

UNIVERSIDAD DE GRANADA



Facultad de Ciencias

Departamento de Estadística e
Investigación Operativa

Análisis de las encuestas educativas PISA 2018 mediante modelos multinivel

Trabajo Fin de Máster

Máster Oficial en Estadística Aplicada

Autora: Nuria Marín Funes

Tutora: María del Mar Rueda García

23 de junio de 2022

Índice

Agradecimientos	3
Resumen	4
Introducción	5
1. Encuestas educativas	6
2. Investigación Educativa	8
Modelos Multinivel en la Investigación Educativa	9
3. Informe PISA	10
Características	10
Evaluación	11
PISA 2018.....	13
4. Métodos	16
Metodología	16
Variables objeto de estudio.....	22
5. Resultados	26
Matemáticas	29
Ciencias.....	33
Resultados por CCAA	37
5. Conclusiones	47
Bibliografía	49

Agradecimientos

A mi madre, a mi hermana y a mis abuelos.

A mi pareja.

A mi tutora, María del Mar.

Resumen

Los resultados de la prueba PISA 2018 sitúan el nivel educativo de España por debajo del promedio de los países de la OCDE así como de los países de la Unión Europea. En este trabajo se va a analizar, mediante modelos lineales jerárquicos, la influencia de determinadas características asociadas tanto al alumno como al centro en el rendimiento en Ciencias y Matemáticas, aunque centraremos el estudio en esta última competencia, cuyos resultados analizaremos también en algunas comunidades. El rendimiento en cada una de las competencias será la variable dependiente, mientras que las características del alumno y de la escuela serán las variables independientes. En España se ha obtenido que el género, ser repetidor o inmigrante, tener un teléfono con internet, leer por diversión y el índice de estatus socioeconómico y cultural, de nivel 1, así como la relación entre el alumno y sus profesores y la titularidad del centro, de nivel 2, contribuyen a la variabilidad del rendimiento escolar. Los resultados obtenidos en las Comunidades elegidas son muy similares, aunque con pequeñas diferencias.

Introducción

Como ya sabemos, existen una infinidad de aspectos que condicionan nuestra vida, en particular el ámbito educativo. Uno de los mayores impactos ha sido la pandemia, pues según la UNESCO alrededor del 90% de los niños y niñas del mundo han sufrido una interrupción en la educación y para muchos de ellos incluso ha supuesto el final de la misma. La necesidad de impartir clase a distancia ha dejado fuera a muchos estudiantes, sobre todo aquellos de familias con bajos ingresos que no podían permitirse dispositivos adecuados o Internet en casa. Uno de los objetivos de la Agenda 2030 es precisamente conseguir una educación de calidad para todos los niños y niñas, acabando con las diferencias por niveles económicos. Otro factor muy relevante es la tecnología y sus avances, siempre presentes en nuestro día a día, por lo que tenemos que estar actualizados en este sentido si queremos progresar en sociedad. Es esencial que el sistema educativo prepare a los jóvenes para el mundo laboral, lo que sin duda incluye formarlos en el uso de estas nuevas herramientas.

La Investigación Educativa trata de analizar qué aspectos afectan en la enseñanza y el aprendizaje, con el fin de realizar los cambios necesarios para intentar no dejar a nadie atrás. Cabe destacar que el éxito educativo no consiste únicamente en obtener los mejores resultados académicos, sino que también incluye aspectos como lograr que los adolescentes estén preparados para enfrentarse a las diferentes situaciones de la vida. Para poder conocer y comparar los diferentes sistemas educativos, se realizan muchas investigaciones, tanto a nivel nacional como internacional, basadas en pruebas estandarizadas que no solo miden el rendimiento académico del alumno, sino también otros aspectos personales de los cuales depende dicho rendimiento.

En este trabajo vamos a estudiar cómo determinadas características asociadas tanto al alumno como al centro donde realiza sus estudios afectan en el rendimiento de dos competencias troncales: Ciencias y Matemáticas. Para ello, nos apoyaremos en una de las pruebas internacionales destinadas a obtener conclusiones sobre el rendimiento académico para ayudar a gobiernos y familias a tomar las medidas necesarias. Se trata del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA), una prueba que se realiza cada cuatro años, habiendo sido la última edición en 2018, la que utilizaremos en lo que sigue.

Los resultados de PISA 2018 sitúan a España por debajo de la media de los países de la OCDE, por lo que el objetivo de este trabajo será conocer qué características influyen en el rendimiento y de qué forma, negativa o positivamente. Además, se realizará el análisis también en algunas comunidades para poder comparar los resultados y sacar conclusiones. Se utilizarán los modelos jerárquicos lineales teniendo en cuenta dos niveles: los alumnos y los centros.

1. Encuestas educativas

Las encuestas educativas son una herramienta que se utiliza para conocer determinadas características del alumnado, lo que permitirá tomar decisiones y realizar cambios necesarios en el proceso de enseñanza. En la actualidad, se tiende al diseño de encuestas educativas de aplicación cíclica, es decir, encuestas dirigidas a un grupo de estudiantes de la misma edad o grado escolar, repetidas a lo largo del tiempo con el objetivo de poder comparar resultados y establecer relaciones longitudinales con respecto al progreso académico.

En el ámbito nacional, en España encontramos el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), el organismo del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte cuyo objetivo es evaluar el sistema educativo español. También coordina la participación del Estado Español en las evaluaciones internacionales, llevadas a cabo por organismos internacionales, algunos de los cuales veremos a continuación.

En este trabajo, nos centraremos en organismos de carácter internacional, para poder analizar los resultados en España y compararlos con los obtenidos en otros países vecinos. Los principales organismos internacionales encargados de diseñar y difundir encuestas educativas son:

1. Estudio Europeo de Competencia Lingüística (EECL).

Se trata de un estudio promovido por la Unión Europea en el que cada país participante evalúa el nivel de competencia del alumnado en dos lenguas extranjeras al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria. Estas dos lenguas se eligen entre las cinco lenguas oficiales más enseñadas en la UE: inglés, francés, español, alemán e italiano.

2. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)

Es un Organismo Internacional de carácter intergubernamental formado por 38 países, en los cuales existe una democracia con economía de mercado. El principal objetivo de la OCDE es promover políticas para mejorar el bienestar social y económico de todo el mundo. Para ello, los países miembros se reúnen para intercambiar información y constantemente se publican estadísticas, informes y demás materiales de ayuda y referencia, que sirven también a los países no miembros. Dentro de este organismo, podemos encontrar las siguientes evaluaciones:

- **Estudio sobre alfabetización de adultos y habilidades para la vida (ALL).** Es una encuesta diseñada para obtener información

sobre las habilidades de la población comprendida entre los 16 y 65 años de edad.

- **Encuesta Internacional sobre Docencia y Aprendizaje (TALIS).** Estos cuestionarios van dirigidos a profesores de educación secundaria y directores de centros, para que den su aportación en el análisis educativo.
- **Programa de Evaluación de Competencias de Adultos (PIAAC).** Este estudio también tiene como objetivo principal obtener información acerca de las competencias esenciales de la población adulta y cómo se utilizan en el ámbito laboral y cotidiano.
- **Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA).** Analiza el rendimiento de alumnos de 15 años en áreas temáticas clave (lengua, matemáticas y ciencias), además de otros resultados educativos, como la motivación o el auto concepto del alumnado. Se realiza cada tres años, y la última fue publicada en 2018 (debido al Covid, en 2021 no se ha realizado), y se centró en la competencia lectora. En este trabajo nos centraremos en esta prueba, por lo que más tarde se explicará con más detalle.

