

revista de **EDUCACIÓN**

Nº 380 ABRIL-JUNIO 2018



**Alumnado español de alto y bajo rendimiento en ciencias en PISA 2015:
análisis del impacto de algunas variables de contexto**

**Spanish High and Low achievers in Science in PISA 2015: Impact
analysis of some contextual variables**

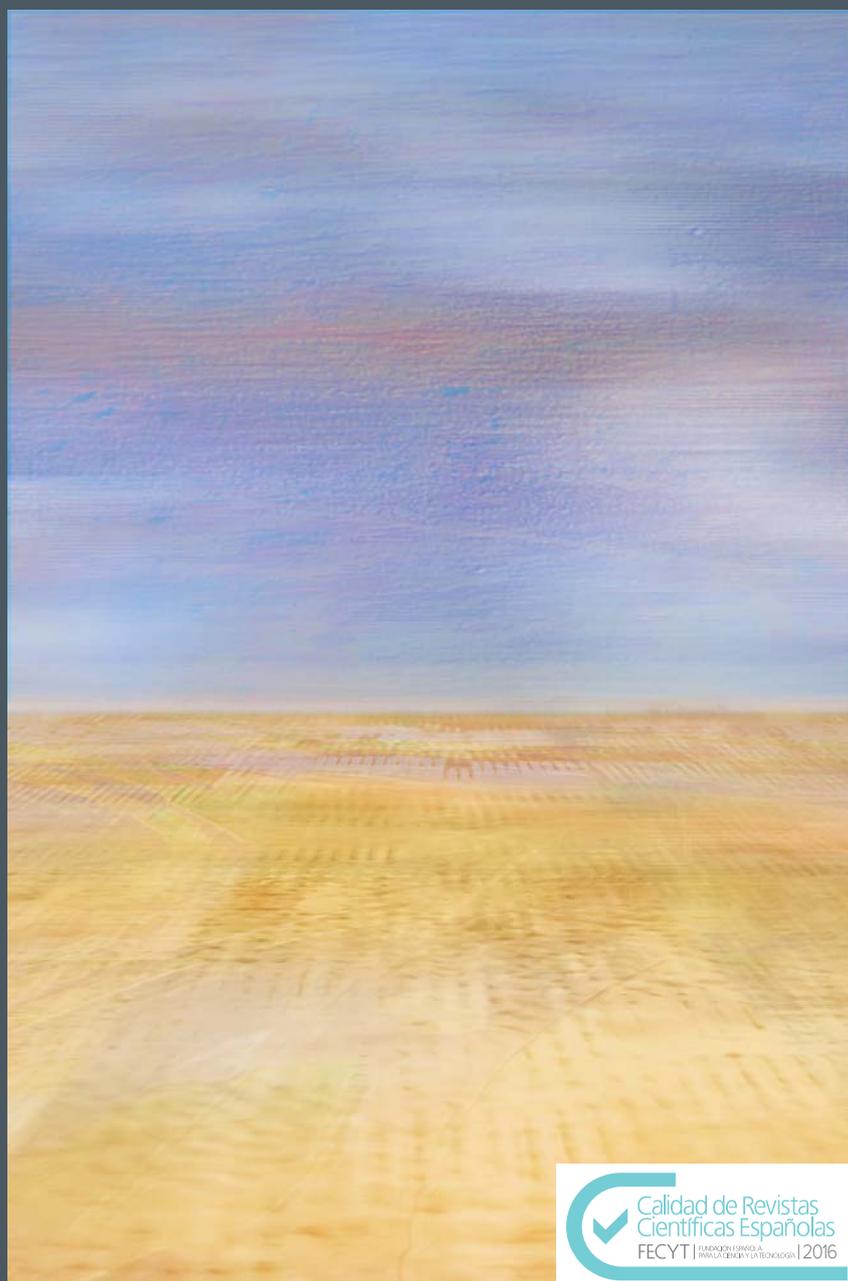
Javier Tourón

Emelina López-González

Luis Lizasoain Hernández

María José García San Pedro

Enrique Navarro Asencio



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, CULTURA
Y DEPORTE



Alumnado español de alto y bajo rendimiento en ciencias en PISA 2015: análisis del impacto de algunas variables de contexto¹

Spanish High and Low achievers in Science in PISA 2015: Impact analysis of some contextual variables

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-380-376

Javier Tourón

Universidad Internacional de La Rioja

Emelina López-González

Universidad de Valencia

Luis Lizasoain Hernández

Universidad del País Vasco

María José García San Pedro

Universidad Internacional de La Rioja

Enrique Navarro Asencio

Universidad Complutense de Madrid

Resumen

En línea con los resultados anteriores del programa PISA, la edición de 2015 evidencia que uno de los principales problemas del sistema educativo español es que casi el 20% del alumnado se sitúa en los dos niveles inferiores de desempeño, y sólo 5% del alumnado consigue alcanzar los niveles más altos de competencia en la materia de ciencias. En relación a estos datos, el objetivo de este trabajo es doble. En primer lugar, caracterizar los grupos extremos de rendimiento en

⁽¹⁾ Esta investigación ha sido financiada parcialmente por UNIR Research (<http://research.unir.net>), Universidad Internacional de La Rioja (<http://unir.net>), dentro del Plan de investigación 3 [2015-2017]

ciencias en el alumnado evaluado en PISA 2015. En segundo lugar, identificar las variables que tienen un impacto significativo en el desempeño de estos grupos a fin de generar información que permita intervenciones por parte de autoridades educativas o centros. Con esta intención se realiza un análisis secundario sobre la base de datos de estudiantes españoles de PISA 2015. Las variables que se analizan son indicadores de diversos constructos medidos en los cuestionarios de contexto aplicados a estudiantes, docentes y directivos.

Los resultados muestran que las variables que más diferencian entre los dos grupos extremos de estudiantes son las relacionadas con la autoeficacia percibida en ciencias, el interés y disfrute por las cuestiones científicas y las creencias epistemológicas, entre otras. En el ámbito de la escuela, el indicador con más peso es el relacionado con los comportamientos del alumnado que dificultan el aprendizaje. El conjunto de variables que compone este factor apunta a la importancia de un clima escolar que favorezca y potencie un adecuado ambiente de trabajo en el aula.

Palabras clave: PISA 2015; variables de contexto; rendimiento académico; rendimiento en ciencias; análisis secundario

Abstract

In line with the previous results, the 2015 edition of the PISA program shows that one of the main problems of the Spanish education system is that almost 20% of students are in the lower two levels of performance and only 5% of students achieve the highest levels of competence in science.

Firstly, this paper aims to characterize extreme performance groups of students in PISA 2015 Science. Second, to identify variables that have a significant impact on the performance of these groups in order to generate information that allows intervention by educational authorities or schools.

For this, a secondary analysis is performed on the database of PISA 2015 Spanish students. The variables analyzed in this paper are indicators of different constructs measured in the context questionnaires administered to students, teachers and principals.

The results show that the variables that most differentiate between the two extreme groups at student' level are those related to perceived self-efficacy in science, interest and enjoyment of scientific issues, epistemological beliefs, among others. And, at school level the most impact indicator is related to the behaviors that make learning difficult emerge. The set of variables that make up this factor point to the importance of a school climate that favors and enhances an adequate classroom work environment.

Key words: PISA 2015; context variables; academic achievement; science achievement; secondary analysis

Introducción

La Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OECD), a través de la estrategia del programa PISA, evalúa de forma sistemática desde 1997 la medida en que el alumnado de 15 años que cursa la educación obligatoria ha adquirido los conocimientos y habilidades necesarios para participar de forma activa en las sociedades modernas. La evaluación es trienal y se realiza en el área de matemáticas, comprensión lectora, ciencias y alfabetización financiera. Como en 2006, en la edición del año 2015 PISA se centró en el área de ciencias, con la particularidad de que fue la primera vez que se aplicó a través de ordenadores.

Uno de los principales problemas del sistema educativo español que se muestra en PISA 2015 es que se acumulan muchos estudiantes en los niveles bajos de logro en la materia de ciencias: casi 20% se sitúa en los dos niveles inferiores y, en cambio, sólo el 5% del alumnado alcanza los niveles más altos de competencia (Tabla I). Ocurre algo similar en el resto de materias evaluadas en ediciones anteriores de PISA (OECD, 2016).

