de hacer con lo que han aprendido, sopesando sus elecciones y tomando decisiones, en las áreas de Lectura, Matemáticas y Ciencias, además de un área de innovación (en la edición de 2015 se evalúa la competencia en resolución de problemas colaborativos). Igualmente, en cada edición una de las áreas de conocimiento se examina detalladamente, siendo en 2015 el área de Ciencias (OCDE, 2016).

Tal es la expansión y el impacto de esta evaluación, que varios países han llevado a cabo reformas educativas tras conocer sus resultados en las pruebas de PISA (Pongratz, 2013). En PISA 2015 han participado más de 500.000 alumnos de más de 70 países, siendo Singapur (556), Japón (538), Estonia (534) y Finlandia (531) los países con resultados más altos en Ciencias. España consigue una puntuación media en Ciencias de 493, la misma que el promedio de la OCDE (493) y 2 puntos por debajo de la media de la Unión Europea (495).

Respecto a las Comunidades Autónomas (CCAA) españolas, Castilla y León (519), Comunidad de Madrid (516), Navarra (512), y Galicia (512) obtienen las puntuaciones más altas en Ciencias. Islas Canarias (475), Extremadura (474) y Andalucía (473) obtienen las puntuaciones más bajas (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016b) (Tabla I).

La existencia de estas diferencias entre CCAA no es algo novedoso en la edición 2015, y ello ha servido de motivación para numerosos estudios desde que España participara en la primera edición en 2000, aplicando diversas técnicas estadísticas de análisis e incluyendo diferentes variables en los estudios (Villar, 2013; Wheeler, 2013; Stacey, 2015). Pero no sólo han de tenerse en cuenta y analizar las diferencias entre CCAA. Hay que tener presente que los alumnos, unidad última de estudio, se encuentran anidados o agrupados en centros y estos, a su vez, se agrupan por CCAA. Dada la estructura jerárquica que muestran los datos, una de las técnicas más adecuadas para este tipo de estudios es la que aquí llevaremos a cabo, aplicando modelos jerárquico-lineales.

Este tipo de evaluaciones (como PISA, TIMSS -Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias-, PIRLS -Estudio Internacional de Progreso en

Comprensión Lectora-, etc.) no están exentas de defensores y detractores. Algunos justifican la utilidad de estos estudios en la estimulación que suponen las comparaciones resultantes (necesarias para valorar la propia situación) o en que permiten realizar estudios que sobrepasan el ámbito localista más reducido y con menor representatividad (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016b; Fernández-Díaz, Rodríguez-Mantilla, & Martínez-Zarzuelo, 2016). Otros consideran que estas evaluaciones, y en concreto PISA, carecen de valor como un elemento de orientación para los docentes y para la mejora de los centros (Carabaña, 2017). Se trata, por ello, de darles su justo valor, sin negar su utilidad y sin pretender convertirlas en un recurso que eclipse el debate político en torno a la educación (Jover, Prats & Villamor, 2017). Pero no es el objetivo de este trabajo ahondar en este tipo de argumentaciones, sino más bien tratar de analizar el efecto de diversos predictores (variables del Alumno, del Centro y de las CCAA) en el rendimiento en Ciencias.

Partiendo de los datos ofrecidos por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016a) y de los cuestionarios aplicados a estudiantes y directores de centros escolares en PISA 2015, se pretende analizar el posible efecto que tienen en el rendimiento en Ciencias características de Comunidad Autónoma (*PIB per cápita, gasto público en educación, etc.*), características de Centro (*titularidad, ubicación, cantidad de alumnos y de profesores, etc.*) y de aspectos personales y familiares del Alumno (*sexo, nivel de estudio de los padres, absentismo, etc.*). Todas ellas son variables “clásicas” incluidas en gran parte de los estudios educativos multinivel. Sin embargo, este trabajo presta especial atención a otras variables de Alumno, Centro y Comunidad Autónoma.

Entre las variables de Alumno, se pretende incluir como predictor la *ansiedad del alumno ante la evaluación*, entendida ésta como una preocupación relacionada con la posibilidad de obtener un rendimiento inferior al esperado y sus posibles consecuencias. Según Furlan (2013) la ansiedad puede suponer valoraciones y atribuciones negativas que el alumno hace de su fracaso, pudiendo disminuir su autoestima, generarle sentimientos de incompetencia, contribuyendo al abandono de su carrera académica. Como consecuencia de ello, la *motivación hacia el logro* del alumno puede desaparecer, pudiendo causar insatisfacción con la vida o frustración (Lens, Matos, & Vansteenkiste, 2008).

Un elemento relacionado con la motivación es el *interés* del alumnado. Muchos estudios muestran la relación entre el rendimiento escolar y el

interés hacia aspectos relacionados con la materia, afirmando que el interés es el verdadero motor que hace posible la implicación necesaria para alcanzar un adecuado rendimiento (Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2013; Klug, Krause, Schober, Finsterwald, & Spiel, 2014).

**TABLA I.** Resultados en Ciencias por Comunidades Autónomas

	CIENCIAS	
	Media	DT
Castilla y León	519,69	79,13
Madrid	516,42	81,55
Navarra	512,41	79,78
Galicia	512,24	82,64
Aragón	508,39	81,23
Cataluña	504,71	84,38
Asturias	501,79	83,64
La Rioja	498,51	87,20
Castilla la Mancha	497,09	80,90
Cantabria	496,21	80,06
Comunidad Valenciana	494,37	76,47
<b>ESPAÑA</b>	<b>493,35</b>	<b>83,09</b>
Islas Baleares	485,71	82,36
Murcia	484,06	82,76
País Vasco	483,38	80,74
Islas Canarias	475,13	83,99
Extremadura	474,60	83,83
Andalucía	473,27	84,22

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016b)

Otra variable interesante son los *hábitos deportivos y de salud*. Dado que son muchos los estudios que muestran evidencias del efecto que el deporte tiene en el desarrollo cognitivo y académico del alumnado (Rodríguez, Delgado, & Bakieva, 2011; González & Portolés, 2014; Ruiz-Ariza, Ruiz, de la Torre-Cruz, Latorre-Román, & Martínez-López, 2016), parece pertinente su inclusión en el trabajo.

Con relación a la *clase de Ciencias* y la *relación profesor-alumno*, Rodríguez Mantilla y Fernández Díaz (2015) señalan la importancia de cuidar aspectos como el clima de aula, el trato del profesor hacia el alumno o la claridad expositiva, entre otros, para el correcto desarrollo del proceso de aprendizaje. Es decir, además de una adecuada práctica docente por parte del profesor, es necesario cuidar el entorno afectivo en el aula.

Respecto a variables de Centro, prestamos atención, por un lado, a la *cantidad de recursos y equipamiento* como posibles predictores, dado que no toda la literatura especializada muestra acuerdo sobre el efecto que estas variables tienen en el rendimiento académico (Cordero, Manchón, & Simancas, 2012; Flores, 2014; Mediavilla & Escardíbul, 2015; Fernández-Cruz, 2016). Por otro lado, habiendo señalado la importancia que tienen en el aprendizaje ciertos aspectos como la motivación y el interés, se cree necesario incluir en el estudio variables relacionadas con *actividades organizadas por el centro* (concursos y actividades deportivas, musicales, científicas, etc.) como elementos que pueden resultar beneficiosos (Lieury & Fenouillet, 2016).

Entre las variables de Comunidad Autónoma, además de las económicas ya señaladas, se pretende estudiar el posible efecto del *porcentaje de alumnos con retrasos en Educación Primaria*, de *alumnos extranjeros* o la *cantidad media de alumnos por profesor*.

Así, el objetivo general de este trabajo es analizar el efecto simultáneo de un conjunto de predictores del rendimiento en Ciencias en los alumnos españoles participantes en PISA 2015, en cada uno de los niveles de agregación de los datos (Nivel 1: Alumno, Nivel 2: Centro y Nivel 3: Comunidad Autónoma), mediante el uso de modelos jerárquico-lineales.

## Método

### Diseño y metodología

La metodología de investigación de este trabajo es de carácter cuantitativo, con un diseño no experimental, enmarcado dentro de los estudios ex-post-facto.

## Muestra

Para este estudio se han utilizado las bases de datos proporcionadas por la OCDE procedentes del estudio PISA 2015, tomando únicamente los datos de España. La muestra total quedó configurada por 32.330 estudiantes, correspondientes a 976 centros educativos de 17 CCAA (Tabla II), de los que el 50,4% son chicos y el 49,6% chicas. El 66,2% de los centros participantes son públicos, el 28,4% Concertados y el 5,4% Privados.

TABLA II. Composición de la muestra

Comunidades Autónomas	Centros	Alumnos
Andalucía	54	1.813
Aragón	53	1.798
Asturias	54	1.790
Cantabria	56	1.924
Castilla la Mancha	55	1.889
Castilla y León	57	1.858
Cataluña	52	1.769
Comunidad Valenciana	53	1.625
Extremadura	53	1.809
Galicia	59	1.865
Islas Baleares	54	1.797
Islas Canarias	54	1.842
La Rioja	47	1.461
Madrid	51	1.808
Murcia	53	1.796
Navarra	52	1.874
País Vasco	119	3.612
<b>Total</b>	<b>976</b>	<b>32.330</b>

Fuente: elaboración propia

## Variables

Como variable dependiente se ha tomado la competencia en Ciencias, área examinada con mayor detalle en la convocatoria 2015 de PISA, entendida como la capacidad de explicar científicamente fenómenos, evaluar y diseñar una investigación científica e interpretar datos y pruebas científicas (OCDE, 2016).

Los datos de la variable dependiente se escalaron con el modelo de Rasch y se expresó mediante la asignación de diez valores plausibles (OCDE, 2016), presentándose en una escala continua en la que se hace equivaler a 500 puntos el promedio de los países de la OCDE donde la desviación típica está estandarizada a 100 puntos (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016b).

Respecto a las variables independientes, para el Nivel 1: Alumno, se han tomado como predictores 35 de los ítems que configuran el cuestionario aplicado a los alumnos en PISA 2015, cuyas dimensiones y aspectos evaluados se muestran en la Tabla III. Los valores en cada variable han sido recodificados para su correcta inclusión en el modelo.