3. Asociación Internacional para la Evaluación del Logro Educativo (IEA). Se trata de una asociación internacional e independiente que trabaja para investigar y mejorar la educación en el mundo. En ella colaboran más de 60 países de todo el mundo. Actualmente, llevan a cabo los siguientes estudios:

- **Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS).** Evalúa el rendimiento en estas materias de los alumnos de 4º de Educación Primaria y 2º de la ESO cada cuatro años.
- **Estudio Internacional de Progreso en Comprensión Lectora (PIRLS).** Evalúa la comprensión lectora así como los hábitos de lectura de los alumnos de 4º de Educación Primaria cada cinco años.
- **Estudio Internacional sobre Educación Cívica y Ciudadana (ICCS).** Evalúa cómo los centros educativos preparan a los jóvenes para ser ciudadano dentro de la sociedad. España participó en el estudio de 2009 y volverá a participar en 2022.
- **Estudio Internacional sobre Competencia Digital (ICILS).** Evalúa la competencia digital de los alumnos de 2º de la ESO cada cinco años.

2. Investigación Educativa

El ser humano siempre ha tenido la preocupación de cómo educar: ya en el siglo I, Quintiliano hizo algunas reflexiones sobre *pedagogía empírica*. Sin embargo, el interés por investigar el currículo surge de la Revolución Industrial, pues se precisaba de personas mejor preparadas, así como de la democracia, que permite crear exigencias educacionales para toda la población.

A finales del siglo XIX la pedagogía adopta una metodología científica, apareciendo el concepto de “Pedagogía Experimental”. Pero la palabra pedagogía destina la investigación únicamente al niño, cuando en realidad se pretende educar en todas las edades, así como el término experimental implica un tipo concreto de procedimiento. Esto, junto otros motivos socioculturales, favorece la aparición del concepto “Investigación Educativa”.

En la actualidad, son muchos los aspectos a tener en cuenta en las escuelas: desde el contexto social y económico, al ambiente del centro, la formación de los docentes, la situación personal de cada estudiante, las necesidades especiales de cada individuo, el papel de los padres, etc. Podemos distinguir tres grandes vertientes que son abordadas por la Investigación Educativa: la eficacia escolar, que busca relaciones entre determinados factores y el rendimiento; la eficacia docente, destinada al papel del profesor; y la eficacia educativa, que engloba las dos anteriores.

En este trabajo trataremos la Investigación Educativa sobre eficiencia escolar, la cual pretende estudiar, por un lado, cuánto influye la escuela en el rendimiento escolar y por otro lado, el origen de las diferencias entre escuelas. Dicha vertiente tuvo su origen en 1966, cuando en Estados Unidos se lleva a cabo un estudio sobre la desigualdad de oportunidades educativas para las personas por razón de raza, color o religión. Los resultados del Informe Coleman indicaron que no existía ninguna relación entre el centro escolar y el rendimiento, sino que este venía determinado por el nivel socioeconómico de los estudiantes y la preparación de los padres. Posteriormente, se realizaron otros estudios que confirmaban estos resultados, entre los que cabe mencionar el informe *Plowden* (Gran Bretaña, 1967), así como las investigaciones realizadas por Jencks et al. (1972), Mayeske (1972) y Smith (1972).

Una investigación identifica ciertas características comunes en las cuatro escuelas con un índice alto de rendimiento en lectura que comparó (Weber, 1971). Esto contradecía las conclusiones obtenidas anteriormente con el Informe Coleman, lo que llevó al movimiento conocido como “Escuelas Eficaces”. En esta etapa, se consideran cuatro variables para ser estudiadas en la influencia educativa: *Variables Presagio* (del profesor), *Variables proceso* (aula, relación alumno-profesor), *Variables producto* (resultados a corto y largo plazo) y *Variables*

contexto (contexto personal, social y escolar).

Fueron muchas las investigaciones llevadas a cabo para apoyar este movimiento: las realizadas por el New York State Department of Education (1974, 1976), por Ellis (1975), Wilder (1997), Brookover y Lezotte (1977), Venezky y Winfield (1979), entre otras. Cabe destacar, en 1979, el modelo de los “Cinco Factores” clave en las escuelas eficaces de Edmonds, los cuales coinciden con los identificados previamente por Weber: “fuerte liderazgo, altas expectativas sobre el alumnado, objetivo prioritario-adquisición, atmósfera ordenada sin ser opresiva y evaluación constante de los alumnos”. Posteriores a este trabajo, en 1979 tienen gran importancia la investigación estadounidense *School social systems and student achievement* (Brookover) y la investigación británica *Fifteen thousand hours* (Rutter). Entre 1980 y 1987, se llevó a cabo la investigación conocida como *Inner London Educational Authority’s Junior School Project*. En Estados Unidos, se desarrolla el estudio *Louisiana School Effectiveness Studies (LSES)*, llevado a cabo a lo largo de más de 20 años.

A pesar de todos los métodos estadísticos que habían sido utilizados previamente para llevar a cabo las investigaciones educativas, en 1986, se publica un artículo (Aitkin y Longford, 1986) en el que se demuestra que los Modelos Multinivel son los más adecuados en este campo. Por tanto, en la actualidad, los Modelos Multinivel, también conocidos como modelos jerárquicos lineales, son los más utilizados en Investigación Educativa, y los que analizaremos en este trabajo.

Modelos Multinivel en la Investigación Educativa

Los Modelos Multinivel analizan los datos teniendo en cuenta la estructura jerárquica, por lo que también se conocen como modelos jerárquicos lineales. Por eso es la técnica más adecuada para la Investigación Educativa, donde los datos se presentan por niveles: alumno, centro, contexto. Este método fue propuesto por Aitkin y Longford en 1986, cuando publicaron un artículo en el que demostraban que la técnica que se estaba usando en Investigación Educativa, los modelos de regresión lineal, era útil únicamente cuando las variables eran independientes, lo cual en educación no ocurre, pues el hecho de compartir contexto hace dependientes las observaciones. Además, esta técnica analiza los efectos de las unidades de estudio de manera simultánea, por lo que no hay que decidir entre alumno o escuela.