TABLA I. Número de estudiantes en los niveles de competencia en PISA ciencias

Nivel competencial en ciencias	N ponderado	N	% ponderado	%
1b	16624	243	4,2	3,6
1a	56633	873	14,2	13
2	105055	1739	26,3	25,8
3	126974	2214	31,7	32,9
4	75258	1322	18,8	19,6
5	18361	324	4,6	4,8
6	1031	21	0,3	0,3
Total	399935	6736	100	100

Fuente: OECD (2016)

Esta realidad es inquietante y, a la vez, un tema pendiente de las políticas educativas españolas, tal y como apuntan varios expertos (Calero, Choi

y Waisgrais, 2010; Gaviria, 2004; Autor, 2011). Gaviria (2004) señala que lo verdaderamente preocupante de este contexto es que haya muy pocos alumnos en los niveles superiores, ya que eso nos habla de un sistema con poca capacidad de «bombeo» social (Gaviria, 2004). Esta cuestión está estrechamente vinculada con la equidad, porque el sistema educativo debería tener capacidad suficiente para incrementar la proporción de los alumnos hacia los niveles superiores de rendimiento, de forma tal que un alto porcentaje de este grupo de alumnos sería un indicador del correcto funcionamiento del sistema. De ahí que, como sostiene Gaviria (2004), “la igualdad, entendida como homogeneidad de los resultados, no puede convertirse en un objetivo de la política educativa. La homogeneidad en sí misma no es deseable, excepto si va acompañada de unos resultados medios muy altos. Ese sí debe ser un objetivo de acción política, el lograr el máximo rendimiento de todos y cada uno de los alumnos” (p.58).

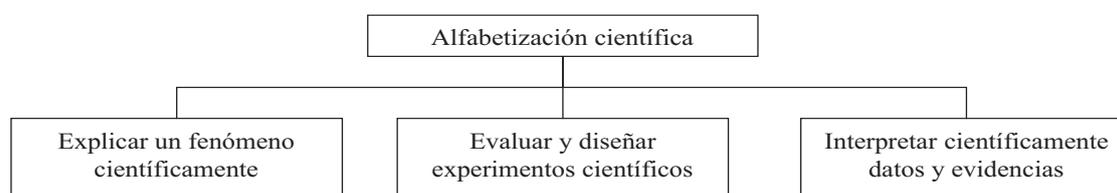
En esta línea, este trabajo se pregunta ¿cuáles son las variables de contexto que se relacionan con el rendimiento en ciencias de los grupos extremos de los estudiantes para la muestra de España? El interés está en identificar el perfil de los estudiantes de alto rendimiento y las características de los centros educativos que diferencian entre estos dos grupos de alumnos, en PISA 2015.

Rendimiento académico en ciencias

El presente trabajo se refiere al rendimiento en el área de ciencias porque es ésta la materia central de la evaluación de PISA 2015 y, en consecuencia, muchas de las variables de contexto se dirigen a extraer información sobre la preparación de la competencia científica.

La alfabetización científica se define en el programa PISA 2015 a través de las tres competencias que se señalan en la Figura I. Cabe destacar que este concepto ha ido evolucionando a través de las sucesivas ediciones del programa hasta la configuración actual, no implicando sólo el dominio de los conocimientos científicos y su comprensión epistemológica, sino también las actitudes que permiten al estudiante el desarrollo de una mayor conciencia sobre cuestiones vinculadas a la ciencia como ciudadano reflexivo, participativo y comprometido (OECD, 2016).

FIGURA I. Competencias implicadas en la alfabetización científica



Fuente: OECD, 2016, p.20, 24

Para caracterizar el rendimiento académico en ciencias PISA establece los siete niveles de desempeño que se presentan en la Tabla II. Se definen como estudiantes de “bajo rendimiento” aquellos que puntúan por debajo del nivel 2 en las pruebas. Este alumnado se desempeña básicamente en contextos próximos que requieren escasa transferencia. En el otro extremo, los alumnos con resultados en los niveles 5 y 6, se expresan con solvencia a través del lenguaje científico, interpretan y resuelven situaciones complejas en contextos no familiares y demuestran una reflexión fundamentada sobre las consecuencias científicas y tecnológicas de un fenómeno.

TABLA II. Niveles de rendimiento en ciencias definidos en el programa PISA

Dominio	Indicadores de desempeño competencial en ciencias
Nivel 1a y 1 b (min-335)	Evidencian conocimiento científico limitado. Edición 2015 agregado nivel para discriminar alumnos con mínimos conocimientos científicos. Pueden extraer conclusiones en contextos familiares.
Nivel 2 (410)	Pueden generar conclusiones de investigaciones sencillas.
Nivel 3 (484)	Pueden identificar temas científicos en variedad de contextos, aplicar principios, hechos y conocimientos científicos para explicar los fenómenos.
Nivel 4 (559)	Pueden abordar fenómenos y situaciones específicas, hacer inferencias sobre ciencia, reflejar y comunicar decisiones usando conocimiento científico y evidencia.
Nivel 5 (633)	Pueden identificar aspectos científicos en situaciones complejas y cotidianas, aplicar conceptos y conocimientos científicos a estas situaciones, comparar, seleccionar y evaluar evidencia científica apropiada para resolver situaciones en contextos reales.
Nivel 6 (708)	Pueden identificar, explicar y aplicar consistentemente el conocimiento científico y epistemológico en situaciones complejas y reales. Vincular diferentes fuentes de información y explicaciones, usar pruebas de esas fuentes para justificar decisiones. Manifiestan de forma clara y consistente el pensamiento y razonamiento científico avanzado (...).

Fuente: OECD (2007; 2016). Los números entre paréntesis indican la puntuación del nivel inferior de cada intervalo en la escala de rendimiento

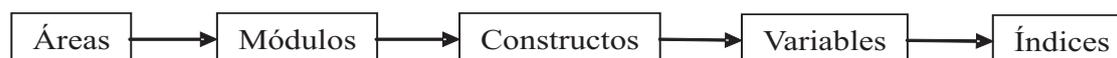
El planteamiento de este trabajo nos lleva a determinar qué variables caracterizan a los estudiantes con estos dos niveles de rendimiento extremo para así identificarlos y, eventualmente, establecer procesos educativos que mejoren esta situación. Por este motivo, analizar cuáles son las diferencias en las variables del contexto individual, familiar y escolar de estos dos grupos de estudiantes resultará útil para la comunidad educativa, pudiendo planificar una posterior atención más individualizada en ambos colectivos.

Rendimiento académico y variables de contexto

La relación entre rendimiento y variables de contexto en las evaluaciones PISA para el contexto español ha sido abordada por numerosos autores (Calero, Choi y Waisgrais, 2010; Cordero, Crespo y Pedraja, 2013; De La Orden y Jornet, 2012; Gaviria, 2003; González Barbera, Caso Niebla, Díaz López y López Ortega, 2012; Jornet, Autor y Autor, 2012; Autor, González Such y Autor, 2012; Autor, Autor, Castro y Autor, 2012).

El diseño de la evaluación de contexto de PISA 2015 es bastante complejo debido a la flexibilidad para incluir determinadas preguntas en los cuestionarios y formular numerosos ítems adaptados al contexto de cada país. Para su construcción, el grupo de expertos que lo llevó a cabo revisó las áreas de contenido descritas en anteriores programas PISA (resultados no cognitivos; antecedentes de los estudiantes; enseñanza y aprendizaje; políticas escolares y gobernabilidad). En PISA 2015 esas áreas se han diferenciado en 19 módulos. Los módulos son los elementos básicos de la evaluación de contexto y, a su vez, agrupan internamente diversos constructos. Las variables que se analizan en este trabajo son indicadores representativos de diversos constructos medidos en el cuestionario de contexto de estudiantes y de centros de PISA 2015. Un esquema sencillo de esta estructura se muestra en la Figura II.

FIGURA II. Esquema general del diseño de la evaluación de contexto de PISA 2015



La anterior estructura modular se desarrolla en la Figura III, situando los módulos dentro de una estructura más general de áreas de contenidos, tales como antecedentes, procesos y medidas o resultados. Además, se encuentran las áreas de enseñanza y aprendizaje (módulos 1, 2 y 12), políticas escolares (módulos 3, 13, 14, 15 y 16) y gobernabilidad (módulos 17, 18 y 19). La evaluación de contexto del diseño completo comprende la información obtenida con todos los cuestionarios de contexto, no sólo los de estudiantes y centros o escuelas, que son los que aquí se analizan.

FIGURA III. Estructura de módulos del diseño de la evaluación de contexto en PISA 2015.

	Antecedentes del estudiante (4)		Procesos			Medidas no cognitivas (1)
	Familia	Educación	Actores	Procesos centrales	Asignación de recursos	
Tópicos relacionados con la ciencia		5. Experiencia científica fuera de la escuela	1. Cualificación y conocimiento profesional del profesor	2. Prácticas de enseñanza de las ciencias	12. Tiempo de aprendizaje y currículum	4. Medidas relacionadas con la ciencia: motivación, interés, creencias
				Enseñanza y aprendizaje (2)		
Tópicos generales	7. Estatus socioeconómico y familiar del estudiante	9. Recorrido educativo en la primera infancia	14. Implicación de los padres	13. Clima escolar: relaciones interpersonales, confianza, expectativas	16. Recursos	6. Aspiraciones profesionales
	8. Etnia e inmigración		15. Liderazgo y gestión escolar	Políticas escolares (3)		10. Actitudes y conducta generales
			17. Lugar de toma de decisiones dentro del sistema escolar	19. Evaluación y rendición de cuentas	18. Asignación, selección y elección	11. Disposición para la resolución colaborativa de problemas
			Gobernanza (3)			

Fuente: OECD (2016, p. 107)

Por lo tanto, las variables de contexto en PISA abordan un gran número de constructos, clasificados en diversas áreas y módulos que acaban midiéndose a través de una serie de variables o indicadores que se resumen en la Tabla III. Este conjunto de variables e indicadores es analizado para establecer los posibles perfiles diferenciales de alto y

bajo rendimiento en ciencias. Su definición conceptual puede verse en el documento desarrollado por la OECD (2016).