TABLA III. Variables de Nivel I: Alumno

Dimensión	Ítem	Nombre	Valores recodificados
Características personales, escolares y familiares	1*	Sexo	0=Chico 1=Chica
	2*	Nivel de estudios que terminó tu madre	0=Ed. Primaria 1=ESO
	3*	Nivel de estudios que terminó tu padre	2=FP Grado Medio 3=Bachillerato
	4	Número de cambios de colegio	0=Ningún cambio
			1=1 Cambio
2=2 o más			
5	En las últimas dos semanas, ausencias al colegio	0=Ninguna 1=1 ó 2 veces 2=3 ó 4 veces 3=5 veces o más	
En tu casa hay:	6	Una habitación para ti solo	0=No 1=Si
	7	Un sitio tranquilo para estudiar	
	8*	Un ordenador que puedas utilizar para estudiar	
	9*	Conexión a Internet	
	10	Televisores	0=Ninguno 1=1 2=2 3=3 o más
11	Libros	0=0-10 1=11-25 2=26-100 3=101-200 4=201-500 5=Más de 500	
Ansiedad y Logro	12	Incluso estando bien preparado para un examen me encuentro muy nervioso	0=Tot. en desacuerdo 1=En desacuerdo 2=De acuerdo 3=Tot. de acuerdo
	13	Estoy muy tenso cuando estudio para un examen	
	14*	Quiero ser uno de los mejores alumnos de clase	
Relación con profesores	15	Los profesores me han dado la impresión de que creen que soy menos inteligente de lo que soy	0=Nunca/casi nunca 1=Algunas veces al año 2=Algunas veces al mes 3=Una vez a la semana o más
	16	Los profesores me han castigado con mayor dureza que a otros	
	17	Los profesores se han burlado de mí delante de otros	
	18	Los profesores me han dicho cosas insultantes delante de otros	

Práctica deportiva	19	¿Cuántos días a la semana vas a clases de educación física?	0-7 (días)
	20	Después de salir del centro hago ejercicio	0=No 1=Sí
	21	Antes de ir al centro hago ejercicio	
	22+	Durante la última semana, fuera del centro, he realizado actividades físicas moderadas	0-7 (días)
	23	Durante la última semana, fuera del centro, he realizado actividades físicas intensas	
	24+	Desayuno antes de ir al centro	0=No 1=Sí
Clases de Ciencias	25+	Número de clases por semana	Centrado respecto a la media de la muestra
	26	Horas adicionales por semana	
	27-	Hay ruido y falta de orden	0=Nunca/casi nunca 1=En alguna clase 2=En la mayoría de las clases 3=En todas las clases
	28	Los alumnos podemos exponer nuestras ideas	
	29	Pasamos tiempo en el laboratorio realizando experimentos	
	30+	El profesor explica con claridad la importancia de los conceptos científicos para la vida	
	31	Realizamos investigaciones para comprobar ciertos conceptos	
Interés hacia la ciencia y tecnología	32+	Veo programas científicos en televisión	0=Nunca/casi nunca 1=Alguna vez 2=Regularmente 3=Muy a menudo
	33+	Visito webs científicas	
	34+	Leo revistas o artículos sobre ciencia	
	35+	Me gusta utilizar dispositivos digitales	

Fuente: elaboración propia. *Nota:* -Ítems que han mostrado un efecto significativo y negativo. +Ítems que han mostrado un efecto significativo y positivo

Para el Nivel 2: Centro, se han tomado 21 de los ítems que configuran el cuestionario de centro aplicado en PISA 2015 a los directores. Las dimensiones, aspectos evaluados y valores recodificados se muestran en la Tabla IV.

TABLA IV. Variables de Nivel 2: Centro

Dimensión	Ítem	Nombre	Valores recodificados	
Titularidad y ubicación	36	Tipo de centro	0=Privado 1=Concertado 2=Público	
	37	Ubicación	0=Área rural (menos de 3.000 personas) 1=Pequeño pueblo (3.000-15.000 personas) 2=Pueblo (15.000-100.000 personas) 3=Ciudad (100.000-1.000.000 personas) 4=Gran ciudad (más de 1.000.000)	
Cantidad Alumnos	38	Nº total de estudiantes	Centrado respecto a la media de la muestra	
	39	Nº de chicos		
	40	Nº de chicas		
Cantidad profesores	41	Nº de profesores a tiempo completo		
	42	Nº de profesores a tiempo parcial		
Recursos TIC	43	Nº de pizarras digitales en total		
	44	Nº de proyectores en total		
	45	Nº de ordenadores con internet para los profesores		
Actividades ofrecidas	46	Grupo musical, orquesta o coro		0=No 1=Sí
	47	Informática/Tecnología		
	48	Deportes		
	49*	Competiciones científicas		
Clases de Ciencias	50*	Existe suficiente material de laboratorio		
	51	Hay personal adicional de laboratorio de apoyo a la enseñanza de las ciencias		
	52	El centro gasta dinero extra en actualizar el equipamiento		
Evaluación de los alumnos	53	Se utilizan pruebas estandarizadas		
	54	Se utilizan pruebas elaboradas por los profesores		
Evaluación del centro para la mejora	55	Realizamos evaluaciones internas o autoevaluaciones	0=No 1=Sí, por iniciativa propia	
	56	Se realizan evaluaciones externas	2=Sí, de forma obligatoria	

Fuente: elaboración propia. *Notas:* -Ítems que han mostrado un efecto significativo y negativo. +Ítems que han mostrado un efecto significativo y positivo

Para el Nivel 3: Comunidad Autónoma, se han tomado las 8 variables (Tabla V) (datos facilitados por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016a). Con el fin de facilitar la interpretación de los resultados, estas variables han sido centradas respecto a la media de la muestra.

**TABLA V.** Variables de Nivel 3: Comunidad Autónoma

Dimensión	Ítem	Nombre
Económica	57	PIB per cápita (euros)
	58	Gasto público por alumno público y concertado (euros)
	59	Gasto público por alumno público (euros)
Proporción centros públicos	60	% centros públicos
Alumnado	61	% alumnos que acumuló retrasos en Educación Primaria
	62	% alumnos extranjeros
	63	Número medio de alumnos por profesor
	64	% alumnado participante en experiencias de aprendizaje integrado de contenidos y lengua extranjera en ESO

Fuente: elaboración propia

## Análisis de datos

Para alcanzar el objetivo de estudio propuesto se han utilizado modelos jerárquico-lineales ya que ofrecen la posibilidad de poder recoger la estructura anidada de los datos en sus distintos niveles (en nuestro caso: Alumno, Centro y Comunidad Autónoma). El uso de esta metodología permite distinguir con mayor precisión los efectos debidos a cada uno de dichos niveles. Para el análisis de los datos se ha utilizado el programa informático MLwin 2.36.

## Resultados

A continuación, se presenta parte del proceso de modelización para el análisis multinivel: el modelo nulo y el definitivo, sobre el que se hace la interpretación final.

## Estimación del modelo nulo

El modelo nulo (Tabla VI) permite evaluar la adecuación del uso de modelos multinivel. El parámetro fijo indica el valor del intercepto (rendimiento medio en Ciencias para el conjunto de sujetos de la muestra = 489,967).

TABLA VI. Estimación del modelo nulo

<b>PARTE FIJA</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Estimación (Error Estándar)</b>
Constante	489,967(3,083)
<b>PARTE ALEATORIA</b>	
<b>Nivel 1: Alumno</b>	
Varianza en Ciencias	6.225,496(45,068)
<b>Nivel 2: Centro</b>	
Varianza en Ciencias	590,640(35,754)
<b>Nivel 3: Comunidad Autónoma</b>	
Varianza en Ciencias	154,936(56,966)
<b>Razón de verosimilitud</b>	<b>453.611,400</b>
<b>Número de parámetros</b>	<b>4</b>
<b>N</b>	<b>32.330</b>

Fuente: elaboración propia

La parte aleatoria del modelo muestra las varianzas de los residuos en los tres niveles. Los parámetros obtenidos han resultado estadísticamente significativos en los diferentes niveles considerados<sup>1</sup>, por lo que los Alumnos difieren entre ellos en el rendimiento en Ciencias (6.225,496/45,068 > 1,96). Los Centros y las CCAA también difieren en sus rendimientos medios (590,640/35,754 y 154,936/56,966, respectivamente, son superiores a 1,96). La significación de estos parámetros indica la existencia de varianza no explicada en los tres niveles, lo que justifica

<sup>(1)</sup> Siguiendo a Gaviria y Castro (2004) se toma como criterio para decidir si un parámetro es significativo o no es (para  $\alpha=0,05$ ) si el cociente entre la estimación del parámetro y su error típico es superior a 1,96.

continuar con la expansión del modelo con el fin de explicar la mayor cantidad de varianza posible. Para ello, se incorporan predictores de primer, segundo y tercer nivel en la parte fija y aleatoria del modelo.

La razón de verosimilitud tiene un valor de 453.611,400 para un modelo con 4 parámetros, valor que será comparado con el obtenido en el modelo definitivo, lo que permitirá evaluar el ajuste del último modelo.

## Modelo expandido

En primer lugar, se han introducido las variables de primer nivel (incluidas en la Tabla III) en la parte fija y aleatoria del modelo, desestimando aquellas que no mostraron parámetros significativos. El proceso se repitió con las variables de segundo y tercer nivel (incluidas en las Tablas IV y V). 24 variables de primer nivel, 3 de segundo nivel y ninguna de tercer nivel mostraron parámetros significativos (ver Tabla VII).

TABLA VII. Modelo definitivo

PARTE FIJA	
Parámetro	Estimación(Error Estándar)
Constante	446,326(4,895)
Ítem	
1	- 12,104(0,915)
2	6,669(0,505)
3	6,665(0,460)
4	- 16,202(0,726)
5	- 12,242(0,792)
8	13,199(1,917)
9	12,271(2,745)
10	- 4,185(0,620)
12	- 7,956(0,498)
13	- 7,199(0,533)
14	12,083(0,500)
15	- 4,314(0,502)

16	- 4,604(0,603)
18	- 2,882(0,762)
21	- 31,953(0,931)
22	2,242(0,180)
24	4,383(1,266)
25	8,037(0,247)
27	- 3,517(0,502)
30	2,905(0,485)
32	3,317(0,676)
33	8,319(0,702)
34	3,055(0,740)
35	10,150(0,660)
36	- 3,868(0,923)
49	5,981(1,146)
50	3,334(1,111)
<b>PARTE ALEATORIA</b>	
<b>Nivel 1: Alumno</b>	
Varianza en Ciencias	3.552,683(37,049)
<b>Nivel 2: Centro</b>	
Varianza en Ciencias	205,196(47,906)
Ítem	
3	22,696(7,641)
5	49,189(16,192)
25	4,162(1,045)
33	49,784(11,109)
<b>Nivel 3: Comunidad Autónoma</b>	
Varianza en Ciencias	72,403(26,526)
<b>Razón de verosimilitud</b>	<b>236.126,100</b>
<b>Número de parámetros</b>	<b>35</b>
<b>N</b>	<b>32.330</b>

Fuente: elaboración propia

Atendiendo a la parte fija del modelo, el rendimiento medio en Ciencias ha bajado a 446,326. Este valor se refiere al rendimiento medio

estimado para estudiantes *varones*, cuyos *progenitores terminaron la Ed. Primaria*, sin *ningún cambio de centro* en su vida escolar, *sin haber faltado al centro* en las últimas dos semanas, *sin ordenador* en casa *sin conexión a internet* y *sin televisor* en el hogar. Igualmente, este promedio corresponde a estudiantes que *no se sienten nerviosos ni tensos* al estudiar para un examen, que *quieren ser uno de los mejores de clase*, que no sufren *menosprecio, castigos duros o insultos* por parte de sus profesores; que *desayunan* y practican *deporte de forma moderada antes de ir al centro*; con una *cantidad de sesiones de Ciencias por semana* igual a la media de la muestra (3), que pertenecen a clases donde existe *orden* pero en las que el *profesor explica con poca claridad la importancia de los conceptos científicos aplicados a la vida cotidiana*; son alumnos que *no muestran interés hacia la ciencia y la tecnología*, y que pertenecen a centros *privados* donde no celebran *competiciones en ciencias* ni existe suficiente *material de laboratorio*.

En la parte aleatoria del modelo aún queda varianza sin explicar en el rendimiento en Ciencias y en los tres niveles. No obstante, los valores de los parámetros aleatorios se han reducido respecto de los valores iniciales del modelo nulo. Este aspecto se analizará más adelante.