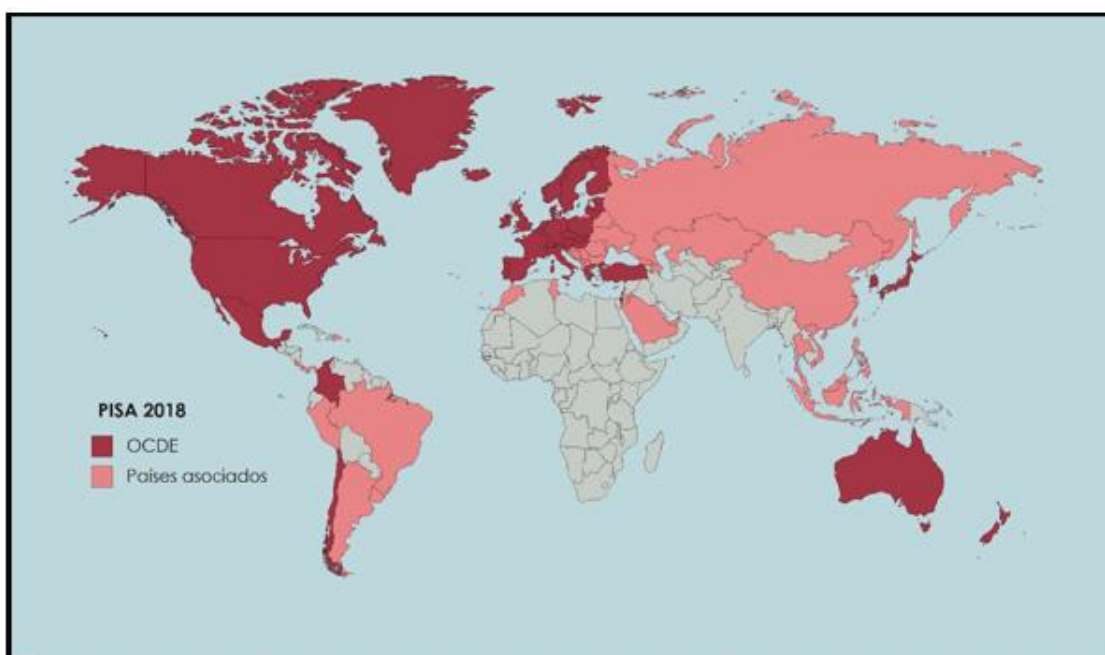
Los Modelos Multinivel trabajan con un submodelo para cada nivel, de forma que cada uno de ellos explica la relación entre variables en cada nivel y permiten establecer relaciones entre la influencia de las variables en los distintos niveles. En definitiva, los modelos jerárquicos lineales son varios modelos de regresión en cada nivel.

3. Informe PISA

PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos) es un programa de la OCDE que evalúa la formación de los alumnos al finalizar la educación obligatoria, antes de iniciar los estudios post-obligatorios o integrarse al mundo laboral, con el objetivo de comprobar si están preparados para tales situaciones. La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) reúne a 30 países miembros y se relaciona con otros casi 70, por lo que su alcance es mundial. PISA ofrece información detallada, de forma que los países pueden adoptar medidas para la mejora del sistema educativo y en general.

Características

El proyecto PISA se realiza cada tres años, teniendo lugar la primera edición en el año 2000. Al igual que la OCDE, PISA tiene un alcance mundial. En la edición de 2018, participaron un total de 78 países, 37 miembros de la OCDE y 41 asociados. En la siguiente imagen podemos observar cuáles son estos países.



Países participantes en PISA 2018

PISA 2018, Ministerio de Educación y Formación Profesional, p.7

Los resultados obtenidos en las pruebas se conocen a través de dos informes: el Informe General de Resultados elaborado por la OCDE y el Informe Nacional de cada país participante. Se trata de una prueba totalmente objetiva, cuya finalidad no es solamente evaluar determinadas competencias, sino cómo los alumnos hacen uso de ellas para solucionar situaciones de la vida diaria. Además, también recoge información acerca de otros aspectos, como la vida familiar y escolar de los estudiantes o la organización y oferta educativa de los centros.

Hay un Secretariado de la OCDE encargado de la organización del proyecto. A su vez, el Consejo de Gobierno de PISA, un comité de la OCDE, se reúne cada dos años con el objetivo de revisar y establecer políticas. A nivel nacional, cada país cuenta con un Centro Nacional que trabaja en coordinación con el Consejo de Gobierno. A nivel internacional, hay un Consorcio Internacional formado por un gran número de expertos que trabajan en colaboración con el Centro Nacional de cada país participante y bajo la supervisión del Secretariado. En la siguiente imagen podemos ver dicha organización esquematizada:

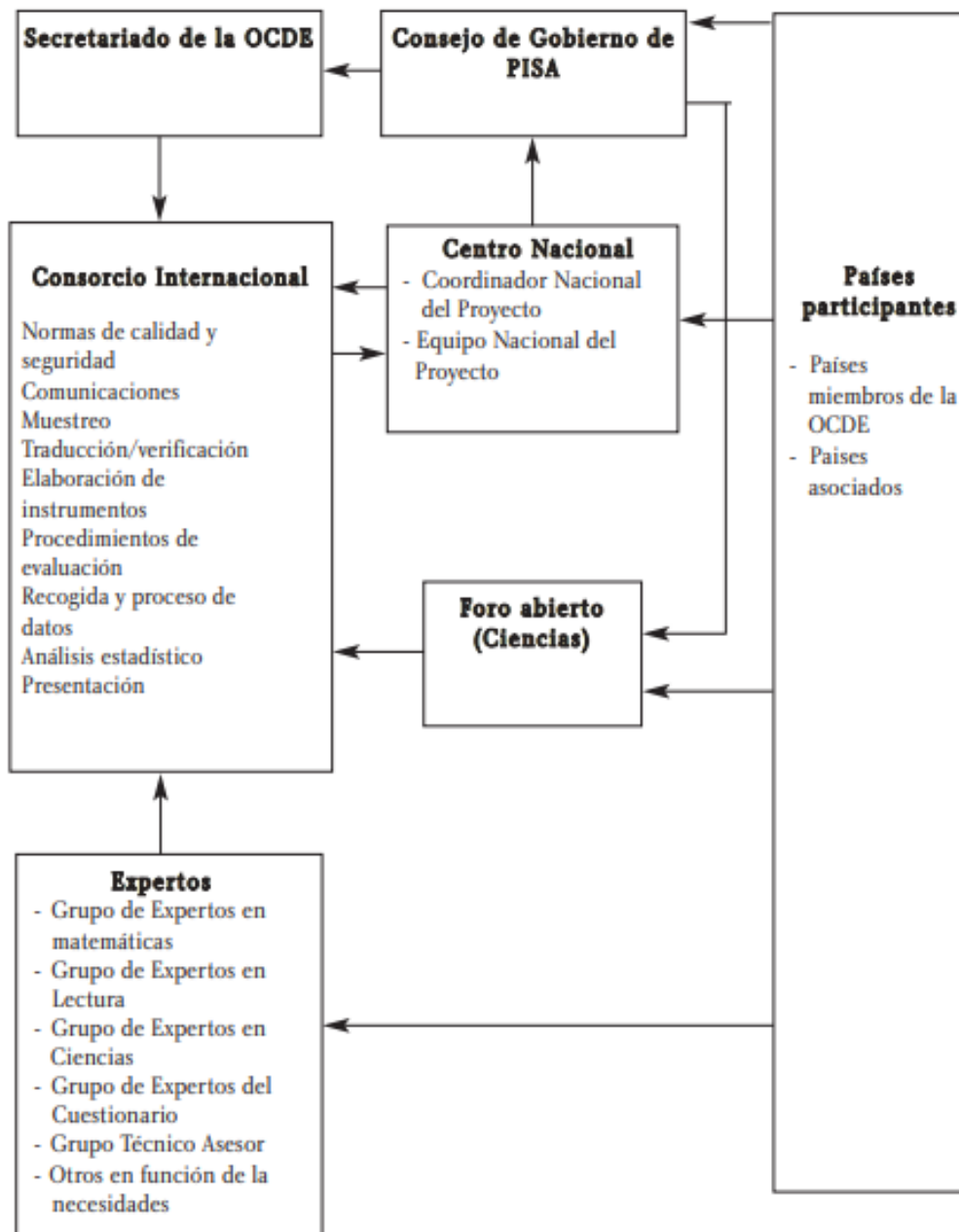


Figura 1: Principales participantes en el Proyecto PISA
Turner, 2006, p.47

Evaluación

PISA evalúa, a través de factores sociales, culturales, económicos y educativos, tres competencias troncales: lectora, matemática y científica. Además, cada vez se incorpora una nueva competencia innovadora. Así, en 2012 se evaluó también la resolución creativa de problemas, en 2015, la resolución colaborativa de problemas, en 2018 se incorporó la competencia global y en 2021 (por motivos de la pandemia este estudio se realizará en 2022), el pensamiento creativo.