TABLA III. Relación de variables/constructos de contexto analizados en este estudio y su vinculación con los módulos y áreas de contenidos de PISA 2015.

Variable /constructo	Constructo	Módulo	Área
- Autoeficacia en ciencia	Creencias autorrelacionadas	4. Medidas relacionadas con la ciencia	Medidas no cognitivas
- Interés temas generales de ciencia	Motivación para aprender ciencia		
- Disfrute de la ciencia			
- Motivación instrumental			
- Visión padres sobre la ciencia			
- Preocupación padres temas ambientales			
- Comentarios percibidos			
- Equidad del profesor			
- Creencias epistemológicas	Creencias acerca de ciencia		
- Conciencia ambiental			
- Optimismo ambiental			
- Personalidad: test de ansiedad	Creencias y actitudes autorrelacionadas con escuela	10. Actitudes y conductas en el dominio general	
- Atributos del estudiante, preferencias y creencias auto-relacionadas: motivación de logro			
- Bienestar subjetivo: sentido de pertenencia escuela	Bienestar subjetivo		
- Uso general de las TICs en escuela	TICs		
- Interés del estudiante por TICs			
- Uso de las TICs fuera de la escuela para trabajo escolar			
- Uso de las TICs fuera del tiempo libre escolar			
- Percepción de competencia en el uso de TICs			
- Autonomía percibida relacionada con uso de TIC			
- Estatus ocupacional esperado estudiante	Aspiraciones profesionales	6. Aspiraciones profesionales	
- Colaboración, trabajo en equipo: disfrute de la cooperación	Resolución colaborativa problemas	11. Resolución colaborativa de problemas	
- Colaboración, disposiciones de trabajo en equipo: cooperación en valores			

- Enseñanza y aprendizaje de ciencias basados investigación	Actividades enseñanza y aprendizaje	2. Prácticas de enseñanza de las ciencias	Procesos de enseñanza aprendizaje
- Índice actividades científicas			
- Clima disciplina clases ciencias	Dimensiones calidad enseñanza		
- Enseñanza ciencias dirigida por el profesor			
- Tiempo de aprendizaje (minutos/semana) –lengua-	Tiempo aprendizaje (dentro de escuela)	12. Tiempo de aprendizaje y currículum	
- Tiempo de aprendizaje (minutos/semana) -ciencia-			
- Tiempo de aprendizaje (minutos/semana) - total-			
- Total horas instrucción adicional	Tiempo aprendizaje (instrucción adicional)	5. Experiencia científica fuera de la escuela	
- Comparación lecciones ciencias de la escuela y apoyo adicional a la instrucción (media)			
- Comparación lecciones ciencias de la escuela e instrucción adicional relación profesor-estudiante			
- Comparación clases matemáticas y apoyo adicional instrucción (media)			
- Comparación lecciones matemáticas escolares y estructuración contenido instrucción adicional			
- Comparación matemáticas, lecciones escolares e instrucción adicional; relación profesor-alumno			
- Comportamiento estudiante que dificulta el aprendizaje	Clima escolar	13. Clima escolar	Política y gobernanza
- Comportamiento profesor que dificulta el aprendizaje			
- Apoyo emocional padres	Apoyo padres	14. Implicación parental	
- Apoyo parental actual para el aprendizaje en el hogar			
- Liderazgo educativo	Liderazgo	15. Liderazgo y gestión escolar	
- Liderazgo en la instrucción			
- Desarrollo profesional	Gestión escolar		
- Participación docente			
- Tamaño aula	Tamaño aula	16. Recursos	
- Escasez material educativo	Problemas falta recursos		
- Escasez personal docente			
- Autonomía centro	Toma decisiones	17. Locus toma decisiones	
- Responsabilidad en currículum			
- Responsabilidad recursos			
- Tamaño centro	Tamaño centro	3. Entorno escolar aprendizaje ciencia	
- Índice recursos específicos ciencias	Recursos disponibles		
- Índice proporción profesores nivel ISCED 5A, licenciatura	Cualificación del personal docente de ciencias		
- Índice proporción profesores ciencias certificados			
- Índice proporción profesores ciencias con nivel ISCED 5A y especialidad ciencias			

- Nivel ocupacional madre	Nivel ocupacional padres	7. Estatus socioeconómico estudiante y familia	Antecedentes del estudiante
- Nivel ocupacional padre			
- Índice posición ocupacional más alta padres			
- Índice situación económica, social y cultural	Estatus socioeconómico familiar		
- Riqueza familiar			
- Bienes hogar			
- TICs disponibles hogar (índice)	Recursos familiares en TIC		
- Recursos TIC			
- Posesiones culturales	Recursos educativos y culturales hogar		
- Recursos educativos			
- Número cambios escolares	Recorrido educativo de la infancia	9. Recorrido educativo anterior	
- Número cambios biografía educativa			
- Actividades científicas anteriores niño			

El objetivo general del presente trabajo es caracterizar a los estudiantes de alto y bajo rendimiento en la evaluación PISA 2015, en lo que respecta a los constructos de contexto medidos en los cuestionarios de estudiante y de centros. Para tal fin se plantean específicamente: analizar las diferencias en los índices vinculados a las características de los estudiantes y de los centros, producidas por la pertenencia al grupo de rendimiento extremo y analizar la contribución de los índices vinculados a las características de los estudiantes y de los centros a la diferenciación de los grupos de rendimiento extremo.

Método

Este trabajo lleva a cabo un análisis secundario de los datos de PISA 2015 del alumnado español. Se realiza una estrategia metodológica descriptiva y exploratoria que alcanza un nivel de indagación relacional, según la clasificación que establecen Rosenthal y Rosnow (2008).

En primer lugar, se realiza un estudio inicial de los índices de los estudiantes y de los centros que muestran diferencias significativas explicadas por la pertenencia a los grupos de rendimiento; estas diferencias se establecen mediante el contraste *t* de Student de grupos independientes. En segundo lugar, se analiza la aportación de los índices significativos a la explicación de esas diferencias utilizando la técnica de árboles de decisión, como se describe más adelante en la sección de procedimiento.

Muestra

Los estudiantes seleccionados para este estudio forman parte de la muestra española que participó en la evaluación PISA 2015. Concretamente, se han utilizado aquellos estudiantes situados en los dos niveles superiores de rendimiento en ciencias (niveles 5 y 6 de la escala de rendimiento) y los que se encontraban en los dos niveles inferiores (niveles 1a y 1b), como se muestra en la Tabla IV.

TABLA IV. Número de estudiantes de los grupos extremos ponderado y sin ponderar

Nivel	N ponderado	N	% ponderado	%
1a y 1b	73256	1116	79,1	76,4
5 y 6	19392	345	20,9	23,6
Total	92648	1461	100	100

Fuente: Elaboración propia a partir de OECD (2016)

Variables

La evaluación PISA establece siete niveles de competencia en ciencias (1a, 1b, 2, 3, 4, 5 y 6) para llevar a cabo una interpretación cualitativa del dominio de los estudiantes que alcanzan una determinada puntuación de rendimiento. La variable de resultados empleada aquí utiliza esos niveles para seleccionar dos grupos extremos: alumnos que se encuentran en la parte inferior de la distribución de puntuaciones, niveles 1a y 1b – puntuaciones inferiores a 335–, y aquellos que se sitúan en la parte superior, niveles 5 y 6 –puntuaciones superiores a 633–. Por tanto, es una variable de métrica cualitativa dicotómica.

Se utiliza también la variable de ponderación de cada estudiante de la muestra porque el proceso de selección muestral que realiza esta evaluación provoca que haya distinta probabilidad de selección en función del tamaño de la escuela. En consecuencia, el peso es la inversa de tal probabilidad.

Finalmente, se han utilizado las variables de contexto del estudiante y de la escuela presentadas como índices en la evaluación PISA; éstas tienen un doble papel en el estudio. En los dos primeros objetivos tienen

el rol de variables dependientes porque se emplean para determinar la existencia de diferencias en sus valores según el grupo de rendimiento. En el siguiente, una vez identificados los índices del contexto del estudiante y la escuela con diferencias significativas entre los grupos de rendimiento extremo, actuarán como variables predictoras para estudiar su relación en la determinación de los grupos de rendimiento extremos. Una descripción detallada de los índices utilizados se ha mostrado anteriormente en la Tabla III; también más adelante, en el apartado de resultados, se presentan en tablas separadas los índices del contexto del estudiante y los de la escuela (Tablas V y VI).