Los resultados muestran la significatividad de algunos de los predictores. En las variables relacionadas con *Características personales, familiares, escolares y del hogar*, la media del rendimiento en Ciencias sería de 12,104 puntos menos en el caso de las *chicas*. Por cada nivel más alto de *estudios terminados* por la madre y el padre, el rendimiento medio del alumno aumenta 6,66 puntos en ambos casos, y por cada *cambio de colegio* y *ausencia a clase* la media en Ciencias desciende 16,20 y 12,24 puntos respectivamente. Los alumnos que tienen *ordenador* en casa con el que pueden estudiar aumentan en 13,19 puntos la media, y si disponen de *internet* 12,27 puntos más. Mientras que la existencia de más o menos *libros* en casa no muestra un valor significativo en el modelo, los alumnos con un *televisor* en casa disminuyen la media en 4,18 puntos (siendo el doble de puntuación en el caso de alumnos con 2 televisores, y el triple en el caso de 3 o más televisores).

Respecto a *Ansiedad y Logro*, por cada grado que aumenta en el alumno el nivel *tensión al estudiar* y el nivel de *nerviosismo antes de un examen*, el rendimiento medio desciende 7,19 y 7,95 puntos, respectivamente. Sin embargo, por cada grado en que aumenta el deseo del alumno por ser *uno de los mejores estudiantes en clase*, la media aumenta 12,08 puntos.

En el caso de la *Relación del profesorado con los alumnos*, los predictores que han resultado significativos han mostrado todos ellos un efecto negativo. Así, el rendimiento medio en Ciencias desciende 4,31 puntos por cada grado que aumenta la percepción del alumno sobre la *infravaloración que hace el profesor de su inteligencia*; desciende 4,60 puntos por cada nivel que aumenta la percepción del alumno de ser *castigado con mayor dureza respecto a otros compañeros* y desciende 2,88 por cada grado que aumenta el uso de *insultos* por parte del docente hacia el estudiante.

Con relación a la *Práctica deportiva*, por cada día que los alumnos realizan *actividades físicas de forma moderada fuera del centro* aumentan en 2,24 el rendimiento medio en Ciencias (en el caso de realizar *actividades físicas intensas* no se ha encontrado un efecto significativo). Sin embargo, los resultados muestran que aquellos que practican *ejercicio antes de ir a clase* disminuyen en 31,95 puntos su promedio. Por otro lado, se observa que aquellos que *desayunan antes de ir a clase* aumentan la media en 4,83 puntos.

Respecto a las *Clases de Ciencias*, por cada *sesión de más* respecto a la media de la muestra (3 sesiones/semana) el rendimiento aumenta 8,03 puntos (no resultando significativo el efecto de *horas adicionales* fuera del centro). Por cada grado que aumenta el *ruido y la falta de orden en el aula*, la media disminuye 3,51 puntos. Por su parte, mientras que variables como la *oportunidad dada a los alumnos para que expongan sus ideas*, la *realización de experimentos prácticos en laboratorio* y de *investigaciones* no han mostrados valores significativos, por cada grado que aumenta la *claridad con la que el profesor explica la importancia de los conceptos científicos en la vida cotidiana*, el rendimiento medio aumenta 2,90 puntos.

Todos los predictores relacionados con el *Interés hacia la ciencia y la tecnología* han resultado significativos y con un efecto positivo. Así, por cada grado que aumenta el *visionado de programas científicos en televisión*, la *visita de páginas web científicas* y la *lectura de revistas o artículos científicos*, la media aumenta 3,31, 8,31 y 3,05 respectivamente. Igualmente, la media aumenta 10,15 puntos por cada grado que aumenta el *uso de dispositivos digitales*.

Respecto a variables del Centro, se ha encontrado significativa la *Titularidad*, mostrando 3,86 puntos menos en la media de Ciencias los alumnos de centros concertados y 7,72 menos los de centros públicos

respecto a los alumnos de centros privados. Los alumnos de centros donde se realizan *competiciones de ciencias* y que *disponen de material de laboratorio suficiente* obtienen 5,98 y 3,33 puntos más de media, respectivamente. El resto de variables de centro (*ubicación, número de alumnos y profesores, recursos tecnológicos, tipos de evaluaciones que se realizan a los alumnos, evaluaciones del centro, etc.*) no han mostrado valores significativos.

De igual modo, ninguna de las variables de nivel de Comunidad Autónoma (*PIB per cápita, gasto público por alumno, porcentaje de centros públicos, etc.*) han mostrado ser predictores significativos en el modelo.

Para determinar el ajuste del modelo definitivo respecto al nulo comparamos la *razón de verosimilitud* de ambos modelos. La diferencia muestra un descenso del valor estadístico de ajuste en el modelo final, lo que indica una diferencia de un chi-cuadrado de 217.485,30 con 31 grados de libertad, valor que resulta significativo al 0,01, confirmando así el mejor ajuste del modelo definitivo respecto al nulo.

Para conocer cuánta varianza de la variable dependiente queda explicada por el conjunto de variables predictoras del modelo y para analizar la proporción de varianza asociada a cada uno de los tres niveles es necesario comparar los valores de los parámetros aleatorios del modelo definitivo y nulo, a través del coeficiente  $R^2$  (Snijders & Bosker, 2012). Los 27 predictores incluidos en el modelo permiten explicar cerca del 43% de las diferencias entre los alumnos ( $R^2=0.429$ ), el 65% de las diferencias entre centros ( $R^2=0.652$ ) y el 53% de las diferencias entre las CCAA ( $R^2=0.532$ ). Por su parte, la varianza explicada en el caso del rendimiento en Ciencias es del 45% ( $R^2=0.4505$ ).

## Discusión y conclusiones

El principal objetivo de este trabajo ha sido generar evidencia empírica sobre los predictores del rendimiento en Ciencias de los alumnos españoles participantes en PISA 2015. Para ello, se ha estimado un modelo de regresión multinivel que ha permitido identificar una serie de factores que, tomados conjuntamente, han mostrado un efecto significativo sobre la adquisición de la competencia en Ciencias.

El modelo final, configurado por 24 variables de Nivel 1: Alumno y 3 de Nivel 2: Centro, permiten explicar el 43% de las diferencias

entre alumnos, el 65% entre centros y el 53% entre CCAA, sin haber encontrado ninguna variable de Nivel 3: Comunidad Autónoma, que haya resultado significativa. Si bien estos valores no son excesivamente altos, tampoco son desdeñables, puesto que, además de haber podido identificar predictores significativos, se han podido desestimar otros que podrían parecer relevantes. A continuación, se presentan las principales conclusiones que se derivan del estudio realizado.

Respecto a las variables del Alumno:

- El *sexo* del estudiante resulta un predictor significativo del rendimiento en Ciencias, siendo las alumnas las que obtienen un promedio más bajo (resultados coincidentes con Ruiz de Miguel, 2009 y Rodríguez et al., 2011). En este sentido, cabe destacar cómo la literatura especializada señala la relevancia de variables de personalidad, intereses, competencias desarrolladas en los años previos a la escolarización y posibles limitaciones socioculturales, en el rendimiento en chicas y chicos (Inda-Caro, Rodríguez-Menéndez, & Peña-Calvo, 2010), por lo que resulta necesario seguir ahondando en la identificación de factores asociados a estos resultados diferenciales, con el fin de eliminar las posibles brechas existentes entre género en el campo educativo.
- Aunque estudios como los de Cordero et al. (2012) muestran la inexistencia de relación entre el *nivel de estudios de los padres* y los resultados académicos, en el presente estudio se encuentra un efecto significativo tanto en el caso del nivel de estudios de la madre como del padre. Así, cuanto más alto sea el nivel académico de los padres, los alumnos obtienen un rendimiento mayor en Ciencias. En este sentido, y dado el peso tan importante que supone la estimulación y la motivación en el seno familiar sobre el rendimiento académico de los hijos (Van Ewijk & Slegers, 2010; Moledo, Rego, & Otero, 2012), si bien el nivel de estudios de los progenitores no es un elemento susceptible de ser modificado, resulta necesario adoptar estrategias colaborativas y de trabajo con las familias.
- El *número de cambios de centro*, así como las *ausencias a clase*, muestran efectos negativos. Parece evidente que los cambios de centro escolar del alumnado (sea por causas disciplinarias, laborales de los padres o de otra índole) resultan perjudiciales para la competencia en Ciencias medida en PISA, quizás debido a cierto sentimiento de inadaptación (Arrebola, 2013). Igualmente, muchos

estudios inciden en el efecto negativo del absentismo escolar sobre la formación (Choi de Mendizábal & Calero Martínez, 2013; Mediavilla & Escardíbul, 2015; Izquierdo, 2016), por lo que nos encontramos con dos aspectos a tener en consideración, fundamentalmente, por parte de los centros y las familias.

- Con relación a ciertas posesiones básicas en el hogar, se observa que a medida que aumenta la *cantidad de televisores* en casa, disminuye significativamente el rendimiento en Ciencias del alumno. Por otro lado, disponer o no de una *habitación individual*, un lugar *donde estudiar tranquilo* o la *cantidad de libros en casa* no han mostrado valores significativos. Esto puede ser un indicador, como señalan Cordero et al. (2012), de que el nivel adquisitivo de la familia no tiene por qué condicionar el rendimiento académico del alumno, aunque otros autores opinan lo contrario (Ruiz de Miguel, 2009). Sin embargo, se observa que el hecho de disponer en casa de un *ordenador para estudiar*, además de *conexión a internet*, tiene un efecto positivo en el aprendizaje de las Ciencias (resultados coincidentes con Fernández-Cruz, 2016).
- Los sentimientos de *tensión, inseguridad y ansiedad ante el estudio o ante una prueba de evaluación* merman significativamente el rendimiento de los estudiantes en Ciencias, mientras que aquellos alumnos que sienten una alta *motivación y deseo de ser uno de los mejores estudiantes* muestran promedios más altos. En este sentido, parece evidente el papel que desempeña el autoconcepto y la autoconfianza del estudiante, al ser factores que pueden contribuir al descenso de la ansiedad y nerviosismo ante la evaluación y el estudio (Alegre, 2013). Por ello, parece aconsejable desarrollar en los alumnos estrategias que mejoren estas facultades, a través de talleres, seminarios u otras actividades en las escuelas.
- La percepción por parte de los alumnos de *relaciones pobres con el profesor* (minusvaloraciones, castigos e insultos) disminuye el rendimiento en Ciencias, así como la percepción de *falta de orden en las clases* (resultados coincidentes con Ruiz de Miguel, 2009). Por su parte, a mayor *claridad en las explicaciones del profesor* y a mayor cantidad de *horas semanales de Ciencias*, se produce un aumento en el rendimiento. Queda así patente el importante papel de las variables afectivas (el trato y respeto hacia los alumnos) y docentes (control del clima de aula y claridad expositiva) del

profesor (Rodríguez Mantilla & Fernández Díaz, 2015; Fernández Díaz, Rodríguez Mantilla, & Fernández Cruz, 2016), siendo estas variables susceptibles de modificación para mejorar el desarrollo de las competencias en Ciencias del alumnado.

Respecto a los hábitos deportivos o de salud de los alumnos, si bien llama la atención que los que *hacen deporte antes de ir al colegio* obtienen resultados significativamente más bajos, *desayunar antes de ir al centro escolar* y practicar *deporte de forma moderada fuera del centro* a lo largo de la semana tienen un efecto positivo en el rendimiento en Ciencias. En esta línea, son diversos los estudios que muestran el efecto positivo de la realización de actividad física sobre el rendimiento académico (Ruiz-Ariza et al., 2016), el funcionamiento del cerebro, la concentración (Rodríguez et al., 2011; Ardoy et al., 2014) y sobre la motivación educativa y conductas asociadas a la salud (González & Portolés, 2014), por lo que parece necesario cuidar el desarrollo físico en los centros como un factor asociado al adecuado proceso de aprendizaje de los alumnos.