Cabe destacar que en cada edición se profundiza más en alguna de las tres competencias: en 2000, 2009 y 2018 se dedicó más de la mitad de la prueba a la competencia lectora, en 2003 y 2012, a competencia matemática, y en 2006 y 2015 la competencia en ciencias fue la principal. La prueba se realiza cada tres años para poder comparar resultados y observar si se han alcanzado los objetivos propuestos. PISA no trata de evaluar contenidos específicos, sino cómo los jóvenes emplean destrezas y conocimientos desarrollados, no necesariamente incluidos en el currículo, para resolver situaciones y problemas en la vida. Veamos cómo la OCDE define las tres competencias principales:

- **Competencia lectora.** Es la capacidad de un individuo para entender, usar y reflexionar sobre textos escritos, tanto en prosa continua como discontinua, y los cuales tratan diferentes situaciones y contextos de la vida cotidiana. Con esta competencia pretende evaluarse la capacidad para recuperar información, interpretar un texto y reflexionar sobre su contenido.
- **Competencia matemática.** Es la capacidad de un individuo para usar el razonamiento y operaciones matemáticas en diferentes situaciones de la vida. Encontramos problemas correspondientes a tres niveles de complejidad que, empezando por el más sencillo, son: reproducción, conexión y reflexión.
- **Competencia científica.** Es la habilidad de usar los conocimientos científicos para adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y sacar conclusiones. Podemos encontrar tres sub-competencias: identificar temas científicos, explicar científicamente los fenómenos y usar la evidencia científica. Los temas que tratan son sobre la vida y la salud, la Tierra y el medio ambiente y la tecnología.

Una vez se realiza la prueba PISA, se clasifican los estudiantes en niveles según los puntos alcanzados dentro de cada competencia, considerándose fracaso escolar los inferiores al nivel 2. Así, en la competencia lectora encontramos 5 niveles, mientras que en las otras dos, seis. En los informes de PISA se facilita el porcentaje de alumnos por nivel y competencia.

En este trabajo se analizarán los resultados obtenidos en las competencias de Ciencias y Matemáticas en la prueba de 2018, teniendo en cuenta algunas características como el sexo, el tipo de centro procedente (público o privado), etc.

PISA 2018

En la mayoría de países, la muestra es de 150-200 colegios o institutos y 5.000-10.000 alumnos. En la edición de 2018, han participado más de 1000 centros educativos y más de 35000 estudiantes de 15 años, la mayoría de ella cursando 4º de E.S.O., de todas las comunidades autónomas de España. En la primera edición de PISA, en el año 2000, participaron 6000 alumnos de 185 centros españoles. Un dato importante es que, en todas las ediciones de PISA, los resultados han situado a España por debajo del promedio de la OCDE, salvo en la edición de 2015, donde superó por primera vez la media de la OCDE en la comprensión lectora.

La prueba tuvo lugar entre abril y mayo de 2018 con ordenadores y constaba de dos partes: la cognitiva, que además de las competencias lectora, matemática y científica, tenía como opcional la competencia financiera, en la que España participó; y el cuestionario de contexto, en el que el alumno responde a preguntas relacionadas con los hábitos y actitudes ante el mundo globalizado. Los directores de los centros también tenían que rellenar un cuestionario y, en algunos países como España, también lo hicieron los profesores.

Los resultados del informe PISA 2018 sitúan a España por debajo de la media de los países de la OCDE en las tres competencias troncales: en Matemáticas, obtiene 481 puntos y en Ciencias, 483, mientras que la media de la OCDE se sitúa en 489 puntos en ambas y, en lectura, España obtiene 477 puntos, por debajo de los 487 de la OCDE. En las tres competencias, España ha sufrido un descenso en las puntuaciones de 2018 frente las de 2015: 4 puntos menos en Matemáticas, 10 en Ciencias, y 19 puntos menos en Lectura, aunque si se comparan los resultados de todos los años, no se encuentra una tendencia de mejora o empeoramiento en ninguna competencia. La OCDE encontró un “comportamiento de respuesta inverosímil” de los alumnos españoles en las pruebas de lectura, por lo que decidió no publicar los resultados de esta competencia (fueron publicados más tarde). El hecho de encontrar un número elevado de alumnos que respondieron a muchas preguntas sin sentido, podría estar muy relacionado con la baja puntuación obtenida en ciencias y matemáticas, pues está claro que ambas competencias necesitan de comprensión lectora.

En cuanto a los niveles de rendimiento, en la competencia lectora un 76,8% de los estudiantes alcanzaron el nivel 2, muy cerca del 77,34% de la OCDE, mientras que tan solo un 4,85% logró alcanzar un nivel alto (5 y 6), por debajo del 8,64% del promedio de la OCDE. En matemáticas, un 75% de los alumnos españoles alcanzó un nivel 2, (76% en la OCDE, muy lejos del 98% en países y economías asiáticas), mientras que un 7% logró el nivel 5 o superior, frente al 11% de la OCDE y al 44% en países asiáticos. Algo similar ocurre con la competencia en ciencias: un 79% de los estudiantes españoles alcanza el nivel 2 o superior, superando en un punto a la OCDE, sin embargo, solo un 4% logra un nivel alto,

frente al 7% de la OCDE. En estas últimas competencias, los países que obtienen una mejor puntuación son: Beijing, Shanghai, Jiangsu y Zhejiang, China (591 puntos en Matemáticas, 590 en Ciencias), Singapur (569 y 551 respectivamente) y Macao (558 en Matemáticas y 544 en Ciencias).

Si comparamos las comunidades autónomas, la diferencia de resultados entre ellas ha disminuido desde la edición de 2015. Aunque muy pocas comunidades han mejorado su puntuación en alguna competencia, podemos observar en la siguiente tabla que, en la competencia en Lectura, ninguna comunidad ha conseguido mejorar los resultados, teniendo casos como Navarra, donde se obtuvo 42 puntos menos que en la edición de 2015 o Madrid, con 46 puntos menos, siendo esta última la comunidad que más ha empeorado sus resultados en las tres competencias. Castilla y León, pese a obtener 25 puntos menos en lectura, sigue siendo la comunidad con mejores resultados en esta competencia, seguida de Galicia y Asturias. Siete comunidades autónomas consiguen mejorar su puntuación media en la Competencia en Matemáticas, aunque tan solo País Vasco consigue hacerlo también en Ciencias.