Procedimiento

En primer lugar, se construyó la variable que agrupa a los estudiantes a partir de sus niveles de rendimiento, empleando para ello los puntos de corte que establece la OECD para construir los niveles de competencia (OECD, 2016). A continuación, se fusionaron las bases de datos de estudiantes y centros en un único archivo y se añadió a cada sujeto las características de su centro correspondiente.

El primer análisis estudia las diferencias existentes en las medias de los índices de contexto (estudiantes y escuelas) explicadas por el grupo de rendimiento. Debido a la naturaleza cuantitativa continua de esos índices se ha empleado la prueba *t* de Student para grupos independientes.

El segundo análisis estudia el efecto de las variables contextuales en la caracterización de los grupos extremos con la técnica de segmentación de datos conocida como árboles de decisión. Ésta es una de las técnicas más populares dentro de la metodología *Data Mining* (Gervilla y Palmer, 2009) y tiene la ventaja de no imponer restricciones acerca de la métrica de las variables, pudiendo ser de cualquier tipo (Autor; Joaristi; Santiago; Lukas; Moyano; Sedano y Munárriz, 2003; Autor y Joaristi, 2010). Los árboles de decisión, o clasificación, son diagramas de flujo formados por ramas y hojas (nodos), que representan una división de la población de interés en subgrupos, en función de las características estudiadas, a partir de las variables predictoras. Es decir, establece subcategorías, nodos, para determinar su aportación en la variable criterio. En este caso, por ejemplo, permite determinar la cantidad de estudiantes de cada grupo de rendimiento extremo que tiene distintos niveles, y si esas diferencias son estadísticamente significativas. Esos niveles generados por los predictores son los nodos.

Dentro de los distintos procedimientos posibles (CHAID, CART, QUEST) se ha seleccionado el procedimiento *Chi-squared Automatic Interaction Detector* (CHAID), que construye árboles no dicotómicos, adecuado para grandes tamaños muestrales y para variables dependientes categóricas, como es el caso. Se emplea como estadístico de contraste *chi-cuadrado*.

Resultados

En primer lugar se presentan los resultados significativos de las diferencias de medias de los grupos extremos en los índices sobre el contexto del estudiante y de la escuela (Tablas V y VI). En un segundo apartado se muestra el estudio con los árboles de decisión para determinar cuáles son las variables que ayudan a definir los grupos de rendimiento. Como anexo se incluye un resumen de los mapas árbol. Debido a que el tamaño original de la figura complica su presentación, se ha puesto la atención en algunos de los subgrupos generados a partir del predictor con mayor poder discriminativo, tanto para los estudiantes como para las escuelas (Figuras IV a VI) y, principalmente, para los grupos extremos y centrales.

Antes de comenzar la descripción de los resultados conviene mencionar que la mayoría de índices están contruidos con procedimientos factoriales que generan puntuaciones tipificadas para la muestra internacional de PISA, por lo que el valor cero señala el valor medio internacional. Otros índices están contruidos de diversas formas. Por ejemplo, “posesiones TIC en el hogar”, “equidad del profesor” (o más bien inequidad), “participación del docente” o “recursos específicos de ciencias” de la escuela, son la suma de las respuestas a varios ítems. La “autonomía escolar” es un promedio de variables. Otros factores indican “tiempo de aprendizaje” en minutos por semana o en horas. En los “tamaños del aula y del centro” se emplea el número de estudiantes. Otros son proporciones, como la “cualificación del personal docente”. El “nº de cambios de escuela” o el “nº de cambios en la biografía educativa” son cantidades directas. Finalmente, “niveles ocupacionales” se presenta en otro tipo de escala.

Comparaciones de medias en los índices de contexto del estudiante y de la escuela

Los índices de contexto del estudiante que muestran mayores diferencias significativas entre los grupos de rendimiento extremo son: “percepción de

autoeficacia”, “actividades científicas”, “enseñanza de las ciencias dirigida por el profesor” ($t=-147,474$), “creencias epistemológicas” ($t=-135,41$) y “conciencia ambiental” ($t=-126,106$), “interés en temas generales de ciencia” ($t=-142,265$) y “disfrute de las ciencias” ($t=-215,845$), “motivación de logro” ($t=-105,255$), “ansiedad ante los test” ($t=-70,922$), “estatus ocupacional esperado” ($t=-163,287$), “autonomía percibida respecto al uso de tecnología” ($t=-71,645$), “tiempo de aprendizaje para las ciencias” ($t=-146,782$), “apoyo emocional de los padres” ($t=-59,369$), “niveles ocupacionales del padre y la madre” (entre $t=-88,506$ y $t=-127,491$), “posesiones en el hogar” ($t=-76,877$ y $t=-118,847$), índices de “estatus socioeconómico familiar” (entre $t=-83,615$ y $t=-156,424$), “recursos TIC en casa” ($t=-82,813$ y $t=-92,166$), “recursos culturales en casa” e índices de “recorrido educativo” (entre $t=-83,615$ y $t=-156,424$). En este último constructo los estudiantes de alto rendimiento han tenido un menor “número de cambios escolares” ($t=73,882$) y de “cambios en la biografía educativa” ($t=93,096$), y han realizado un mayor número de “actividades científicas anteriores” ($t=-80,684$).

En las anteriores variables se repite el mismo patrón: los estudiantes con bajo nivel de logro en ciencias tienen valores en esos índices por debajo de la media internacional (valores negativos); los de alto nivel competencial muestran valores por encima del promedio internacional. Por ejemplo, en “disfrute de las ciencias” el nivel se aleja más de una desviación típica por encima de esa media.

Una cuestión a destacar es que, mientras que la “conciencia ambiental” es mucho más alta en el alumnado de alto rendimiento, el “optimismo sobre la mejora del medio ambiente” es más alto en los estudiantes de bajo rendimiento, situándose por encima de la media internacional. En ese índice los estudiantes de alto rendimiento obtienen puntuaciones cercanas a la media.

La “motivación instrumental” para aprender ciencias ($t=-100,628$) y la “visión de los padres sobre la ciencia” ($t=-95,595$) muestran valores por encima de la media en los dos grupos, aunque los estudiantes de alto rendimiento tienen valores más elevados.

Otro aspecto destacable son los índices de “trabajo colaborativo”: los estudiantes de alto rendimiento disfrutaban con este tipo de trabajo más que los de bajo rendimiento ($t=-57,387$); sin embargo, cuando señalan el “valor de la cooperación”, son los de bajo rendimiento los que obtienen mayores puntuaciones ($t=53,68$).

TABLA V. Estadísticos descriptivos de los índices de contexto del estudiante en los grupos extremos de rendimiento y significación de las diferencias (*t* Student).