Los alumnos que disfrutan con el *uso de dispositivos tecnológicos*, que leen *artículos*, ven *programas en televisión* y consultan *webs de carácter científico* obtienen resultados más altos en Ciencias. Si entendemos que el interés es uno de los componentes de la motivación intrínseca y una de las razones por las que los estudiantes pueden disfrutar del aprendizaje (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016b), resulta razonable que aquellos alumnos con mayor interés en Ciencias obtengan resultados más altos. Por ello, se recomienda trabajar en los centros el desarrollo de estrategias que fomenten la implicación y motivación de los estudiantes (Camacho-Miñano, 2015).

Respecto a variables de Centro, la *titularidad* resulta un predictor significativo, siendo los centros privados los que obtienen resultados más altos. Son varios los estudios en esta línea (Flores, 2014; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016b), mientras que otros, como Cordero et al. (2012), muestran la inexistencia de diferencias entre los distintos tipos de centros. Autores como Choi de Mendizábal y Calero Martínez (2013) o Izquierdo (2016) explican la existencia de estas diferencias al relacionar la titularidad de los centros con el tipo de alumnado que reciben, la autonomía en la gestión de los recursos y del presupuesto, en la contratación del profesorado, así como en la evaluación. Con relación a estos aspectos, este estudio muestra las siguientes conclusiones:

- Si bien Mediavilla y Escardíbul (2015) constataron en la prueba de PISA 2012 que las variables TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) inciden en la adquisición de Matemáticas (más que en el resto de competencias evaluadas: Comprensión Lectora y Ciencias), en el presente trabajo, la *cantidad de recursos tecnológicos* en el centro no muestra un efecto significativo sobre el rendimiento en Ciencias. En este sentido, se considera importante la afirmación de Fernández-Cruz (2016) al afirmar que la mera presencia de recursos tecnológicos en los centros no es suficiente para desarrollar en los alumnos las distintas competencias, sino que resulta más importante el uso adecuado de dichos recursos.
- Los alumnos de centros donde se realizan *competiciones de Ciencias* y que cuentan con *suficiente material de laboratorio* aumentan significativamente el rendimiento en la competencia científica medida en PISA. Parece evidente la relación existente entre esta variable y la realización de competiciones científicas, pues varios estudios muestran los beneficios de este tipo de actividades sobre la motivación de los alumnos, el aprendizaje y el interés hacia la materia (Lieury & Fenouillet, 2016; Arrebola, Barreiro, Gómez, & Chocrón, 2017). No obstante, llama la atención que no resulte significativo el hecho de realizar un *gasto de dinero extra en actualizar el equipamiento* o de la *existencia de personal adicional de laboratorio* (que conllevan de forma explícita o implícita un mayor gasto económico). Ello puede indicar, nuevamente, que el correcto aprovechamiento de los recursos básicos para el desarrollo de las clases de Ciencias resulta más beneficioso para el aprendizaje de los alumnos que realizar una inversión extra de dinero.
- Igualmente, no resultaron significativas variables relacionadas con los recursos económicos del centro, como la *ubicación del centro* (área rural, pequeño pueblo, ciudad, gran ciudad, etc.) y del *tamaño* del mismo (operativizado a través de la cantidad de alumnos y profesores), por lo que centros grandes, medianos o pequeños, de áreas rurales, de ciudades o de grandes ciudades no deben sus diferencias a estas variables.
- Con relación al *tipo de evaluaciones* utilizadas en el centro, los resultados indican que ni utilizar evaluaciones elaboradas por los profesores ni evaluaciones estandarizadas resultan ser factores significativos en el rendimiento en Ciencias. El tema de la

evaluación es ampliamente tratado en la literatura especializada y, en ocasiones, genera más controversia que conformidad. La OCDE (2013) señala que un factor determinante para que los centros rindan mejor académicamente es la autonomía para la evaluación, indicando los beneficios del uso de resultados en evaluaciones externas y estandarizadas. No obstante, autores como Hopkins (2008) señalan que para que estas evaluaciones sean útiles han de ofrecer información relevante y actualizada que sirva para detectar la respuesta educativa que necesita cada estudiante. Quizás, por ello, cabe preguntarse si el problema reside en la calidad de la información de aportan dichas evaluaciones externas o en el uso incorrecto que se hace de la información obtenida.

- Según el INEE (2013), uno de los factores que influyen en el rendimiento del alumnado es la calidad y mejora de los procesos internos del centro (como el grado de autonomía y la eficiencia en la gestión de los procesos organizativos y educativos, entre otros). Para ello, resulta necesario realizar evaluaciones internas (o autoevaluaciones) y externas con el fin de determinar puntos fuertes y débiles y confeccionar así planes de mejora continua en el centro. En el presente estudio, el uso de *evaluaciones internas o externas* con este fin no han mostrado valores significativos en el rendimiento en Ciencias de los alumnos, por lo que cabe preguntarse si existe un verdadero impacto de la aplicación de estas evaluaciones y planes de mejora sobre el los resultados académicos de los alumnos.

Así, los resultados parecen no mostrar un claro efecto positivo y significativo del incremento de los recursos en las escuelas sobre el rendimiento de los alumnos (resultados coincidentes con Escardíbul y Calero, 2013).

Respecto a las variables de Comunidad Autónoma, autores como Martínez, Reverte y Manzano (2016) señalan que las diferencias existentes entre las CCAA españolas están relacionadas con características socioculturales, económico-laborales y educativas de cada región. Otros, como Bolívar y López (2009), indican que la inversión en educación de las distintas CCAA es un factor determinante en el éxito escolar de su alumnado. Sin embargo, en este estudio ninguna de las variables ha resultado significativa como predictor del rendimiento de los alumnos en Ciencias (ni *PIB per cápita*, *gasto público por alumno*, *ratio medio*

de alumnos por profesor, etc.). Estos resultados, sumados al hecho de que sólo las variables de Alumno y de Centro incluidas en el modelo permiten explicar más del 53% de la varianza existente entre CCAA, muestra la necesidad de una mayor reflexión sobre el verdadero impacto que las políticas educativas y económicas en el área de educación tienen en el proceso de aprendizaje de los alumnos. No obstante, hay que tener cautela a la hora de interpretar los resultados obtenidos, ya que en ningún momento podemos identificar relaciones de causalidad subyacentes al encontrarnos ante un estudio no experimental.

Finalmente, y más allá de esta limitación estadístico-analítica señalada, conviene resaltar la contribución que este trabajo supone al ámbito específico de la investigación en rendimiento escolar y de las evaluaciones PISA, en general, habiendo, además, aportado resultados consistentes con investigaciones anteriores y que abren nuevas perspectivas de estudio.

## Referencias bibliográficas

- Alegre, A. (2013). Ansiedad ante exámenes y estrategias de aprendizaje en estudiantes de secundaria de Lima Metropolitana. *Propósitos y representaciones*, 1(1), 107-130.
- Arday, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014). A Physical Education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 52-61. <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12093>
- Arrebola, I. A. (2013). El abandono escolar temprano en Melilla. *Diversidad cultural y educación intercultural*, 6, 79-96.
- Arrebola, I. A., Barreiro, C. C., Gómez, M. D. M. O., & Chocrón, R. B. (2017). Las orientaciones de meta en el alumnado de secundaria: un análisis en un contexto multicultural. *Publicaciones*, 45, 83-100.
- Bolívar, A., & López, C. (2009). Las grandes cifras del fracaso y los riesgos de exclusión educativa. *Profesorado. Revista de currículum y formación de profesorado*, 13, 52-78.
- Camacho-Miñano, M. D. M. (2015). Impacto de la motivación intrínseca en el rendimiento académico a través de trabajos voluntarios: Un

- análisis empírico. *Revista Complutense de Educación*, 26(1), 67-80. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2015.v26.n1.42581](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2015.v26.n1.42581)
- Carabaña, J. (2015). *La inutilidad de PISA para las escuelas*. Madrid: Catarata,
- Cordero, J. M., Manchón, C., & Simancas, R. (2012). Análisis de los condicionantes del rendimiento educativo de los alumnos españoles en PISA 2009 mediante técnicas multinivel. *Presupuesto y Gasto Público*, 67, 71-96.
- Choi de Mendizábal, Á., & Calero Martínez, J. (2013). Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España en PISA-2009 y propuestas de reforma. *Revista de Educación*, 362, 562-593.
- Escardibul, J. O., & Calero, J. (2013). Two quality factors in the education system: teaching staff and school autonomy. The current state of research. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 13(3), 5-18.
- Fernández-Cruz, F. J. (2016). Los docentes de la Generación Z y sus competencias digitales. *Comunicar*, 24(46), 97-105. <http://dx.doi.org/10.3916/C46-2016-10>
- Fernández Díaz, M. J., Rodríguez Mantilla, J. M., & Fernández Cruz, F. J. (2016). Evaluación de competencias docentes del profesorado para la detección de necesidades formativas. *Bordón. Revista de pedagogía*, 68(2), 85-101. <http://dx.doi.org/10.13042/Bordon.2016.68206>
- Fernández-Díaz, M. J., Rodríguez-Mantilla, J. M., & Martínez-Zaruelo, A. (2016). PISA y TALIS ¿congruencia o discrepancia? *RELIEVE-Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 22(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8247>
- Flores, J. G. (2014). Factores asociados a la brecha regional del rendimiento español en la evaluación PISA. *Revista de Investigación Educativa*, 32(2), 393-410.
- Furlan, L. A. (2013). Eficacia de una intervención para disminuir la ansiedad frente a los exámenes en estudiantes universitarios argentinos. *Revista colombiana de psicología*, 22(1), 75-89.
- Gaviria, J.L., & Castro, M. (2004). *Modelos Jerárquicos Lineales*. Madrid: La Muralla.
- González, J., & Portolés, A. (2014). Actividad física extraescolar: relaciones con la motivación educativa, rendimiento académico y conductas asociadas a la salud. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 9(1), 51-65.

- Hopkins, D. (2008). *Cada Escuela una Gran Escuela: El potencial del liderazgo Sistémico*. Buenos Aires: Santillana.
- Inda-Caro, M., Rodríguez-Menéndez, M. D. C., & Peña-Calvo, J. V. (2010). PISA 2006: la influencia del género en los conocimientos y competencias científicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 51(2), 1-12.
- (INEE) Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2013). *PISA 2012. Informe español*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Izquierdo, D. (2016). ¿Qué hacen los directores de centros escolares? Las prácticas de dirección en España a partir de los estudios internacionales PISA y TALIS. *Revista Complutense de Educación*, 27(3), 1193. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n3.47610](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47610)
- Jover, G.; Prats, E. & Villamor, P. (2017). Educational Policy in Spain. Between political bias and international evidence. En M.Y. Eryaman, & B. Schneider. (Eds.), *Evidence and Public Good in Educational Policy, Research and Practice*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Klug, J., Krause, N., Schober, B., Finsterwald, M., & Spiel, C. (2014). How do teachers promote their students' lifelong learning in class? Development and first application of the LLL Interview. *Teaching and Teacher Education*, 17, 119-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2013.09.004>
- Lens, W., Matos, L., & Vansteenkiste, M. (2008). El profesor como fuente de motivación de los estudiantes: Hablando del qué y del porqué del aprendizaje de los estudiantes. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 4(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.4.9>
- Lieury, A., & Fenouillet, F. (2016). *Motivación y éxito escolar*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Martínez, M. L., Reverte, G. M., & Manzano, M. M. P. (2016). El fracaso escolar en España y sus regiones: Disparidades territoriales. *Revista de estudios regionales*, 107, 121-155.
- Mediavilla, M., & Escardíbul, J. O. (2015). ¿Son las TIC un factor clave en la adquisición de competencias? Un análisis con evaluaciones por ordenador. *Hacienda Pública Española*, 212, 67.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016a). *Las cifras de la educación en España. Estadísticas e indicadores. 2016*. Madrid: Secretaría General Técnica.