Comunidad Autónoma	Competencia en Matemáticas		Competencia en Ciencias		Competencia en Lectura	
	2015	2018	2015	2018	2015	2018
Navarra	518	503 (-15)	512	492 (-20)	514	472 (-42)
Castilla y León	506	502 (-4)	519	501 (-18)	522	497 (-25)
País Vasco	492	499 (+7)	483	487 (+4)	491	475 (-16)
Cantabria	495	499 (+4)	496	495 (-1)	501	483 (-18)
Galicia	494	498 (+4)	512	510 (-2)	509	494 (-15)
La Rioja	505	497 (-8)	498	487 (-11)	491	467 (-24)
Aragón	500	497 (-3)	508	493 (-15)	506	490 (-16)
Asturias	492	491 (-1)	501	496 (-5)	498	495 (-3)
Cataluña	500	490 (-10)	504	489 (-15)	500	484 (-16)
Comunidad de Madrid	503	486 (-17)	516	487 (-29)	520	474 (-46)

Islas Baleares	476	483 (+7)	485	482 (-3)	485	479 (-6)
Castilla La Mancha	486	479 (-7)	497	484 (-13)	499	478 (-21)
Región de Murcia	470	474 (+4)	484	479 (-5)	486	481 (-5)
Comunidad Valenciana	485	473 (-12)	494	478 (-16)	499	473 (-26)
Extremadura	473	470 (-3)	474	473 (-1)	475	464 (-11)
Andalucía	466	467 (+1)	473	471 (-2)	479	466 (-13)
Canarias	452	460 (+8)	475	470 (-5)	483	472 (-11)

Comparación de resultados por Comunidades Autónomas entre 2015 y 2018

Según Andreas Schleicher, creador de la prueba Pisa, el sistema educativo español “prepara a los jóvenes para un mundo que ya no existe”, pues sostiene que en España hay un currículo muy extenso en el que se enseñan muchos contenidos, pero no a utilizarlos en el día a día. Sin embargo, muchos académicos creen que esta prueba no es totalmente objetiva, pues las preguntas en cada país son diferentes dependiendo de su cultura, por lo que piensan que no se debería juzgar la educación de un país únicamente por los resultados de las pruebas Pisa.

4. Métodos

Metodología

PISA tiene un alcance mundial, por lo que sería muy complicado realizar una encuesta censal. En su lugar, se realiza un muestreo por conglomerados estratificado en dos etapas: en la primera se eligen las escuelas que participarán en la prueba, y en la segunda, se eligen los estudiantes de 15 años dentro de esas escuelas. Para la elección de las escuelas normalmente se usa un mecanismo de probabilidad proporcional al tamaño de estas, de manera que las escuelas más grandes son muestreadas con mayor probabilidad.

Para acercarse lo máximo posible a la realidad partiendo de la muestra elegida se utilizan pesos que reflejan la proporción que representa cada escuela y estudiante muestreado. Actualmente, los autores recomiendan cuatro enfoques diferentes sobre cómo trabajar con estos pesos de muestreo en modelos jerárquicos, aunque varios estudios concluyen que no hay un método de estimación o ajuste de la ponderación que sea mejor que otro.

Como ya sabemos, para recopilar datos representativos de la población objetivo, los estudiantes de 15 años, PISA utiliza un muestreo en dos etapas. Para realizar el muestreo escolar, todos los centros en los que hay alumnos de 15 años se enumeran según registros nacionales. Se realiza un proceso llamado estratificación explícita (por ejemplo, en el caso de España los estratos explícitos son las Comunidades Autónomas), y dentro de cada uno de estos estratos, se seleccionan las escuelas que también se dividen en subgrupos, lo que se conoce como estratificación implícita. En una segunda etapa se muestrean los estudiantes. El tamaño de estudiantes a seleccionar en cada escuela se establece al definir la población objetivo, y las probabilidades de selección son muy similares para los estudiantes de una misma escuela. Para evitar el sesgo ocasionado por las diferentes probabilidades de selección, se utilizan ponderaciones de muestreo, que se calculan como la inversa de las probabilidades de selección en cada etapa ajustadas por la no respuesta:

$$w_{ij} = w_i * f_{1i} * w'_{ij} * f_{2ij}$$

Donde tenemos:

- w_{ij} el peso final del estudiante j en la escuela i
- w_i el peso base de la escuela i
- f_{1i} el ajuste de la falta de respuesta de la escuela i
- w'_{ij} el peso inicial del estudiante j en la escuela i
- f_{2ij} el ajuste de la falta de respuesta del estudiante j en la escuela i .

Otros dos factores de ajuste utilizados en PISA compensan los cambios en el tamaño de la escuela entre el muestreo y la recopilación de datos, y el último factor solo se utiliza en países donde se evalúan los estudiantes de 15 años pertenecientes a las clases con el mayor número esperado de jóvenes de 15 años. En el caso de falta de respuesta por parte del estudiante, la ponderación de los estudiantes participantes que son lo más similares posibles a los que no participan, es más alta.

Modelos jerárquicos

En la siguiente tabla tenemos la notación que usaremos para definir los tres modelos jerárquicos estándar:

y_{ij}	Competencia (Matemáticas, Lectura o Ciencias)
x_{ij}	Índice económico, social y cultural del estudiante
x_i	Índice socioeconómico de la escuela
β_0	Media
β_1	Efecto fijo en el nivel de estudiante
β_2	Efecto fijo en el nivel de escuela
ε_{ij}	Residuos
τ_i	Efecto aleatorio escolar

Modelo 1. Se conoce por modelo jerárquico lineal básico o modelo nulo. Se define con un efecto aleatorio escolar y una variable residual, pero no explicativa. Es preferible usar este método si se quiere saber si la varianza de la variable dependiente se determina dentro y entre los niveles.

$$y_{ij} = \beta_0 + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Modelo 2. Introducimos una variable explicativa en el nivel 1 con pendiente fija. Este modelo es más adecuado cuando lo que interesa es la relación de la variable independiente y la dependiente en el nivel 1.

$$y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * x_{ij} + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Modelo 3. Una variable explicativa en el nivel 1 y otra en el nivel 2 con pendiente fija:

$$y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * x_{ij} + \beta_2 * x_i + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Con $\tau_i \sim N(0, \sigma_\tau^2)$ y $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

Pseudo estimación de máxima verosimilitud

Para hacer inferencia a partir de una muestra sobre una población finita, se han desarrollado métodos basados en el diseño, enfocados en el modelo de diseño de muestra con parámetros conocidos, y métodos basados en los modelos, que están definiendo un modelo de superpoblación con parámetros desconocidos. Asparaouhov (2006) y Pfeffermann (1998) definieron un método que combina ambas técnicas de estimación, enfocado en estimadores en lugar de estimaciones de parámetros verdaderos. Los autores señalan la importancia de incluir diseños de muestreo complejos, como en el caso de PISA, para lo cual se introducen los pesos de muestreo.

La estimación de pseudo máxima verosimilitud fue desarrollada por Skinner (1989). Comenzando por un enfoque basado en modelos para conseguir la inferencia, la probabilidad del censo viene dada por:

$$L(Y|\theta) = \prod_{j=1}^N f(Y_j|\theta)$$

Donde

- $f(Y_j|\theta)$ es la densidad de y_j en la población
- θ es el parámetro desconocido
- N es el número de estudiantes de la población.