Constructo	Variable/indicador	Grupos	N	Media	D.T	t																																																																																																																																													
Creencias autorrelacionadas	- Autoeficacia ciencia	1a y 1b	60858	-0,586	1,533	-147,474*																																																																																																																																													
		5 y 6	19326	0,783	0,957		Actividades enseñanza aprendizaje	- Enseñanza y aprendizaje ciencias basada en investigación	1a y 1b	55128	-0,097	1,153	27,12*	5 y 6	19149	-0,301	0,789	- Índice actividades científicas	1a y 1b	61721	-0,327	1,316	-90,991*	5 y 6	19223	0,393	0,816	Calidad enseñanza-	- Clima disciplina clase	1a y 1b	57156	-0,283	0,977	-43,915*	5 y 6	19149	0,061	0,925	- Enseñanza ciencias dirigida por profesor	1a y 1b	54149	-0,150	0,944	-63,257*	5 y 6	19149	0,282	0,761	Creencias acerca ciencia	- Creencias epistemológicas	1a y 1b	60661	-0,430	0,997	-135,41*	5 y 6	19186	0,677	0,950	- Conciencia ambiental	1a y 1b	63226	-0,455	1,133	-126,106*	5 y 6	19326	0,724	1,138	- Optimismo ambiental	1a y 1b	64035	0,465	1,317	50,566*	5 y 6	19326	0,015	1,003	Motivación aprender ciencia	- Interés temas generales ciencia	1a y 1b	62781	-0,256	1,059	-145,265*	5 y 6	19326	0,684	0,681	- Disfrute ciencia	1a y 1b	64300	-0,504	1,031	-215,845*	5 y 6	19326	1,109	0,872	- Motivación instrumental	1a y 1b	61839	0,096	0,974	-100,628*	5 y 6	19290	0,899	0,946	- Visión padres sobre ciencia	1a y 1b	40415	0,147	1,059	-95,595*	5 y 6	14637	0,994	0,863	- Preocupación padres temas ambientales	1a y 1b	40669	0,478	0,978	-16,562*	5 y 6	14694	0,601	0,690	- Opinión padres temas futuro ambiente	1a y 1b	40529	0,232	1,193	16,401*	5 y 6	14694	0,064	1,011	- Equidad profesor	1a y 1b	70321	10,020	4,067	61,979*	5 y 6
Actividades enseñanza aprendizaje	- Enseñanza y aprendizaje ciencias basada en investigación	1a y 1b	55128	-0,097	1,153	27,12*																																																																																																																																													
		5 y 6	19149	-0,301	0,789																																																																																																																																														
	- Índice actividades científicas	1a y 1b	61721	-0,327	1,316	-90,991*																																																																																																																																													
		5 y 6	19223	0,393	0,816																																																																																																																																														
Calidad enseñanza-	- Clima disciplina clase	1a y 1b	57156	-0,283	0,977	-43,915*																																																																																																																																													
		5 y 6	19149	0,061	0,925																																																																																																																																														
	- Enseñanza ciencias dirigida por profesor	1a y 1b	54149	-0,150	0,944	-63,257*																																																																																																																																													
		5 y 6	19149	0,282	0,761																																																																																																																																														
Creencias acerca ciencia	- Creencias epistemológicas	1a y 1b	60661	-0,430	0,997	-135,41*																																																																																																																																													
		5 y 6	19186	0,677	0,950																																																																																																																																														
	- Conciencia ambiental	1a y 1b	63226	-0,455	1,133	-126,106*																																																																																																																																													
		5 y 6	19326	0,724	1,138																																																																																																																																														
	- Optimismo ambiental	1a y 1b	64035	0,465	1,317	50,566*																																																																																																																																													
		5 y 6	19326	0,015	1,003																																																																																																																																														
Motivación aprender ciencia	- Interés temas generales ciencia	1a y 1b	62781	-0,256	1,059	-145,265*																																																																																																																																													
		5 y 6	19326	0,684	0,681																																																																																																																																														
	- Disfrute ciencia	1a y 1b	64300	-0,504	1,031	-215,845*																																																																																																																																													
		5 y 6	19326	1,109	0,872																																																																																																																																														
	- Motivación instrumental	1a y 1b	61839	0,096	0,974	-100,628*																																																																																																																																													
		5 y 6	19290	0,899	0,946																																																																																																																																														
	- Visión padres sobre ciencia	1a y 1b	40415	0,147	1,059	-95,595*																																																																																																																																													
		5 y 6	14637	0,994	0,863																																																																																																																																														
	- Preocupación padres temas ambientales	1a y 1b	40669	0,478	0,978	-16,562*																																																																																																																																													
		5 y 6	14694	0,601	0,690																																																																																																																																														
	- Opinión padres temas futuro ambiente	1a y 1b	40529	0,232	1,193	16,401*																																																																																																																																													
		5 y 6	14694	0,064	1,011																																																																																																																																														
	- Equidad profesor	1a y 1b	70321	10,020	4,067	61,979*																																																																																																																																													
		5 y 6	19392	8,390	2,964																																																																																																																																														

Creencias y actitudes autorrelacionadas escuela	- Personalidad: test ansiedad	1a y 1b	70568	0,472	0,936	70,922*
		5 y 6	19386	-0,036	0,869	
	- Actitudes estudiantes: motivación logro	1a y 1b	70082	-0,436	0,913	-105,255*
		5 y 6	19386	0,336	0,902	
Bienestar subjetivo	- Sentido pertenencia escuela	1a y 1b	69859	0,356	1,201	-7,186*
		5 y 6	19386	0,418	1,020	
Aspiraciones profesionales	- Estatus ocupacional esperado estudiante	1a y 1b	63143	50,340	16,632	-163,287*
		5 y 6	17186	69,354	12,559	
TICs	- Uso general TICs escuela	1a y 1b	63323	0,020	1,059	15,779*
		5 y 6	19076	-0,086	0,715	
	- Interés estudiante por TICs	1a y 1b	62256	-0,011	1,197	-35,278*
		5 y 6	19111	0,251	0,783	
	- Uso TICs fuera escuela para trabajo escolar	1a y 1b	62375	-0,049	1,130	17,253*
		5 y 6	19296	-0,161	0,655	
	- Uso TICs fuera tiempo libre escolar	1a y 1b	65416	-0,178	1,008	-20,228*
		5 y 6	19355	-0,066	0,541	
	- Percepción competencia uso TICs	1a y 1b	60523	-0,030	1,060	-42,297*
		5 y 6	19111	0,333	0,941	
- Autonomía percibida relacionada uso TICs	1a y 1b	60717	-0,103	1,050	-71,645*	
	5 y 6	19074	0,498	0,997		
Trabajo cooperativo	- Colaboración y trabajo equipo: disfrute cooperación	1a y 1b	70231	-0,058	1,069	-57,387*
		5 y 6	19386	0,405	0,972	
	- Colaboración y disposiciones trabajo en equipo: valor de la cooperación	1a y 1b	70213	0,258	1,027	53,68*
		5 y 6	19386	-0,175	0,986	

Tiempo de aprendizaje	- Tiempo aprendizaje (minutos/ semana) -ciencia-	1a y 1b	65645	165,620	112,103	-146,782*
		5 y 6	19257	286,750	97,093	
	- Tiempo aprendizaje (minutos/semana) - total-	1a y 1b	55616	1633,280	552,270	-25,883*
		5 y 6	18990	1710,360	253,504	
	- Total horas instrucción adicional	1a y 1b	54763	26,010	31,469	117,84*
		5 y 6	18149	7,920	9,959	
	- Comparación lecciones ciencias escuela y apoyo adicional instrucción	1a y 1b	26127	-0,104	0,590	-61,015*
		5 y 6	2091	0,502	0,422	
	- Comparación lecciones ciencias escuela y estructura instrucción adicional	1a y 1b	25623	-0,166	0,485	-7,738*
		5 y 6	2037	-0,093	0,405	
	- Comparación lecciones ciencias escuela e instrucción adicional, contenidos	1a y 1b	25611	-0,136	0,553	-23,632*
		5 y 6	2037	0,080	0,382	
	- Comparación lecciones ciencias escuela e instrucción adicional, relación profesor-estudiante	1a y 1b	26236	-0,176	0,573	-49,145*
		5 y 6	2037	0,370	0,476	
	- Comparación clases matemáticas y apoyo adicional instrucción	1a y 1b	31497	-0,045	0,592	-47,35*
		5 y 6	2843	0,484	0,569	
	- Comparación lecciones matemáticas y estructuración contenido instrucción adicional	1a y 1b	30536	-0,096	0,541	-28,343*
		5 y 6	2843	0,212	0,555	
	- Comparación matemáticas, lecciones escolares e instrucción adicional relación profesor-alumno	1a y 1b	31284	-0,080	0,563	-56,76*
		5 y 6	2843	0,469	0,486	
Apoyo familiar	- Apoyo parental actual aprendizaje hogar	1a y 1b	41611	0,085	1,138	-30,48*
		5 y 6	14611	0,350	0,807	
	- Apoyo emocional de padres	1a y 1b	41511	-0,215	1,104	-59,369*
		5 y 6	14739	0,283	0,777	
Nivel ocupacional padres	- Índice posición ocupacional más alta padres	1a y 1b	64242	36,490	20,169	-127,491*
		5 y 6	19113	58,900	21,666	
	- Nivel ocupacional madre	1a y 1b	45168	32,690	20,350	-88,506*
		5 y 6	16140	50,420	22,349	
	- Nivel ocupacional padre	1a y 1b	57271	32,100	17,515	-110,315
		5 y 6	18128	52,830	23,306	

Estatus socioeconómico familiar	- Bienes hogar	1a y 1b	71649	-0,433	0,888	-151,392*
		5 y 6	19386	0,530	0,755	
	- Riqueza familiar	1a y 1b	71577	-0,198	0,894	-83,615*
		5 y 6	19386	0,334	0,753	
	- Índice ISEC	1a y 1b	71868	-1,210	1,095	-156,424*
		5 y 6	19392	0,162	1,039	
Recursos familiares TIC	- TICs disponibles hogar (índice)	1a y 1b	61852	8,120	2,178	-82,813*
		5 y 6	18839	9,180	1,290	
	- Recursos TIC	1a y 1b	71504	-0,384	0,923	-92,166*
		5 y 6	19386	0,197	0,733	
Recursos educativos y culturales hogar	- Posesiones culturales	1a y 1b	70686	-0,356	0,850	-118,847*
		5 y 6	19386	0,593	1,019	
	- Recursos educativos	1a y 1b	71313	-0,371	0,997	-76,877*
		5 y 6	19386	0,168	0,826	
Recorrido educativo	- Número cambios escolares	1a y 1b	62077	0,650	0,805	73,882*
		5 y 6	19129	0,260	0,572	
	- Número cambios biografía educativa	1a y 1b	61941	0,930	1,104	93,096*
		5 y 6	19045	0,310	0,698	
	- Actividades científicas anteriores niño	1a y 1b	41113	-0,232	1,026	-80,684*
		5 y 6	14683	0,437	0,797	

*p<0,001

En la Tabla VI se presentan los indicadores de contexto de la escuela que muestran diferencias entre los dos grupos de rendimiento extremo. Destaca la “responsabilidad en los recursos” que tiene el centro ($t=47,463$), ya que en ambos grupos se sitúa por debajo de la media internacional, siendo mayor en las escuelas que incluyen estudiantes de alto rendimiento.