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016b). *PISA 2015. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe Español*. Madrid: Secretaría General Técnica.
- Moledo, M. L., Rego, M. A. S., & Otero, A. G. (2012). Inmigración y educación. ¿Influye el nivel educativo de los padres en el rendimiento académico de los hijos?. Teoría de la Educación. *Revista Interuniversitaria*, 24(2), 129-148.
- OCDE (2013). *PISA 2012 results: What makes a school successful (volume IV): Resources, policies and practice*. Paris: OECD Publishing.
- OCDE (2016). *PISA 2015. Resultados clave*. París: OECD Publishing.
- Pongratz, L. (2013). La reforma educativa como estrategia gubernamental. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 17(2), 141-152.
- Rodríguez Mantilla, J. M., & Fernández Díaz, M. J. (2015). Diseño y validación de un instrumento de medida del clima en centros de Educación Secundaria. *Educación XX1*, 18(1), 71-98. <http://dx.doi.org/10.5944/educxx1.18.1.12312>
- Rodríguez, C. C., Delgado, P. S., & Bakieva, M. (2011). Actividades extraescolares y rendimiento académico: diferencias en autoconcepto y género. *Revista de Investigación Educativa*, 29(2), 447-465.
- Ruiz de Miguel, C. (2009). Las escuelas eficaces: un estudio multinivel de factores explicativos del rendimiento escolar en el área de matemáticas. *Revista de educación*, 348, 355-376.
- Ruiz-Ariza, A., Ruiz, J. R., de la Torre-Cruz, M., Latorre-Román, P., & Martínez-López, E. J. (2016). Influencia del nivel de atracción hacia la actividad física en el rendimiento académico de los adolescentes. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 48(1), 42-50.
- Snijders, T. A., & Bosker, R. (2012). *Multilevel Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Multilevel Modeling*. London: Sage Publishers.
- Stacey, K. (2015). The international assessment of mathematical literacy: PISA 2012 framework and items. In *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 771-790). Switzerland: Springer International Publishing.
- Van Ewijk, R., & Sleegers, P. (2010). The effect of peer socioeconomic status on student achievement: A meta-analysis, *Educational Research Review*, 5(2), 134-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2010.02.001>
- Villar, A. (2013). Rendimiento, esfuerzo y productividad: análisis de los resultados en matemáticas de los estudiantes españoles según PISA (2012). *PISA*, 118-139.

Wheater, R. (2013). *Achievement of 15 year olds in England: PISA 2012 national report (OECD Programme for International Student Assessment)*. England: National Foundation for Educational Research.

**Dirección de contacto:** Jesús Miguel Rodríguez Mantilla. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación, Departamento de Investigación y Psicología en Educación. C/ Rector Royo Villanova, S/N, 28040, Madrid. E-mail: [jesusmro@ucm.es](mailto:jesusmro@ucm.es)

# PISA 2015: Predictors of Science Performance in Spain

## PISA 2015: Predictores del rendimiento en Ciencias en España

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-380-373

Jesús Miguel Rodríguez-Mantilla

M<sup>a</sup> José Fernández-Díaz

Gonzalo Jover Olmeda

*Universidad Complutense de Madrid*

### Abstract

Given the increasing expansion and use of the results of PISA studies on the evaluation of the scientific, mathematical and linguistic competences of the students, this paper aims to analyse the effect of a set of predictors of performance in Science in Spanish students participating in PISA 2015. For the study, a sample of 32,330 15-year-olds from 17 Autonomous Communities has been taken and hierarchical-linear models have been used that allow the analysis of the possible effect of the different predictors contemplating the nesting of the data at different levels (Students, School Centre and Autonomous Community). 64 predictors were selected as independent variables, some of them included in the questionnaires of PISA 2015 students and centres and the database provided by the Ministry of Education, Culture and Sport (2016a), such as *anxiety of the student, teacher-student relationship, sports habits, interest in science, resources of the centres, percentage of foreign students and number of students per teacher* in each Autonomous Community, among others. In addition, variables considered as “classic” were included in this type of studies (*gender, academic level of the parents, ownership and size of the centre, economic investment* by Autonomous Community, etc.). Among the main results we found that 27 variables (24 of Student and 3 of Centre and none of Autonomous Community) were significant predictors of Science performance, analysing the explained variance. The paper concludes with the discussion based on other coincident studies or with contrary results on the variables that have been significant and not significant in the proposed model.

**Keywords:** PISA, Compulsory Education, Predictive study, Competency in Science, Hierarchical-Linear Models.

### Resumen

Dada la creciente expansión y uso de los resultados de los estudios de PISA sobre la evaluación de los alumnos en sus competencias científicas, matemáticas y lingüísticas, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el efecto de un conjunto de predictores del rendimiento en Ciencias en los alumnos españoles participantes en PISA 2015. Para el estudio se ha tomado una muestra de 32.330 alumnos de 15 años de 17 Comunidades Autónomas y se han utilizado modelos jerárquico-lineales que permiten el análisis del posible efecto de los distintos predictores, contemplando el anidamiento de los datos en distintos niveles (Alumnos, Centro y Comunidad Autónoma). Como variables independientes se han seleccionado 64 predictores, algunos de ellos incluidos en los cuestionarios de alumnos y de centros de PISA 2015 y de la base de datos facilitada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016a), como *ansiedad del alumno*, *relación profesor-alumno*, *hábitos deportivos*, *interés hacia la ciencia*, *recursos de los centros*, *porcentaje de alumnos extranjeros* y *cantidad de alumnos por profesor* en cada Comunidad Autónoma, entre otros. Además, se incluyeron variables consideradas como “clásicas” en este tipo de estudios (*sexo*, *nivel académico de los padres*, *titularidad* y *tamaño del centro*, *inversión económica* por Comunidad Autónoma, etc.). Entre los principales resultados encontramos que 27 variables (24 de Alumno y 3 de Centro y ninguna de Comunidad Autónoma) resultaron predictores significativos del rendimiento en Ciencias, analizando la varianza explicada. El trabajo concluye con la discusión fundamentada en otros estudios coincidentes o con resultados contrarios sobre las variables que han resultado significativas y no significativas en el modelo propuesto.

**Palabras clave:** PISA, Educación Obligatoria, Estudio Predictivo, Competencia en Ciencias, Modelos Jerárquico-Lineales.

### Introduction

The concern for quality is an increasingly evident fact in the world of education, both at national and international levels. In the last few decades, assessment in the field of education has been a priority for all education authorities around the world, and it has become a useful tool to guide education policy, a mechanism for accountability and a means to advance in the search for academic excellence.

PISA (Programme for International Student Assessment) is an OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) study conducted every three years which evaluates what 15-year-old students can do with what they have learnt, weighing their choices and making decisions, in the areas of Reading, Mathematics and Science, as well as an innovation area (the 2015 edition assessed the skill Collaborative Problem Solving). Likewise, each edition examines an area of knowledge in detail, and in 2015 it was Science (OECD, 2016).

The spread and impact of this assessment has been such that several countries have carried out education reforms based on their results in the PISA tests (Pongratz, 2013). Over 500,000 students from more than 70 countries participated in PISA 2015, with Singapore (556), Japan (538), Estonia (534) and Finland (531) getting the best results in Science. Spain obtained a medium score in Science of 493, the same as the OECD average (493) and 2 points below the European Union average (495).

By Spanish Autonomous Community, Castilla y León (519), Community of Madrid (516), Navarre (512) and Galicia (512) had the highest scores in Science. The Canary Islands (475), Extremadura (474) and Andalusia (473) obtained the lowest scores (Ministry of Education, Culture and Sports, 2016b) (Table I).

The existence of these differences between the various Autonomous Communities is nothing new in the 2015 edition, and it has motivated numerous studies since Spain participated in the first edition of 2000, applying diverse statistical techniques for analysis, including different variables in the studies (Villar, 2013; Wheeler, 2013; Stacey, 2015). Yet we must not only consider and analyse the differences between the Autonomous Communities. We should bear in mind that students, the ultimate unit in the study, are embedded or clustered in schools which, in turn, are clustered in Autonomous Communities. Given the hierarchical structure of the data, one of the most appropriate techniques for this type of studies is the one applied here, hierarchical-linear modelling.

This type of assessments (such as PISA, TIMSS- Trends in International Mathematics and Science Study-, and PIRLS -Progress in International Reading Literacy Study-, etc.) have both defenders and detractors. Some people justify the usefulness of these studies given the motivation generated by the ensuing comparisons (necessary to assess one's own situation) or because they allow conducting studies that go beyond the more limited and less representative local scope (Ministry of Education,

Culture and Sports, 2016b; Fernández-Díaz, Rodríguez-Mantilla, & Martínez-Zarzuelo, 2016). Others consider that these assessments and, in particular PISA, have no value to guide teachers or improve schools (Carabaña, 2017). The intention, therefore, is to give them their fair due, without either denying their usefulness or trying to turn them into a means to eclipse the political debate on education (Jover, Prats & Villamor, 2017). The objective of this paper was not to delve into these arguments, but rather to try to analyse the effect which several predictors (Student, School and Autonomous Community variables) have on Science performance.

TABLE I. Science Results by Autonomous Community

	SCIENCE	
	Mean	SD
Castilla y León	519.69	79.13
Madrid	516.42	81.55
Navarre	512.41	79.78
Galicia	512.24	82.64
Aragon	508.39	81.23
Catalonia	504.71	84.38
Asturias	501.79	83.64
La Rioja	498.51	87.20
Castilla-La Mancha	497.09	80.90
Cantabria	496.21	80.06
Community of Valencia	494.37	76.47
<b>SPAIN</b>	<b>493.35</b>	<b>83.09</b>
Balearic Islands	485.71	82.36
Murcia	484.06	82.76
Basque Country	483.38	80.74
Canary Islands	475.13	83.99
Extremadura	474.60	83.83
Andalusia	473.27	84.22

Source: Ministry of Education, Culture and Sports (2016b)

Based on the data provided by the Ministry of Education, Culture and Sports (2016a) and the questionnaires administered to students and school headmasters in PISA 2015, the aim was to study the possible effect on Science performance of Autonomous Community characteristics (*GDP per capita, public expenditure on education, etc.*), school characteristics (*ownership, location, number of students and teachers, etc.*) and personal and family Student features (*sex, parents' level of education, absenteeism, etc.*). These are all "classic" variables included in the majority of multilevel education studies. However, this paper paid special attention to other Student, School and Autonomous Community variables.

Among the Student variables, we wanted to include *student anxiety about assessments* as a predictor, understood as the concern about delivering a lower performance than expected and the possible consequences thereof. According to Furlan (2013), anxiety can lead students to reach negative conclusions regarding their failure, which could lower their self-esteem, generate feelings of incompetence, and lead them to drop out of school. As a result, the student's *motivation towards achievement* may disappear, which could cause dissatisfaction with life or frustration (Lens, Matos, & Vansteenkiste, 2008).