Sacando logaritmo en la expresión anterior, conseguimos cambiar el producto por la suma. Nos quedaría

$$l(Y|\theta) = \sum_{j=1}^N \log f(Y_j|\theta).$$

La estimación de máxima verosimilitud se consigue derivando esta ecuación e igualándola a cero

$$\frac{\partial l(Y|\theta)}{\partial \theta} = 0$$

El enfoque híbrido establece que el estimador obtenido con la técnica basada en modelos es un estimador robusto para los parámetros de población infinita, para lo que se aplica el estimador Horvitz-Tompson (HT). Dicho estimador toma como pesos la inversa de la probabilidad de selección:

$$\widehat{Y}_{HT} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n w_j y_j = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n \frac{1}{\pi_j} y_j$$

Donde

- π_j es la probabilidad de selección
- w_j la inversa de dicha probabilidad

- y_j las características individuales de la muestra
- N es el tamaño de la población
- n es el tamaño de la muestra.

Para llevar este modelo a una estructura jerárquica se consideran las probabilidades de selección para las escuelas, $w_j = \frac{1}{\pi_j}$, y para los estudiantes dentro de las escuelas, $w_{ij} = \frac{1}{\pi_{ij}}$.

El estimador de máxima verosimilitud, $\hat{\theta}_{PML}$ es un estimador consistente de θ en la distribución mixta del modelo del diseño. Se utilizan técnicas de aproximación numérica que veremos a continuación.

Métodos de optimización

En 2005, Rabe-Hesketh y Skrondal proponen resolver la ecuación de máxima verosimilitud mediante el algoritmo EM. Dicho algoritmo tiene dos pasos: el primero se llama estimación, y consiste en construir una aproximación a la función de máxima verosimilitud con valores de parámetros lógicos iniciales. El segundo paso se llama maximización, y consiste en ajustar el valor del parámetro que maximiza esa función. Este procedimiento se repite hasta que los valores de los parámetros se estabilizan con un umbral dado. Dicho método tiene una convergencia lenta.

Métodos de aceleración

Las técnicas utilizadas para acelerar este método son la puntuación de Fisher o el método de aceleración Quasi-Newton. Estos métodos no calculan la maximización de la función de máxima verosimilitud, sino que aproximan este cálculo. Para ello se usan las funciones de puntuación, que son las derivadas de primer y segundo orden de la aproximación de la función de máxima verosimilitud. Según Jamshidian y Jennrich (1997) estas técnicas pueden acelerar el método hasta en más de 50 veces.

Métodos de integración

El peso de estimación se aproxima por cuadratura adaptativa (Bock & Aitkin, 1981), un método de integración numérica que consiste en aproximar toda la integral por pequeñas áreas definidas por nodos. Esta técnica puede escribirse como

$$\int_a^b f(x) = \sum_{i=1}^n h_i f(x_i)$$

Con nodos de cuadratura $x_i \in [a, b]$, $f(x)$ es la función de interés y h_i los pesos de cuadratura (diferentes a los definidos anteriormente). La cuadratura adaptativa asume que la densidad posteriori se distribuye según una normal. Cuantos más nodos se tenga, mejor será la aproximación.

Estimación de varianza tipo sándwich

La estimación de la varianza, es decir, el error estándar al cuadrado, es de gran interés. Si suponemos que la estructura de covarianza es demasiado simple, los errores estándar estimados según el modelo para los efectos fijos no son válidos. Para solucionarlo, se usan errores estándar sándwich, una función de los errores estándar modelados y los residuos observados. Si dichos errores están cerca de los basados en el modelo, se puede afirmar que este está bien especificado. En caso contrario, los dos tipos de errores estándar se diferencian, y se prefieren los sándwich.

Esta varianza se basa en la expansión de Taylor, ha sido desarrollada por Binder (1983) y discutida más a fondo por Skinner (1989). Un estimador de varianza general viene dado por

$$cov(\hat{\theta}) = K^{-1}JK^{-1}$$

Donde K es la segunda derivada negativa de la pseudo verosimilitud logarítmica evaluada en θ , la cual se puede estimar por su media empírica; y J es la matriz de varianza-covarianza estimada de las funciones de puntuación ponderada, que permite tener en cuenta los pesos de muestreo y las características del diseño de muestreo.

Para realizar este cálculo se supone que los residuos del modelo tienen media cero. Además, la varianza se define como la desviación cuadrática promedio alrededor de la media. En definitiva, la varianza residual estimada se puede escribir como una suma sobre las escuelas y sobre los estudiantes de esos errores al cuadrado.

Métodos de escalado para pesos de nivel uno

Los pesos para el nivel escolar, w_i , y para el nivel del estudiante, w_{ij} , solo deben utilizarse cuando se analizan datos de un nivel, es decir, estudiantes o escuelas. Cuando se trabaja con más de un nivel a la vez, los pesos deben adaptarse a la estructura jerárquica. Además, Pfefermann et al. (1998) y Rabe-Hesketh y Skrondal (2005) argumentaron que la inclusión de pesos no ajustados podría conducir a un sesgo en las estimaciones de la varianza.

Aunque en la investigación se usan cuatro métodos de escalado, solo los métodos de los autores nombrados aparecen en los textos. El peso del estudiante puede escribirse como

$$w_{ij} = w_{ij}^* \lambda$$

Donde λ es el factor de escala y w_{ij} el peso del estudiante j en la escuela i .

En el método de escala 1 los pesos escalados se suman al tamaño del clúster, es decir, el número de estudiantes muestreados en una escuela con $\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}^* = n_i$, por lo que el factor de ajuste puede escribirse

$$\lambda = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}^2}$$

El peso condicional del estudiante puede escribirse

$$w_{ij}^* = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}}$$

Este método se conoce como “pesos ajustados: clúster”.

En el método de ajuste 2 los pesos condicionales se suman al tamaño efectivo de la muestra dentro del clúster, es decir, el número de estudiantes evaluados en una escuela con $\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}^* = n_i^*$. En este caso, el factor de escala se escribe

$$\lambda = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}^2}$$

Y su correspondiente peso condicional del estudiante

$$w_{ij}^* = w_{ij} \frac{n_i^*}{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}}$$

Por tanto $n_i^* = \frac{(\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij})^2}{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}^2}$. Este método se conoce como “pesos ajustados: e-clúster”.

Otros dos enfoques solo se mencionan en apéndices técnicos. Uno de ellos escala el peso final del estudiante para resumir el tamaño completo de la muestra, n . En este caso, el factor de escala se define

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{j=1}^n w_{ij}^2}$$

Y el peso final del estudiante escalado

$$w_{ij}^* = w_{ij} \frac{n}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

Este enfoque se denomina “*House Weights*”.

Finalmente, la última técnica de escalados de pesos de nivel uno agrega otro componente a los pesos escolares del primer método descrito. En esta técnica los pesos dentro de la escuela se suman al tamaño de la muestra de la escuela, y los pesos escolares se transforman para reflejar el peso final del estudiante dentro de la escuela. El peso escolar transformado se escribe

$$w_i^* = \sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}.$$

Variables objeto de estudio

PISA pretende que los informes no afecten de manera individual a los estudiantes, por lo que se busca que cada uno responda a un número reducido de ítems, a la vez que pretende contar con una amplia variedad de preguntas dentro de cada competencia, por lo que, aunque cada alumno responde solo a un pequeño número de ellos, hay gran variedad de ítems. Por ejemplo, en la competencia lectora de 2018, cada alumno respondió entre 33 y 40 ítems de un total de 245. Por tanto, en lugar de trabajar con un valor medio puntual de los conocimientos de cada alumno, se hace con valores extraídos de forma aleatoria de la distribución de resultados, conocidos como valores plausibles, y que representan el rango de habilidades de cada estudiante. Esta metodología la conocen los técnicos de PISA como *metodología del valor plausible*.