En términos promedios existe una mayor “escasez de material” ($t=20,385$) y “escasez de personal” ($t=22,332$) en los centros con estudiantes de bajo rendimiento que en los centros con estudiantes de alto nivel de competencia en ciencias. Aunque en ambos casos son valores por encima de la media internacional.

Los “problemas de comportamiento del estudiante” ($t=69,502$) son más elevados y están por encima de la media internacional en los centros con

estudiantes de bajo rendimiento. Sin embargo, los centros con estudiantes de alto rendimiento tienen menos problemas de este tipo. Ocurre algo similar con los “problemas de comportamiento del docente” ($t=26,765$) pero, en este caso, en los centros con estudiantes de bajo rendimiento el valor del índice es cero, es decir, coincide con el promedio internacional.

TABLA VI. Estadísticos descriptivos de los índices de contexto de la escuela en los grupos extremos de rendimiento y significación de las diferencias (t de Student)

Constructo	Variable/indicador	Grupos	N	Media	D.T	t
Tamaño	- Tamaño centro	1a y 1b	70240	680,780	393,089	-21,679**
		5 y 6	18137	749,000	373,755	
	- Tamaño aula	1a y 1b	73154	26,600	6,878	-11,132**
		5 y 6	19353	27,230	7,018	
Liderazgo	- Liderazgo educativo	1a y 1b	73154	-0,159	0,707	21,206
		5 y 6	19353	-0,292	0,788	
	- Liderazgo instrucción	1a y 1b	71393	-0,432	0,897	-2,422*
		5 y 6	18857	-0,414	0,886	
Gestión escolar	- Desarrollo profesional	1a y 1b	70396	0,314	1,023	47,278**
		5 y 6	19053	-0,084	1,032	
	- Participación docente	1a y 1b	73179	2,930	1,466	-10,665**
		5 y 6	19392	3,070	1,612	
Toma decisiones	- Responsabilidad currículum	1a y 1b	73256	-0,444	0,684	-8,442**
		5 y 6	19392	-0,394	0,743	
	- Responsabilidad recursos	1a y 1b	73256	-0,526	0,333	-47,463**
		5 y 6	19392	-0,348	0,493	
	- Autonomía centro	1a y 1b	73179	0,540	0,160	-35,376**
		5 y 6	19392	0,594	0,196	

Problemas recursos	- Escasez material	1a y 1b	73139	0,438	1,175	20,385**
		5 y 6	19371	0,229	1,291	
	- Escasez personal	1a y 1b	73139	0,431	0,962	22,332**
		5 y 6	19371	0,245	1,044	
Cualificación personal docente	- Índice proporción profesores nivel ISCED 5A, licenciatura	1a y 1b	59505	0,847	0,313	17,567**
		5 y 6	15458	0,796	0,321	
	- Índice proporción profesores nivel ISCED 5A, máster	1a y 1b	50593	0,190	0,318	-10,913**
		5 y 6	13790	0,223	0,307	
	- Índice proporción de profesores certificados	1a y 1b	65357	0,889	0,282	-4,156**
		5 y 6	16814	0,899	0,263	
	- Índice proporción profesores ciencias certificados	1a y 1b	71155	0,963	0,179	17,801**
		5 y 6	17973	0,931	0,227	
	- Índice proporción profesores ciencias nivel ISCED 5A y especialidad ciencias	1a y 1b	63349	0,838	0,334	17,035**
		5 y 6	17320	0,785	0,372	
Recursos disponibles	- Recursos específicos ciencias	1a y 1b	73154	4,160	1,899	-26,142**
		5 y 6	19353	4,560	1,850	
Problemas comportamiento	- Del estudiante	1a y 1b	73139	0,137	0,968	69,502**
		5 y 6	19371	-0,441	1,043	
	- Del profesor	1a y 1b	73139	-0,006	1,027	26,765**
		5 y 6	19371	-0,248	1,146	

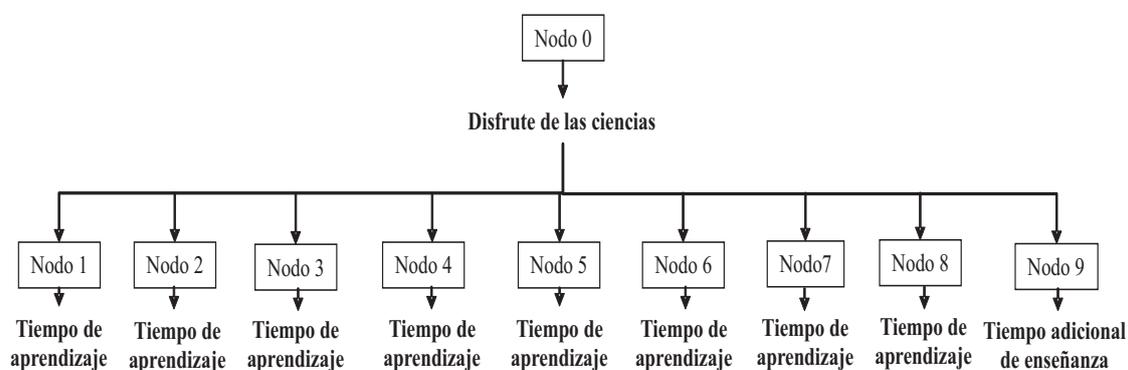
*p<0,05; **p<0,001

En esta primera fase del estudio se han seleccionado los constructos y variables del estudiante y de la escuela con diferencias significativas entre los grupos de rendimiento extremo y que, por tanto, se utilizan como predictores en el posterior análisis de caracterización de los grupos. De este primer análisis conviene destacar la existencia de variables susceptibles de modificación, tanto a nivel de estudiante como de escuela.

Árboles de decisión

En primer lugar se ha analizado el comportamiento que tienen los índices de contexto del estudiante en la determinación de los grupos de rendimiento. De esta forma se identifican y ordenan las variables que ayudan a determinar los niveles extremos, es decir, aquellos predictores que generan grupos (nodos) que maximizan la diferencia con respecto a la variable dependiente (pertenencia a uno de los dos grupos extremos). Ésta es una de las principales aplicaciones de los árboles de decisión, en cierta medida equiparable a técnicas más clásicas como la regresión o el análisis discriminante. Pero, además, esta técnica posibilita estudios diferenciales examinando posibles efectos de interacción en capas profundas del árbol, permitiendo así no sólo ordenar por capacidad de influencia las variables predictoras para todo el grupo, sino también detectar variables que explican varianza en determinados nodos. Para facilitar la interpretación de los resultados se han construido unas figuras que resumen la información de los árboles originales (Figuras IV y V).

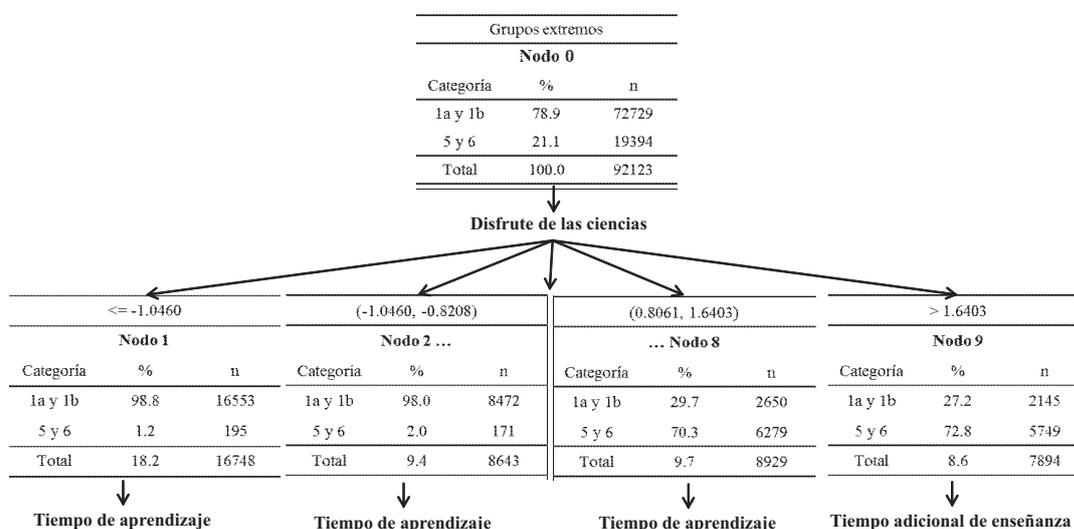
FIGURA IV. Esquema del primer nivel generado por la variable “disfrute de las ciencias”