An element related to motivation is student *interest*. Many studies have shown the relationship between school performance and interest in the subject, stating that interest is the true driver that generates the necessary engagement to achieve adequate performance (National Institute for Education Evaluation, 2013; Klug, Krause, Schober, Finsterwald, & Spiel, 2014).

Another interesting variable is *sports and healthy habits*. Since there are so many studies evidencing the effect which sports have on student cognitive and academic development (Rodríguez, Delgado, & Bakieva, 2011; González & Portolés, 2014; Ruiz-Ariza, Ruiz, de la Torre-Cruz, Latorre-Román, & Martínez-López, 2016), it was deemed appropriate to include it in the study.

Regarding *science lessons* and *teacher-student relationships*, Rodríguez Mantilla and Fernández Díaz (2015) pointed out the importance of paying attention to elements such as classroom climate, the way teachers treat students or the clarity of their presentations, among others, so that the learning process is successful. That is, aside from correct teaching practices by teachers, it is necessary to take care of the affective environment in the classroom.

In relation to the School variables, we paid attention, first, to the *amount of resources* and *equipment* as possible predictors, since not all specialised literature agrees on the effect which these variables have on academic performance (Cordero, Manchón, & Simancas, 2012; Flores, 2014; Mediavilla & Escardíbul, 2015; Fernández-Cruz, 2016). Second, having underscored the importance for learning of certain features such as motivation and interest, we deemed it necessary to include variables in the study related to *activities organised by the school* (competitions and sports, music and science activities, etc.) as elements that could be beneficial (Lieury & Fenouillet, 2016).

Among the Autonomous Community variables, aside from the financial ones listed above, we aimed to study the possible effect of the *percentage of students lagging behind in primary education*, of *foreign students* or the *average number of students per teacher*.

Therefore, the general objective of this paper was to analyse the simultaneous effect of a set of predictors on Science performance of the Spanish students who participated in PISA 2015, for each data aggregation level (Level 1: Student, Level 2: School, and Level 3: Autonomous Community), by using hierarchical-linear modelling.

## Method

### Design and Methodology

This paper's research methodology is quantitative, with a non-experimental design, along the lines of ex-post-facto studies.

### Sample

For this study we used the databases provided by the OECD on the PISA 2015 assessment, taking only data from Spain. The total sample was made up of 32,330 students, in 976 schools of the 17 Autonomous Communities (Table II), of which 50.4% were male and 49.6% female. 66.2% of the participating schools were public, 28.4% private with state subsidies, and 5.4% private.

TABLE II. Sample composition

Autonomous Communities	Schools	Students
Andalusia	54	1,813
Aragon	53	1,798
Asturias	54	1,790
Cantabria	56	1,924
Castilla-La Mancha	55	1,889
Castilla y León	57	1,858
Catalonia	52	1,769
Community of Valencia	53	1,625
Extremadura	53	1,809
Galicia	59	1,865
Balearic Islands	54	1,797
Canary Islands	54	1,842
La Rioja	47	1,461
Madrid	51	1,808
Murcia	53	1,796
Navarre	52	1,874
Basque Country	119	3,612
<b>Total</b>	<b>976</b>	<b>32,330</b>

Source: Compiled by the authors

## Variables

The dependent variable we used was scientific literacy, an area examined in greater detail in the 2015 edition of PISA, understood as the ability to explain phenomena scientifically; evaluate and design scientific enquiry; and interpret data and evidence scientifically (OECD, 2016).

The data of the dependent variable were scaled with the Rasch model and expressed by assigning ten plausible values (OECD, 2016), shown on a continuous scale where the OECD country average equalled 500 points and standard deviation was 100 points (Ministry of Education, Culture and Sports, 2016b).

Regarding independent variables, for Level 1: Student, we used as predictors 35 of the items comprising the questionnaire administered to the PISA 2015 students, whose dimensions and evaluated features are shown in Table III. The values of each variable were recoded for their proper inclusion in the model.

TABLE III. Variables of Level 1: Student

Dimension	Item	Name	Recoded values
Personal, school and family characteristics	1*	Sex	0=Male 1=-Female
	2*	Education level completed by your mother	0=Primary Education
			1= Lower Secondary Education
	3*	Education level completed by your father	2=Intermediate level VET
			3=Upper Secondary Education
	4	Number of school changes	0=No change
1=1 Change			
2=2 or more			
5	In the last two weeks, school absences	0=None 1=1 or 2 2=3 or 4 3=5 or more	
In your home, there is:	6	A room of your own	0=No 1=Yes
	7	A quiet place to study	
	8*	A computer you can use for school work	
	9*	A link to the Internet	
	10*	Television sets	0=None 1=1 2=2 3=3 or more
	11	Books	0=0-10 1=11-25 2=26-100 3=101-200 4=201-500 5=More than 500
Anxiety and Achievement	12	Even when I am well prepared for an exam, I feel very nervous	0=Totally disagree 1=Disagree 2=Agree 3=Totally agree
	13	I feel very tense when I study for an exam	
	14*	I want to be one of the best students in class	

Relationship with teachers	15 <sup>-</sup>	Teachers give me the impression they think I am less intelligent than I am	0=Never/almost never 1=A few times a year 2=A few times a month 3=Once a week or more
	16 <sup>-</sup>	Teachers have punished me more harshly than others	
	17 <sup>-</sup>	Teachers have made fun of me in front of others	
	18 <sup>-</sup>	Teachers have insulted me in front of others	
Sports practice	19	How many days a week do you go to physical education classes?	0-7 (days)
	20	After school I do exercise	0=No 1=Yes
	21 <sup>-</sup>	Before school I do exercise	0-7 (days)
	22 <sup>-</sup>	In the last week, outside school, I have done moderate physical activities	
	23	In the last week, outside school, I have done intense physical activities	
24 <sup>+</sup>	I have breakfast before going to school	0=No    1=Yes	
Science Lessons	25 <sup>+</sup>	Number of lessons per week	Sample mean-centred
	26	Additional hours per week	
	27 <sup>-</sup>	It is noisy and disorderly	0=Never/almost never 1=In some classes 2=In most classes 3=In all classes
	28	Students can express their ideas	
	29	We spend time in the laboratory doing experiments	
	30 <sup>+</sup>	The teacher clearly explains the importance of science concepts for life	
31	We do research to prove certain concepts		
Interest in science and technology	32 <sup>+</sup>	I watch science programmes on television	0=Never/almost never 1=Sometimes 2=Regularly 3=Very often
	33 <sup>+</sup>	I visit science websites	
	34 <sup>+</sup>	I read science journals or articles	
	35 <sup>+</sup>	I like to use digital devices	

Source: Compiled by the authors. Note: -Items which have shown a significant negative effect. +Items which have shown a significant positive effect

For Level 2: School, we took 21 of the items comprising the questionnaire administered in PISA 2015 to headmasters. The dimensions, evaluated aspects and recoded values are shown in Table IV.

TABLE IV. Variables of Level 2: School

Dimension	Item	Name	Recorded values	
Ownership and location	36	Type of school	0=Private 1=Private with state subsidies 2=Public	
	37	Location	0=Rural Area rural (less than 3,000 people) 1=Small town (3,000-15,000 people) 2=Town (15,000-100,000 people) 3=City (100,000-1,000,000 people) 4=Large city (over 1,000,000)	
Number of Students	38	Total number of students	Sample mean-centred	
	39	Number of boys		
	40	Number of girls		
Number of teachers	41	Number of full-time teachers		
	42	Number of part-time teachers		
ICT resources	43	Total number of digital whiteboards		
	44	Total number of projectors		
	45	Number of computers with Internet for teachers		
Activities offered	46	Musical band, orchestra or choir		0=No 1=Yes
	47	Computing/Technology		
	48	Sports		
	49+	Science Competitions		
Science Classes	50+	There is enough laboratory equipment		
	51	There is additional laboratory support staff for science classes		
	52	The school spends additional money on updating equipment		
Student assessments	53	Standardised tests are used		
	54	Tests prepared by teachers are used		
Evaluation of school for improvement	55	We conduct internal evaluations or self-evaluations	0=No 1=Yes, on our own initiative 2=Yes, on a mandatory basis	
	56	External evaluations are conducted		

Source: Compiled by the authors. Note: -Items which have shown a significant negative effect. +Items which have shown a significant positive effect

For Level 3: Autonomous Community, we took the 8 variables (Table V) (data provided by the Ministry of Education, Culture and Sports, 2016a). In order to facilitate interpretation of results, these variables were sample mean-centred.

TABLE V. Variables of Level 3: Autonomous Community

Dimension	Item	Name
Economic	57	GDP per capita (euro)
	58	Public expenditure per public and subsidised student (euro)
	59	Public expenditure per public student (euro)
Proportion of public schools	60	% of public schools
Students	61	% of students who lagged behind in Primary Education
	62	% of foreign students
	63	Average number of students per teacher
	64	% of students participating in integrated content and foreign language learning experiences in Lower Secondary Education

Source: Compiled by the authors

## Data Analysis

To achieve the study objective set, we used hierarchical-linear modelling as this allows collecting the embedded data structure at various levels (in this case: Student, School and Autonomous Community). The use of this methodology helps distinguish more precisely the effects due to each one of the levels above. To analyse the data, we used the software MLwin 2.36.

## Results

Below is part of the modelling process for the multilevel analysis: the null model and the definite model, upon which the final interpretation was based.

## Estimate of null model

The null model (Table VI) helps evaluate appropriateness of using multilevel models. The fixed parameter indicates the intercept value (mean performance in Science for all the subjects in the sample = 489,967).

TABLE VI. Estimate of null model

<b>FIXED PART</b>	
<b>Parameter</b>	<b>Estimate (Standard Error)</b>
Constant	489.967(3.083)
<b>RANDOM PART</b>	
<b>Level 1: Student</b>	
Science Variance	6,225.496(45.068)
<b>Level 2: School</b>	
Science Variance	590.640(35.754)
<b>Level 3: Autonomous Community</b>	
Science Variance	154.936(56.966)
<b>Likelihood Ratio</b>	<b>453,611.400</b>
<b>Number of parameters</b>	<b>4</b>
<b>N</b>	<b>32,330</b>

Source: Compiled by the authors

The random part of the model showed variances in the residuals at the three levels. The parameters obtained were statistically significant in the different levels considered<sup>1</sup>, and therefore Students differed in Science performance (6,225.496/45.068 > 1.96). Schools and Autonomous Communities also differed in their mean performance (590,640/35,754 and 154,936/56,966, respectively, are higher than 1.96). The significance of these parameters indicates there is unexplained variance in the three levels, which justified continuing expansion of the model to explain the

<sup>1</sup> In accordance with Gaviria and Castro (2004), the criterion we followed to decide whether a parameter was significant or not (for alpha=0.05) was if the quotient between the parameter estimate and its standard error was higher than 1.96

greatest amount of variance possible. Therefore, we included first, second and third level predictors in the fixed and random parts of the model.

The Likelihood Ratio had a value of 453,611.400 for a model with 4 parameters, a value to be compared with the one obtained in the definite model, which allows evaluating the adjustment of the final model.

## Expanded model

First, we entered the first level variables (included in Table III) in the fixed and the random parts of the model, discarding any with no significant parameters. The procedure was repeated for the second and third level variables (included in Tables IV and V). 24 first level variables, 3 second level ones and none in the third level, showed significant parameters (see Table VII).