Las estimaciones de los estadísticos poblaciones deben realizarse para cada uno de los valores plausibles para poder calcular el promedio de todos los estadísticos obtenidos. Estos valores serán la variable endógena o dependiente y, como ya hemos dicho, representan el rendimiento del alumno en cada competencia. En la edición de 2018, se utilizaron diez valores plausibles para cada competencia. Para este análisis utilizaremos la variable rendimiento, es decir, la media de los diez valores plausibles de cada competencia.

Variable endógena	Rango
PV1MATH	116,93–801,94
PV2MATH	123,4–809,52
PV3MATH	126,80–827,73
PV4MATH	140,95–799,51
PV5MATH	90,79–797,32
PV6MATH	124,36–812.306

PV7MATH	131,6 – 791,08
PV8MATH	152,46 – 802,12
PV9MATH	129,16 – 806,32
PV10MATH	138,23 – 836,17
RENDMATH	169,98 – 732,96

Variables dependientes (Matemáticas)

Variable endógena	Rango
PV1SCIE	145,97 – 862,62
PV2SCIE	128,34 – 816,78
PV3SCIE	132,46 – 791,86
PV4SCIE	127,5 – 798,27
PV5SCIE	142,11 – 787,65
PV6SCIE	98,89 – 824,16
PV7SCIE	100,66 – 852,82
PV8SCIE	124,58 – 795,71
PV9SCIE	163,94 – 804,54
PV10SCIE	160,63 – 833,77
RENDSCIE	193,75 – 767,86

Variables dependientes (Ciencias)

Como variables exógenas o explicativas, que serán las variables independientes, se han tomado aquellas que se considera que afectan en gran medida al rendimiento del alumnado, tanto a nivel de alumno como del centro escolar. En este caso, se han considerado las mismas variables para el análisis de

las dos competencias.

Variable explicativa	Descripción	Tipo de dato	Codificación
GEN	Género del alumno	Cualitativa	0: hombre, 1: mujer
REP	El alumno es repetidor	Cualitativa	0: no, 1: sí
INM	El alumno es inmigrante	Cualitativa	0: no, 1: sí
TFN	Acceso a móvil con Internet en casa	Cualitativa	0: sí, 1: no
LIBROS	Libros en casa	Cualitativa	0:0-10,1:11-25, 2:26-100, 3:101-200 4:201-500, 5:+500
ESPACIO	El alumno tiene en casa un espacio tranquilo para estudiar	Cualitativa	0: sí, 1: no
INF	El alumno ha cursado Infantil	Cualitativa	0: sí, 1: no
LECT	El alumno lee por entretenimiento	Cualitativa	0: sí, 1: no
ISEC	Índice socioeconómico y cultural	Cualitativa	0: bajo, 1: alto

Variables independientes asociadas al alumno (nivel 1)

Variable explicativa	Descripción	Tipo de dato	Codificación
TITULARIDAD	El centro es público o privado	Cualitativa	0: público, 1: privado
LOCAL	Localización del centro	Cualitativa	0: rural (hasta 15000) 1: urbana (+15000)

TAMCL	Tamaño de clase	Cualitativa	0: hasta 15 alumnos 1: entre 15 y 25 2: más de 25
ACTIV	Actividades creativas extracurriculares	Cuantitativa	De 0 a 3
RESPR	Relación estudiante-profesor	Cualitativa	0: insatisfecho 1: satisfecho

Variables independientes asociadas al centro (nivel 2)

5. Resultados

A continuación tenemos los estadísticos descriptivos y frecuencias de todas las variables consideradas en todas las comunidades autónomas de España.

Variable endógena	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PV1MATH	116,93	801,94	490,69	87,33
PV2MATH	123,4	809,52	492,58	87,31
PV3MATH	126,80	827,73	491,4	87,25
PV4MATH	140,95	799,51	491,34	87,52
PV5MATH	90,79	797,32	490,9	86,83
PV6MATH	124,35	812,31	490,75	87,52
PV7MATH	131,6	791,08	491,35	88,9
PV8MATH	152,46	802,12	491,66	86,45
PV9MATH	129,16	806,32	489,27	87,3
PV10MATH	138,23	836,17	491,69	88,99
RENDMATH	169,98	732,96	491,16	79,1

Estadísticos descriptivos de España (Matemáticas)

Variable endógena	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PV1SCIE	145,97	862,62	491,24	88,65
PV2SCIE	128,34	816,78	490,49	87,55
PV3SCIE	132,46	791,86	490,47	88,06
PV4SCIE	127,5	798,27	491,44	88,27

PV5SCIE	142,11	787,65	491,15	87,29
PV6SCIE	98,89	824.161	489.645	87,83
PV7SCIE	100,66	852,82	491,5	88,08
PV8SCIE	124,58	795,71	49,59	89,09
PV9SCIE	163,94	804,54	489,99	87.691
PV10SCIE	160,63	833,77	489,87	87,58
RENDSCIE	193,75	767,86	490,74	80.88

Estadísticos descriptivos (Ciencias)

En estas dos primeras tablas, tenemos los resultados descriptivos de los diez valores plausibles de matemáticas y ciencias respectivamente, así como su promedio general, las desviaciones y los valores mínimos y máximos. En ambos casos, los promedios están alrededor de 490, con desviaciones relativamente bajas. En concreto, tenemos que en matemáticas el rendimiento promedio fue de 491,16 puntos, con un coeficiente de variación, CV, de 16,1% $((79,1/491,16)*100)$, mientras que en ciencias, el rendimiento promedio fue de 490,74 puntos, originando un CV de 16,48%, siendo la variabilidad relativamente baja en ambas competencias.

		Total	Porcentaje
Género	Masculino	17987	50%
	Femenino	17956	50%
Repetidor	No	27031	75,2%
	Si	8912	24,8%
Inmigrante	No	31826	88,5%
	Si	4117	11,5%
Acceso a móvil con internet	Si	31282	97,5%
	No	791	2,5%
	0-10	3423	9,7%
	11-25	5237	14,8%

Libros en casa	26-100	11189	31,7%
	101-200	7268	20,6%
	201-500	5538	15,7%
	Más de 500	2651	7,5%
Espacio tranquilo	Si	33003	93,3%
	No	2369	6,7%
Infantil	Si	35640	99,2%
	No	303	0,8%
Lectura por entretenimiento	Si	19672	56,4%
	No	15194	43,6%
ISEC	Bajo	17556	48,8%
	Alto	18387	51,2%

Distribución características del alumno

En la anterior tabla podemos apreciar las frecuencias de las variables asociadas al alumno, pues son de carácter cualitativo. Se tiene que, en la prueba de PISA de 2018, participaron aproximadamente el 50% hombres y el 50% mujeres. Con respecto a la repetición de algún curso, se tiene que el 75,2% de los alumnos nunca habían repetido frente un 24,8% que si lo hicieron, lo que significa que casi la cuarta parte de los estudiantes han repetido, al menos, un curso. En cuanto a la inmigración, tenemos que tan solo un 11,5% de los alumnos son inmigrantes. Podemos observar que casi todos los alumnos, concretamente un 97,5%, tienen acceso a un teléfono con internet en casa, mientras que tan solo un 2,5% no lo tienen. Considerando la variable libros, el 9,7% de los alumnos tienen menos de 10 libros en casa, y tan solo el 7,5% tienen más de 500. En este caso, la mayor frecuencia se encuentra en los hogares que poseen entre 26 y 100 libros (31,7%), seguidos de los que tienen entre 100 y 200 (20,6%). Tan solo el 6,7% de los alumnos encuestados no tienen en casa un espacio tranquilo para estudiar. En cuanto a Infantil, encontramos que la gran mayoría de los estudiantes lo han cursado, 99,2%, y que tan solo el 0,8% no lo hizo. Con respecto al número de alumnos que leen por entretenimiento, se obtiene que más de la mitad de los alumnos lo hacen (56,4%). Finalmente, se tiene que el 51,2% de los hogares tienen un índice de estatus socioeconómico alto, frente al 48,8% que lo tienen bajo.