La variable con mayor poder discriminativo es “disfrute de las ciencias” (nodo 0), siendo el índice que diferencia más claramente los dos grupos extremos de rendimiento. Este primer nodo crea nueve subgrupos distintos en función de las puntuaciones obtenidas en el índice (Figura IV). Los nodos inferiores (1 y 2) representan los menores valores de “disfrute de las ciencias” y, como se observa (Figura V), se componen

principalmente por estudiantes del grupo de rendimiento bajo: más del 95% de los estudiantes que componen esas categorías. A medida que aumenta la puntuación de “disfrute de las ciencias” (nodos 8 y 9), la proporción de estudiantes de alto rendimiento también va aumentando (más del 70% configura esos subgrupos). El “tiempo de aprendizaje” es la siguiente variable con mayor poder discriminativo en todos los subgrupos, excepto el compuesto por los estudiantes con mayor nivel de “disfrute de la ciencia” (nodo 9). En ese caso, es el “tiempo adicional de enseñanza” el que conforma los nodos del siguiente nivel (Figura V), lo que indica que en los estudiantes que más disfrutaban de las ciencias, la siguiente variable con peso en la determinación de su grupo de rendimiento es ese tiempo de instrucción adicional que dedican a la ciencia fuera de la escuela; para el resto, es el tiempo que dedican al aprendizaje escolar de los contenidos de ciencia.

FIGURA V. Nodos extremos generados por las bajas y altas puntuaciones en la variable “disfrute de las ciencias”



Para seguir examinando el papel de las variables de contexto del estudiante en la determinación de los grupos, se repite el procedimiento anterior eliminando ahora del conjunto de predictores los ya previamente estudiados. Por lo tanto se trata de un proceso exploratorio que, como resultado, ofrece una lista de variables ordenadas por relevancia en función

de su nivel de asociación con la dependiente; en cierta medida es similar al proceso de los denominados bosques aleatorios (*Random Forests*) de Breiman (2001). Por tanto, se repite el árbol de decisión quitando la variable “disfrute de la ciencia” del conjunto. La siguiente variable en salir es “tiempo de aprendizaje en ciencia” (como antes habíamos apuntado). Para un tercer árbol se elimina ésta, de modo que la primera variable de segmentación pasa a ser el “tiempo de aprendizaje”. Si proseguimos, la lista ordenada resultante de las diez primeras variables que nos permiten caracterizar los grupos es la siguiente:

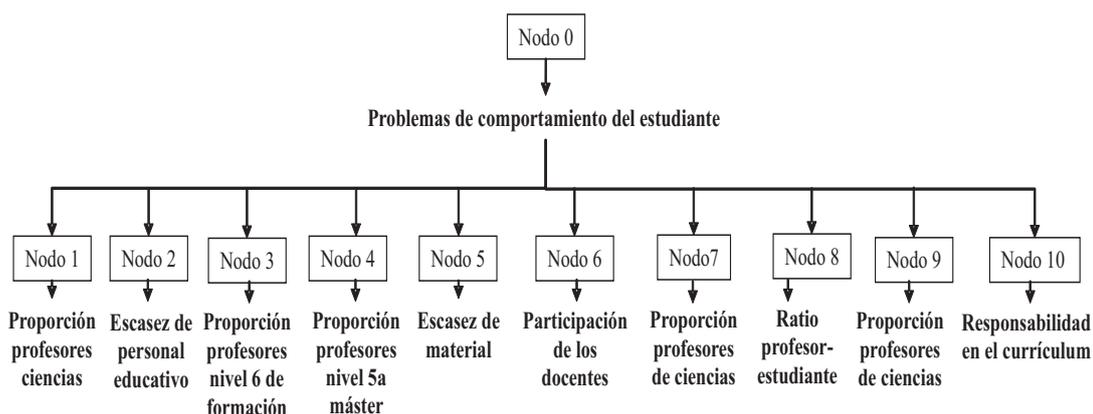
- 1.- Disfrutar de la ciencia
- 2.- Tiempo de aprendizaje en ciencias
- 3.- Autoeficacia percibida en ciencias
- 4.- Creencias epistemológicas
- 5.- Número de dominios de aprendizaje con instrucción adicional en ciencias
- 6.- Nivel socioeconómico
- 7.- Interés en temas de ciencia
- 8.- Preocupación por el medio ambiente
- 9.- Posesiones en el hogar
- 10.- Expectativas laborales

Para los índices de contexto de la escuela se aplica el mismo procedimiento (Figuras VI y VII). La primera variable de segmentación es “problemas de comportamiento del estudiante”. Se trata de un índice compuesto por variables que provocan dificultades en el aprendizaje de los estudiantes: absentismo, faltar a clases, falta de respeto al docente, uso de alcohol o drogas, acoso, etc. El algoritmo ha generado diez nodos en función de las puntuaciones en la primera segmentación. Presentamos en la Figura VII los nodos bajos, medios y altos.

El primer nodo está formado por 9432 estudiantes de centros (una vez aplicada la ponderación), donde este índice obtiene valores muy bajos (menores que -1.44), es decir, escuelas con estudiantes menos problemáticos. Aquí es donde la proporción relativa de estudiantes de los niveles 5 y 6 es mayor (aproximadamente 50% de cada grupo extremo de rendimiento). Por el contrario, en los nodos medios y superiores (6, 7 y 10, por ejemplo) la proporción de estudiantes de los niveles bajos de logro es muy elevada: en torno al 80% pertenecen a ese grupo, lo que

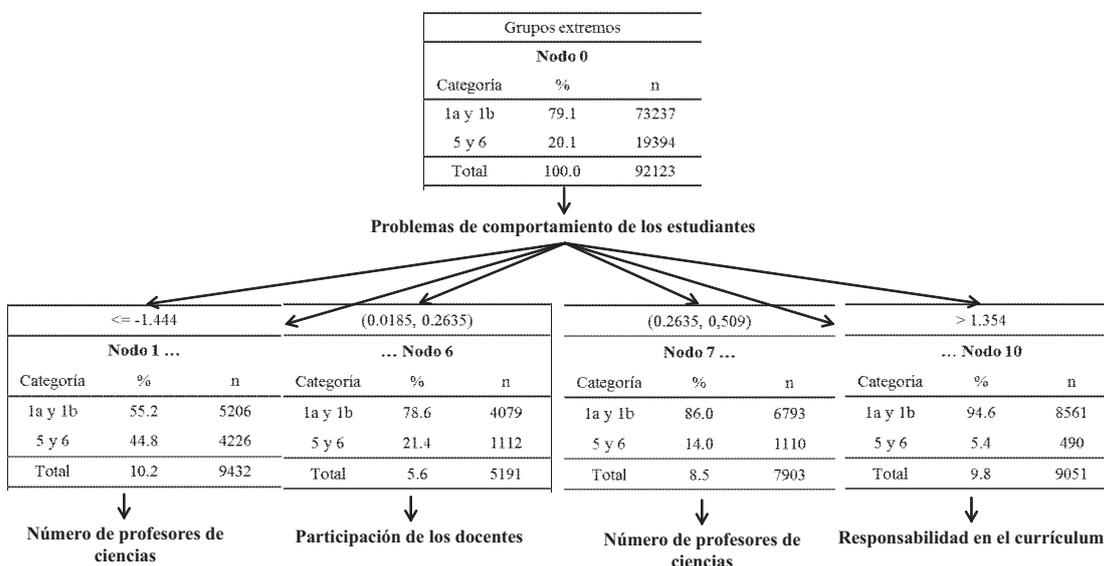
indica que a mayor número de estudiantes con esas problemáticas en los centros educativos hay menos representación de alumnado de alto rendimiento, algo que parece lógico. Sin embargo, conviene destacar que incluso en esas escuelas sigue habiendo representación del colectivo con mejores resultados en PISA. En esos nodos, la “participación de los docentes” y el “número de profesores de ciencias” continúan el proceso de segmentación, respectivamente. En el segundo nivel de nodos (Figura VI), son varios los índices que determinan la pertenencia a los grupos de rendimiento extremos. Conviene destacar que contar con profesores de alto nivel de formación o una mayor ratio de profesores de ciencias tiene alto impacto en esos resultados.

FIGURA VI. Esquema del primer nivel generado por la variable “problemas de comportamiento del estudiante”



Utilizando el procedimiento de bosques aleatorios, las variables de centro que aparecen con mayor poder discriminativo entre los grupos de rendimiento son: “responsabilidad en el uso de los recursos”, “autonomía de los centros” o “desarrollo profesional de los docentes” y, en esos casos, los nodos superiores compuestos por las puntuaciones altas en esos índices también cuentan con las mayores proporciones de estudiantes de alto rendimiento.