TABLE VII. Definite model

FIXED PART	
Parameter	Estimate (Standard Error)
Constant	446.326(4.895)
Item	
1	- 12.104(0.915)
2	6.669(0.505)
3	6.665(0.460)
4	- 16.202(0.726)
5	- 12.242(0.792)
8	13.199(1.917)
9	12.271(2.745)
10	- 4.185(0.620)
12	- 7.956(0.498)
13	- 7.199(0.533)
14	12.083(0.500)
15	- 4.314(0.502)
16	- 4.604(0.603)

18	- 2.882(0.762)
21	- 31.953(0.931)
22	2.242(0.180)
24	4.383(1.266)
25	8.037(0.247)
27	- 3.517(0.502)
30	2.905(0.485)
32	3.317(0.676)
33	8.319(0.702)
34	3.055(0.740)
35	10.150(0.660)
36	- 3.868(0.923)
49	5.981(1.146)
50	3.334(1.111)
<b>RANDOM PART</b>	
<b>Level 1: Student</b>	
Science Variance	3,552.683(37.049)
<b>Level 2: School</b>	
Science Variance	205.196(47.906)
Item	
3	22.696(7.641)
5	49.189(16.192)
25	4.162(1.045)
33	49.784(11.109)
<b>Level 3:Autonomous Community</b>	
Science Variance	72.403(26.526)
<b>Likelihood Ratio</b>	<b>236,126.100</b>
<b>Number of parameters</b>	<b>35</b>
<b>N</b>	<b>32,330</b>

Source: Compiled by the authors

Considering the fixed part of the model, average performance in Science has dropped to 446.326. This value refers to the average estimated performance of *male* students whose *parents completed Primary Education*, without *changing school* throughout their school life,

*without having been absent from school* in the last two weeks, without a computer at home, without Internet connection and without a television set at home. Likewise, this average corresponds to students who do not feel nervous or tense when studying for an exam, who want to be one of the best in class, who do not suffer any contempt, harsh punishments or insults from their teachers; who have breakfast and practice sports moderately before going to school; with a number of Science lessons per week equal to the sample average (3), who belong to classes which are orderly but where teachers do not explain clearly the importance of scientific concepts applied to everyday life; these are students who show no interest in science and technology, and who belong to private schools where there are no science competitions nor enough laboratory equipment.

In the random part of the model, there is still unexplained variance in Science performance and at the three levels. Nonetheless, the random parameter values have been reduced compared to the initial values of the null model. This aspect is analysed below.

The results showed the significance of some of the predictors. In the variables related to *Personal, family, school and home characteristics*, the Science performance average was 12.104 points less for girls. For every higher level of education completed by the mother or the father, the student's average performance increased 6.66 points in both cases, and for every change of school and absence from class the average in Science fell 16.20 and 12.24 points, respectively. Students who had a computer at home with which to study, increased their average by 13.19 points, and if they had Internet, 12.27 points more. While the number of books present in the household showed no significant value in the model, students with a television set at home diminished their average by 4.18 points (and double in the case of students with 2 television sets and triple for those with 3 or more).

Regarding *Anxiety and Achievement*, for every degree of increase in the student's level of tension when studying and level of nervousness before an exam, average performance dropped 7.19 and 7.95 points, respectively. However, for every degree of increase in the student's wish to be one of the best students in the class, the average rose 12.08 points.

In the case of *Teacher-student relationship*, the predictors which were most significant have all shown a negative effect. Thus, average Science performance fell 4.31 points for every degree of increase in

the students' perception of *having their intelligence underestimated by teachers*; it went down 4.60 points for every level of increase in the students' perception of being *punished more harshly than their peers* and it dropped 2.88 for every degree of increase in the use of *insults* by teachers towards students.

Regarding *Sports practice*, for every day which students did *physical activities moderately outside school*, there was a 2.24 increase in average Science performance (for *intense physical activities* no significant effect was found). However, results show that those who did *exercise before going to school* diminished their average by 31.95 points. On the other hand, we found that those who *had breakfast before going to class* increased their average by 4.83 points.

In relation to *Science Lessons*, for every *additional session* above the sample mean (3 sessions/week), performance rose 8.03 points (with no significant result from the effect of *additional hours* outside school). For every degree of increase in the *noise and disorderliness in the classroom*, the average fell by 3.51 points. In turn, while variables such as the *chance given students to express their ideas, doing practical experiments in the laboratory* and *research* showed no significant values, for every degree of increase in the *clarity with which teachers explain the importance of science concepts for everyday life*, average performance rose 2.90 points.

All predictors related to the *Interest in science and technology* have been significant and with a positive effect. Thus, for every degree of increase in *watching science programmes on television, visiting science websites* and *reading science journals or articles*, the average rose 3.31, 8.31 and 3.05, respectively. Likewise, the average went up 10.15 points for every degree of increase in the *use of digital devices*.

Regarding the School variables, we found significance in *Ownership*, with 3.86 points less in the Science average for students from private schools with state subsidies and 7.72 less for those from public schools compared to students from private schools. Students from schools that organised *science competitions* and that *had enough laboratory equipment* obtained 5.98 and 3.33 more average points, respectively. All other school variables (*location, number of students and teachers, technology resources, type of student assessments conducted, school evaluations*, etc.) showed no significant values.

Similarly, none of the Autonomous Community variables (*GDP per capita, public expenditure per student, percentage of public schools*, etc.) have shown to be significant predictors in the model.

To determine adjustment of the definite model compared to the null model, we compared the *Likelihood Ratio* of the two models. The difference showed a drop in the adjustment statistical value in the final model, which indicates a chi-squared difference of 217,485.30 with 31 degrees of freedom, a value which is significant at 0.01, confirming the better adjustment of the definite model compared to the null model.

To understand how much variance of the dependent variable is explained by all the predictor variables of the model and to analyse the proportion of variance associated to each one of the three levels, it was necessary to compare the random parameter values of the definite model and the null model, through the R<sup>2</sup>quotient (Snijders & Bosker, 2012). The 27 predictors included in the model help explain nearly 43% of the differences between students ( $R^2=0.429$ ), 65% of the differences between schools ( $R^2=0.652$ ) and 53% of the differences between Autonomous Communities ( $R^2=0.532$ ). While the explained variation in Science performance was 45% ( $R^2=0.4505$ ).

## Discussion and Conclusions

The main objective of this paper was to produce empirical evidence of Science performance predictors for the Spanish students participating in PISA 2015. To this end, we estimated a multilevel regression model that helped identify a series of factors which, as a whole, showed a significant effect on the attainment of Science literacy.

The final model, made up of 24 variables for Level 1: Student and 3 for Level 2: School, helped explain 43% of the differences between students, 65% of the differences between schools and 53% of the differences between Autonomous Communities, with no significant variable being found for Level 3: Autonomous Community. Although these values were not excessively high, neither were they negligible, since, aside from allowing identification of significant predictors, they allowed ruling out others which could have appeared substantial. Below are the main conclusions drawn from this study.

In relation to Student variables:

- The student's *sex* was a significant predictor for Science performance, with females obtaining a lower average (results which match those

of Ruiz de Miguel, 2009, and Rodríguez et al., 2011). In this regard, specialised literature highlights the importance of the variables personality, interests, skills acquired in the years prior to schooling and possible sociocultural limitations, for the performance of boys and girls (Inda-Caro, Rodríguez-Menéndez, & Peña-Calvo, 2010), therefore it is necessary to further examine the factors related to these different results in order to bridge any existing gender gaps in the field of education.

- Although studies such as those by Cordero et al. (2012) show there is no relationship between *parents' education level* and academic performance, this study found a significant effect both in the case of the education level of mothers and fathers. The higher the education level of parents, the higher the student Science performance. Therefore, and given the significant weight of family stimulation and motivation on their children's academic performance (Van Ewijk & Slegers, 2010; Moledo, Rego & Otero, 2012), while the education level of parents is not an element that can be modified, collaborative and work strategies with the families should be established.
- The *number of school changes*, as well as *absences from class*, showed negative effects. It seems evident that having students change schools (whether for disciplinary reasons, parents' work or other) is detrimental to the Science literacy assessed in PISA, perhaps due to a certain lack of adaptation (Arrebola, 2013). Also, many studies insist on the negative effect of school absenteeism on education (Choi de Mendizábal & Calero Martínez, 2013; Mediavilla & Escardíbul, 2015; Izquierdo, 2016), and thus these are two aspects that need to be considered, essentially, by schools and families.
- As for certain basic home possessions, we found that as the *number of television sets* rose in the household, students' Science performance dropped significantly. On the other hand, having or not *their own room*, *a quiet place to study* or *the number of books in the house* showed no significant values. This could be an indicator, as pointed out by Cordero et al. (2012), that the family's purchasing level need not condition students' academic performance, even though other authors believe otherwise (Ruiz de Miguel, 2009). However, we found that having a *computer to study with* at home, as well as *Internet connection*, had a positive effect on learning Science (which matches the results of Fernández-Cruz, 2016).

- The feelings of *tension, insecurity and anxiety about studying or before an assessment test*, significantly diminished student Science performance, while those students who felt highly *motivated and wished to be one of the best students*, had higher averages. In this sense, student self-image and self-esteem play an obvious role, as they are factors which can help diminish anxiety and nervousness regarding assessments and studying (Alegre, 2013). Therefore, it would appear advisable to develop student strategies to strengthen these traits, through workshops, seminars or other school activities.
- Student perception of *poor relationships with teachers* (underestimating, punishments and insults) diminished Science performance, as well as the perception of *disorderliness in the classroom* (results which match those of Ruiz de Miguel, 2009). In turn, the greater the *clarity in the teachers' explanations* and the more *weekly hours of Science*, the higher the performance. This makes manifest the important role of affective variables (treatment of and respect for students) and teaching variables (control over classroom climate and clear explanations) (Rodríguez Mantilla & Fernández Díaz, 2015; Fernández Díaz, Rodríguez Mantilla, & Fernández Cruz, 2016). These are variables that can be changed to reinforce attainment of Science literacy among students.
- Regarding sports or healthy habits for students, while it struck our attention that those who *do sports before going to school* had significantly lower results, *having breakfast before going to school* and doing *sports moderately outside school* during the week, had a positive effect on Science performance. Along these lines, there are several studies that show the positive effect of doing physical activities on academic performance (Ruiz-Ariza et al., 2016), brain function, concentration (Rodríguez et al., 2011; Ardoy et al., 2014), and on educational motivation and healthy behaviours (González & Portolés, 2014), so it would seem necessary to tend to physical development at school as a factor related to a proper student learning process.
- Students who enjoyed *using technology devices*, who read *articles*, watched *television programmes* and checked *science websites*, obtained better results in Science. If we consider that interest is one of the components of intrinsic motivation and one of the reasons why students enjoy learning (Ministry of Education, Culture and

Sports, 2016b), it makes sense that students with a greater interest in Science achieve higher results. Therefore, the recommendation is for schools to work on developing strategies to strengthen student engagement and motivation (Camacho-Miñano, 2015).