FIGURA VII. Nodos extremos e intermedios generados por las bajas, medias y altas puntuaciones en la variable “problemas de comportamiento de los estudiantes”



Discusión y conclusiones

Este trabajo se preguntó ¿cuáles son las variables de contexto que caracterizan los grupos de estudiantes con rendimiento extremo (niveles alto y bajo) en ciencias para la muestra de España? o, de otro modo, ¿qué variables presentan diferencias significativas entre los grupos de rendimiento extremo, permitiendo así caracterizarlos? Los resultados invitan a reflexionar en varias direcciones.

En primer lugar, en relación a los constructos del área de contenidos de medidas no cognitivas, parece evidente que la “motivación por aprender ciencias” y las “creencias acerca de uno mismo como estudiante de ciencias” son factores que se relacionan directamente con el rendimiento académico de los alumnos. Esto coincide con resultados previos de PISA (OECD, 2007, pp.127, 146; OECD, 2016, p.109), que informaron sobre opiniones de los estudiantes acerca de que la ciencia es valiosa para la sociedad y mejora las condiciones de vida de las personas. Además, este constructo se presenta como factor diferencial del rendimiento entre los grupos extremos. La “creencia positiva de autoeficacia” está muy relacionada con la motivación, la conducta de aprendizaje, las

expectativas generales para el futuro y el rendimiento de los estudiantes (OECD, 2007).

Impactan positivamente también, la “autonomía percibida en el uso de las tecnologías”, el “apoyo emocional de los padres”, el “bienestar familiar”, los “recursos y el estatus socioeconómico y cultural”. Si bien, algunas de estas variables, como los recursos o el estatus socioeconómico, son difícilmente modificables (al menos a corto plazo), la “motivación”, la “percepción de autoeficacia” y las “conductas de aprendizaje” pueden reforzarse utilizando un enfoque de la enseñanza de las ciencias centrado en el alumno que aumente la participación y el uso de tecnologías en el aula (laboratorios virtuales, gamificación, redes sociales, etc.).

De la misma forma que en PISA 2006 se obtuvo que los estudiantes con bajos niveles de optimismo ambiental presentaban asociaciones negativas con las medidas de rendimiento (OECD, 2007), para la muestra de España de esta edición se detecta el mismo resultado: el optimismo sobre la mejora del medio ambiente es más alto en los estudiantes de bajo rendimiento. Es probable que un déficit en el nivel de comprensión de los fenómenos científicos que afectan al medio ambiente se relacione inversamente con el nivel de optimismo, hipótesis que habría que comprobar en futuros estudios.

Otra variable que muestra diferencias significativas dentro de la motivación para aprender la ciencia es la motivación instrumental. Esta motivación afecta a la participación de los estudiantes, a las actividades de aprendizaje, al rendimiento y a las opciones futuras de carrera (Wigfield, Eccles y Rodríguez, 1998). En este estudio se presenta también como un constructo diferencial de rendimiento en los grupos extremos, junto con la visión de los padres sobre la ciencia. Esto indicaría la importancia de realizar un acompañamiento educativo que favorezca la participación de los estudiantes en contextos que faciliten la experimentación y la transferencia de conocimientos científicos, tanto desde los ámbitos escolares como familiares.

En relación a la resolución de problemas de forma colaborativa, que se introduce como un nuevo constructo en PISA 2015, los resultados indican que los alumnos de alto rendimiento disfrutaban más con este tipo de actividades pero otorgan menor valor a la cooperación. Este comportamiento haría pensar en la necesidad de abordar aspectos actitudinales, especialmente para los alumnos de alto rendimiento, en el desarrollo competencial y la evaluación de actividades de este tipo,

dados los componentes de construcción, negociación y participación del alumnado como futuros ciudadanos.

El análisis realizado no agota las posibilidades de reflexión que ofrecen los resultados, pero señalan una dirección interesante en la que merece la pena continuar reflexionando. Se trata de las variables de clima de aula y escolar, entendidas no sólo como cuestiones de convivencia, respeto, conflictos, etc., sino también en relación a un ambiente de trabajo y de aprendizaje que no alteren el proceso de enseñanza. Los resultados de esos constructos influyen en el rendimiento académico de los grupos definidos, con lo que una planificación cuidada de estrategias de convivencia y de aprendizaje que mejoren el clima de aula, impactará directa y positivamente en el rendimiento de todo el alumnado. De modo tal que se trata de cuestiones en las que ciertamente el contexto también influye, pero no son *estrictamente* contextuales en la medida en que las autoridades, los centros, los directores y los equipos docentes pueden poner en marcha acciones y programas encaminados a su mejora.

Aunque este trabajo presenta un mapa general de variables que participan significativamente en la determinación de los grupos extremos de rendimiento, el análisis presentado no es un modelo explicativo y, por tanto, no ofrece relaciones causa-efecto. Esta posible limitación se suma a las derivadas del propio proceso de construcción de los índices de contexto como respuestas a ítems de cuestionarios aplicados a estudiantes, familias y directores de centros educativos, que no siempre pueden reflejar la realidad en particular cuando se les exige realizar un alto nivel de inferencia.

Referencias bibliográficas

- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45 (1), 5-32. doi:10.1023/A:1010933404324.
- Calero, J., Choi, A., and Waisgrais, S. (2010) Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España: una aproximación a través de un análisis logístico multinivel aplicado a PISA-2006. *Revista de Educación*, special issue, 225-256.

- Cordero, J., M., Crespo, E., and Pedraja, F. (2013). Rendimiento educativo y determinantes según PISA: una revisión de la literatura en España. *Revista de Educación*, 362, 273-297. doi: 10.4438/1988-592X-RE-2011-362-161
- De La Orden, A. and Jornet, J. (2012). La utilidad de las evaluaciones de sistemas educativos: el valor de la consideración del contexto. *Bordón*, 64 (2) 69-88.
- Gaviria, J. L. (2004). La situación española: el rendimiento de los estudiantes. In G. Haug, J. L. Gaviria, C. Lomas, M.D. de Prada, and D. Gil (Eds.) (2004). *El rendimiento de los estudiantes al final de la educación obligatoria: objetivos europeos y situación española*, pp.18-83. Madrid: Santillana.
- Gervilla, E. and Palmer, A. (2009). Predicción del consumo de cocaína en adolescentes mediante árboles de decisión. *Revista de Investigación en Educación*, 6, 7-13.
- González Barbera, C., Caso Niebla, J., Díaz López, K., and López Ortega, M. (2012). Rendimiento académico y factores asociados. Aportaciones de algunas evaluaciones a gran escala. *Bordón*, 64 (2), 51-68.
- Jornet, J., López-González, E., and Tourón, J. (2012). Evaluación de sistemas educativos: teoría y experiencia. *Bordón*, 64 (2), 9-12.
- Lizasoain, L. and Joaristi, L. (2010). Estudio Diferencial del Rendimiento Académico en Lengua Española de Estudiantes de Educación Secundaria de Baja California (México). *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 3 (3), 115-134. Retrieved from <http://www.rinace.net/riee/numeros/vol3-num3/art6.pdf>.
- Lizasoain, L.; Joaristi, L.; Santiago, C.; Lukas, J.F.; Moyano, N.; Sedano, M., and Munárriz, B. (2003). El uso de las técnicas de segmentación en la evaluación del rendimiento en lenguas. Un estudio en la Comunidad Autónoma Vasca. *Revista de Investigación Educativa*, 21 (1), 93-111.
- López-González, E., González Such, J., and Lizasoain, L. (2012). Explicación del rendimiento a partir del contexto. Algunas propuestas de análisis gráfico y estadístico. *Bordón*, 64 (2), 127-149.
- OECD (2007). *PISA 2006: Science Competence for Tomorrow's World. Vol. 1: Analysis*. Paris: PISA, OECD Publishing. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040014-en>
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: PISA, OECD

- Publishing. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- Rosenthal, R. and Rosnow, R. L. (2008). *Essentials of behavioral research: Methods and data analysis* (3rd ed.). Boston: McGraw-Hill.
- Tourón, J. (2011). Equality and Equity in Educational Systems: A Universal Problem. *Talent Development & Excellence*, 3 (1), 103-105.
- Tourón, J., Lizasoain Hernández, L., Castro Morera, M., and Navarro Asencio, E. (2012). Alumnos de alto, medio y bajo rendimiento en Matemáticas en TIMSS. Estudio del impacto de algunos factores de contexto. In: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. PIRLS - TIMSS 2011. Estudio internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. IEA. Volumen II: Informe español. Análisis secundario. Chapter 6. pp. 193-235. Madrid. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Wigfield, A., Eccles, J.S., and Rodriguez, D. (1998). The development of children's motivation in school contexts. *Review of Research in Education*, 23, 73.

Dirección de contacto: Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). E-mail: javier.touron@unir.net