In relation to the School variables, *ownership* was a significant predictor, with private schools obtaining the highest results. There are several studies along these lines (Flores, 2014; Ministry of Education, Culture and Sports, 2016b), while others, such as Cordero et al. (2012), have shown there are no differences between the various types of schools. Authors such as Choi de Mendizábal and Calero Martínez (2013) or Izquierdo (2016) have explained the existence of these differences by relating school ownership to the type of students they admit, their independence to manage resources and budgets, hire teachers and conduct assessments. Regarding these aspects, our study has drawn the following conclusions:

- While Mediavilla and Escardíbul (2015) noted in the PISA 2012 assessment that the ICT (Information and Communication Technology) variables had an impact on attainment of Mathematics (more than on the other competencies assessed: Reading and Science), in this study, the *amount of technology resources* at the school showed no significant effect on Science performance. In this sense, we believe the statement by Fernández-Cruz (2016) is of importance when he asserted that the mere presence of technology resources at schools was not enough to develop various student skills, and rather that it was more important to use said resources properly.
- Students from schools that conduct *Science competitions* and that have *enough laboratory equipment*, significantly increased their performance in scientific literacy assessed in PISA. There is an evident relationship between this variable and undertaking science competitions, as several studies show the benefits of this type of activities for student motivation, learning and interest in the subject (Lieury & Fenouillet, 2016; Arrebola, Barreiro, Gómez, & Chocrón, 2017). Nonetheless, it is striking that incurring *additional expenditure to update equipment* or *having additional laboratory staff* (which explicitly or implicitly entail more financial spending), were not significant. This could indicate, once again, that proper use

of basic resources to deliver Science lessons is more advantageous for student learning than additional financial investments.

- Similarly, there was no significance in the variables related to the school's financial resources, such as *school location* (rural area, small town, city, large city, etc.) or *size* (based on the number of students and teachers), therefore the differences of large, medium or small schools, in rural areas, cities or large cities, are not due to these variables.
- Regarding *the type of assessments* used by the school, results indicate that not using assessments prepared by teachers or standardised assessments are significant factors in Science performance. The topic of assessments has been widely covered in specialised literature and, at times, has generated more controversy than agreement. The OECD (2013) has pointed out that a determining factor for schools to perform better academically is having assessment independence, with advantages in the use of results in external and standardised assessments. Nonetheless, authors such as Hopkins (2008) note that in order for these assessments to be useful, they need to provide relevant and updated information that helps detect the educational response required by each student. Perhaps then we should ask whether the problem lies in the quality of the information provided by these external assessments or in the incorrect use of the information obtained.
- According to INEE [National Institute for Education Evaluation] (2013), one of the factors influencing student performance is the quality and improvement of the school's internal procedures (such as level of independence and efficient management of organisational and educational procedures, among others). To this end, it is necessary to conduct internal evaluations (or self-evaluations) and external ones to determine strengths and weaknesses and thus design continuous improvement plans for the school. In this study, the use of *internal or external evaluations* for this purpose did not show significant values on student Science performance, therefore we should ask whether application of these assessments and improvements plans has a real impact on student academic performance.

Thus, results do not appear to show a clear positive and significant effect on student performance of increasing school resources (findings which match those of Escardíbul and Calero, 2013).

Regarding the Autonomous Community variables, authors such as Martínez, Reverte and Manzano (2016) stated that the existing differences between Spanish Autonomous Communities were related to the sociocultural, economic-labour and educational characteristics of each region. Others, such as Bolívar and López (2009), indicated that the education investment of the various Autonomous Communities was a determining factor for the academic success of their students. However, in this study, none of the variables were significant as predictors of student performance in Science (neither *GDP per capita*, *public expenditure per student*, *average student-to-teacher ratio*, etc.). These results, in addition to the fact that only the Student and School variables included in the model helped explain more than 53% of the existing variance between Autonomous Communities, show the need for a greater reflection on the real impact which education and economic policies in the area of education have on the student learning process. However, caution should be exercised when interpreting the results found, since we were never able to identify underlying causal relationships as this was a non-experimental study.

Finally, and beyond the above statistical-analytical limitation, we should highlight the contribution of this paper to the specific area of research on school performance and PISA assessments, in general, having, furthermore, provided results that are consistent with previous studies and that point towards new lines of research.

## References

- Alegre, A. (2013). Ansiedad ante exámenes y estrategias de aprendizaje en estudiantes de secundaria de Lima Metropolitana. *Propósitos y representaciones*, 1(1), 107-130.
- Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014). A Physical Education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 52-61. <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12093>

- Arrebola, I. A. (2013). El abandono escolar temprano en Melilla. *Diversidad cultural y educación intercultural*, 6, 79-96.
- Arrebola, I. A., Barreiro, C. C., Gómez, M. D. M. O., & Chocrón, R. B. (2017). Las orientaciones de meta en el alumnado de secundaria: un análisis en un contexto multicultural. *Publicaciones*, 45, 83-100.
- Bolívar, A., & López, C. (2009). Las grandes cifras del fracaso y los riesgos de exclusión educativa. *Profesorado. Revista de currículum y formación de profesorado*, 13, 52-78.
- Camacho-Miñano, M. D. M. (2015). Impacto de la motivación intrínseca en el rendimiento académico a través de trabajos voluntarios: Un análisis empírico. *Revista Complutense de Educación*, 26(1), 67-80. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2015.v26.n1.42581](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2015.v26.n1.42581)
- Carabaña, J. (2015). *La inutilidad de PISA para las escuelas*. Madrid: Catarata,
- Cordero, J. M., Manchón, C., & Simancas, R. (2012). Análisis de los condicionantes del rendimiento educativo de los alumnos españoles en PISA 2009 mediante técnicas multinivel. *Presupuesto y Gasto Público*, 67, 71-96.
- Choi de Mendizábal, Á., & Calero Martínez, J. (2013). Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España en PISA-2009 y propuestas de reforma. *Revista de Educación*, 362, 562-593.
- Escardibul, J. O., & Calero, J. (2013). Two quality factors in the education system: teaching staff and school autonomy. The current state of research. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 13(3), 5-18.
- Fernández-Cruz, F. J. (2016). Los docentes de la Generación Z y sus competencias digitales. *Comunicar*, 24(46), 97-105. <http://dx.doi.org/10.3916/C46-2016-10>
- Fernández Díaz, M. J., Rodríguez Mantilla, J. M., & Fernández Cruz, F. J. (2016). Evaluación de competencias docentes del profesorado para la detección de necesidades formativas. *Bordón. Revista de pedagogía*, 68(2), 85-101. <http://dx.doi.org/10.13042/Bordon.2016.68206>
- Fernández-Díaz, M. J., Rodríguez-Mantilla, J. M., & Martínez-Zarzuelo, A. (2016). PISA y TALIS ¿congruencia o discrepancia? *RELIEVE-Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 22(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8247>
- Flores, J. G. (2014). Factores asociados a la brecha regional del rendimiento español en la evaluación PISA. *Revista de Investigación Educativa*, 32(2), 393-410.

- Furlan, L. A. (2013). Eficacia de una intervención para disminuir la ansiedad frente a los exámenes en estudiantes universitarios argentinos. *Revista colombiana de psicología*, 22(1), 75-89.
- Gaviria, J.L., & Castro, M. (2004). *Modelos Jerárquicos Lineales*. Madrid: La Muralla.
- González, J., & Portolés, A. (2014). Actividad física extraescolar: relaciones con la motivación educativa, rendimiento académico y conductas asociadas a la salud. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 9(1), 51-65.
- Hopkins, D. (2008). *Cada Escuela una Gran Escuela: El potencial del liderazgo Sistémico*. Buenos Aires: Santillana.
- Inda-Caro, M., Rodríguez-Menéndez, M. D. C., & Peña-Calvo, J. V. (2010). PISA 2006: la influencia del género en los conocimientos y competencias científicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 51(2), 1-12.
- (INEE) Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2013). *PISA 2012. Informe español*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Izquierdo, D. (2016). ¿Qué hacen los directores de centros escolares? Las prácticas de dirección en España a partir de los estudios internacionales PISA y TALIS. *Revista Complutense de Educación*, 27(3), 1193. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n3.47610](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47610)
- Jover, G.; Prats, E. & Villamor, P. (2017). Educational Policy in Spain. Between political bias and international evidence. En M.Y. Eryaman, & B. Schneider. (Eds.), *Evidence and Public Good in Educational Policy, Research and Practice*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Klug, J., Krause, N., Schober, B., Finsterwald, M., & Spiel, C. (2014). How do teachers promote their students' lifelong learning in class? Development and first application of the LLL Interview. *Teaching and Teacher Education*, 17, 119-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2013.09.004>
- Lens, W., Matos, L., & Vansteenkiste, M. (2008). El profesor como fuente de motivación de los estudiantes: Hablando del qué y del porqué del aprendizaje de los estudiantes. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 4(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.4.9>
- Lieury, A., & Fenouillet, F. (2016). *Motivación y éxito escolar*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

- Martínez, M. L., Reverte, G. M., & Manzano, M. M. P. (2016). El fracaso escolar en España y sus regiones: Disparidades territoriales. *Revista de estudios regionales*, 107, 121-155.
- Mediavilla, M., & Escardíbul, J. O. (2015). ¿Son las TIC un factor clave en la adquisición de competencias? Un análisis con evaluaciones por ordenador. *Hacienda Pública Española*, 212, 67.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016a). *Las cifras de la educación en España. Estadísticas e indicadores. 2016*. Madrid: Secretaría General Técnica.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2016b). *PISA 2015. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe Español*. Madrid: Secretaría General Técnica.
- Moledo, M. L., Rego, M. A. S., & Otero, A. G. (2012). Inmigración y educación. ¿Influye el nivel educativo de los padres en el rendimiento académico de los hijos?. Teoría de la Educación. *Revista Interuniversitaria*, 24(2), 129-148.
- OCDE (2013). *PISA 2012 results: What makes a school successful (volume IV): Resources, policies and practice*. Paris: OECD Publishing.
- OCDE (2016). *PISA 2015. Resultados clave*. París: OECD Publishing.
- Pongratz, L. (2013). La reforma educativa como estrategia gubernamental. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 17(2), 141-152.
- Rodríguez Mantilla, J. M., & Fernández Díaz, M. J. (2015). Diseño y validación de un instrumento de medida del clima en centros de Educación Secundaria. *Educación XX1*, 18(1), 71-98. <http://dx.doi.org/10.5944/educxx1.18.1.12312>
- Rodríguez, C. C., Delgado, P. S., & Bakieva, M. (2011). Actividades extraescolares y rendimiento académico: diferencias en autoconcepto y género. *Revista de Investigación Educativa*, 29(2), 447-465.
- Ruiz de Miguel, C. (2009). Las escuelas eficaces: un estudio multinivel de factores explicativos del rendimiento escolar en el área de matemáticas. *Revista de educación*, 348, 355-376.
- Ruiz-Ariza, A., Ruiz, J. R., de la Torre-Cruz, M., Latorre-Román, P., & Martínez-López, E. J. (2016). Influencia del nivel de atracción hacia la actividad física en el rendimiento académico de los adolescentes. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 48(1), 42-50.
- Snijders, T. A., & Bosker, R. (2012). *Multilevel Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Multilevel Modeling*. London: Sage Publishers.

- Stacey, K. (2015). The international assessment of mathematical literacy: PISA 2012 framework and items. In *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 771-790). Switzerland: Springer International Publishing.
- Van Ewijk, R., & Sleegers, P. (2010). The effect of peer socioeconomic status on student achievement: A meta-analysis, *Educational Research Review*, 5(2), 134-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2010.02.001>
- Villar, A. (2013). Rendimiento, esfuerzo y productividad: análisis de los resultados en matemáticas de los estudiantes españoles según PISA (2012). *PISA*, 118-139.
- Wheater, R. (2013). *Achievement of 15 year olds in England: PISA 2012 national report (OECD Programme for International Student Assessment)*. England: National Foundation for Educational Research.

**Contact address:** Jesús Miguel Rodríguez Mantilla. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación, Departamento de Investigación y Psicología en Educación. C/ Rector Royo Villanova, S/N, 28040, Madrid. E-mail: [jesusmro@ucm.es](mailto:jesusmro@ucm.es)