		Total	Porcentaje
Titularidad del Centro	Público	22996	64%
	Privado	12947	36%
Localización del Centro	Rural	10083	28,1%
	Urbana	25860	71,9%
Tamaño de la clase	Hasta 15 alumnos	713	2%
	Entre 15 y 25	14302	39,8%
	Más de 25 alumnos	19634	56,7%
Actividades creativas extracurriculares	0	10211	29,7%
	1	12274	35,7%
	2	8506	24,8%
	3	3365	9,8%
Relación profesor-estudiante	Insatisfecho	6425	23,1%
	Satisfecho	21418	76,9%

Distribución características del centro

Finalmente, tenemos las frecuencias de las variables asociadas al centro. Un 64% de los estudiantes españoles asisten a centros públicos, frente al 36% que van a centros privados. Tan solo el 28,1% de los alumnos proceden de centros situados en entornos con menos de 15000 habitantes (entorno rural), mientras que el 71,9% proceden de entornos urbanos (más de 15000 habitantes). En cuanto al tamaño de la clase, se tiene que solo el 2% de los alumnos están en clases con menos de 15 compañeros, un 39,8% tienen entre 15 y 25 compañeros y la frecuencia más alta se tiene en el caso de más de 25 alumnos por clase, con un 56,7%. Con respecto al número de actividades extraescolares creativas que ofrece el centro, se obtiene que el 65,7% de los centros ofrecen una o ninguna, mientras que tan solo en el 9,8% de centros se realizan tres actividades. En cuanto a la relación entre estudiante y profesor, cerca de una cuarta parte de los alumnos (23,1%) se siente insatisfecho.

Matemáticas

Los resultados del análisis multinivel realizado con SPSS, considerando el rendimiento en Matemáticas como variable dependiente y las variables asociadas al

alumno (nivel 1) y asociadas al centro (nivel 2) como variables independientes, son los siguientes:

Variable	gl de numerador	gl de denominador	F	Sig.
Intersección	1	10980,91	22566,53	0
GEN	1	24864,97	1018,9	<0,001
REP	1	25163,56	7635,06	0
INM	1	25312,05	29,95	<0,001
TFN	1	24969,34	167,31	<0,001
LIBROS	5	24932,75	212,28	<0,001
ESP	1	24863,11	0,18	0,67
INF	1	24797,42	1,96	0,16
LECT	1	24966,72	454,15	<0,001
ISEC	1	25225,82	122,8	<0,001
TITULARIDAD	1	952,33	12,69	<0,001
LOCAL	1	940,51	3,04	0,08
TAMCL	2	1079,93	1,46	0,23
ACTIV	3	906,75	0,55	0,65
RESPR	1	24981,88	57,18	<0,001

Pruebas de efectos fijos

En esta primera tabla de resultados que proporciona SPSS podemos observar que todas las variables independientes asociadas al alumno, excepto “haber cursado infantil” ($p=0,16$) y “tener un espacio tranquilo para estudiar en casa” ($p=0,67$), tienen una influencia significativa en la variable dependiente ($p<0,05$). En el caso de las variables independientes asociadas al centro, tenemos que no influyen significativamente en la variable dependiente la localización del centro ($p=0,08$), el tamaño de la clase ($p=0,23$) ni el número de actividades creativas ($p=0,65$). Esto significa que el género, ser repetidor, inmigrante, tener

acceso a un móvil con internet, el número de libros en casa, leer por entretenimiento y el índice de estatus socioeconómico y cultural, variables de nivel 1, así como la titularidad del centro y la relación estudiante-profesor, de nivel 2, contribuyen a la varianza del rendimiento promedio en matemáticas.

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup
Intersección	390,21	5,956	15989,43	65,51	0	378,54	401,89
[GEN=0]	24,01	0,75	24864,97	31,92	<0,001	22,54	25,49
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[REP=0]	83,01	0,95	25163,56	87,38	0	81,15	84,87
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	7,02	1,28	25312,05	5,47	<0,001	4,5	9,53
[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TFN=0]	32,07	2,48	24969,4	12,94	<0,001	27,21	36,93
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-42,58	1,99	25125,84	-21,45	<0,001	-46,47	-38,69
[LIBROS=1]	-32,61	1,75	25027,12	-18,68	<0,001	-36,023	-29,18
[LIBROS=2]	-18,26	1,52	25018,91	-12,02	<0,001	-21,24	-15,28
[LIBROS=3]	-5,21	1,544	24911,54	-3,37	<0,001	-8,23	-2,18
[LIBROS=4]	2,7	1,59	24799,55	1,89	0,06	-0,11	6,1
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	0,65	1,53	24863,11	0,43	0,67	-2,34	3,634
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	6,13	4,38	24797,42	1,4	0,16	-2,45	14,7
[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	16,71	0,78	24966,72	21,31	<0,001	15,17	18,24

[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-9,52	0,86	25225,82	-11,08	<0,001	-11,20	-7,84
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	-5,38	1,51	952,33	-3,56	<0,001	-8,34	-2,41
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LOCAL=0]	-2,84	1,63	940,51	-1,74	0,08	-6,03	0,36
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	-2,86	4,38	1301,23	-0,65	0,51	-11,46	5,74
[TAMCL=1]	2,13	1,47	911,71	1,45	0,15	-0,76	5,03
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	0,85	2,64	897,36	0,32	0,75	-4,34	6,04
[ACTIV=1]	-0,4	2,57	890,3	-0,16	0,88	-5,45	4,65
[ACTIV=2]	1,86	2,69	893,82	0,69	0,49	-3,41	7,14
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-6,61	0,87	24981,88	-7,56	<0,001	-8,32	-4,89
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos

En esta segunda tabla tenemos las estimaciones de los efectos fijos, el error estándar, la significación de cada variable y el intervalo de confianza al 95%, entre otros datos. Podemos observar que el ser repetidor y tener acceso a un teléfono con Internet son las que resultan más explicativas en el rendimiento en matemáticas, seguidas del género del alumno y leer por entretenimiento, como variables de nivel 1.

Atendiendo a los intervalos de confianza, se tiene que aquellos que contienen el valor cero, indican que ese factor no resulta explicativo en el rendimiento del alumnado en matemáticas en España. Por tanto, las variables tener un espacio tranquilo para estudiar y haber cursado infantil, de nivel 1, así como la localización del centro, el tamaño de la clase y el número de actividades creativas, de nivel 2, no influyen en gran medida en el rendimiento en matemáticas.

Finalmente, analizamos los estimadores de cada variable. Los hombres tienen un promedio mayor al de las mujeres, pues el coeficiente de estimación es positivo (24.01). El alumno que no ha repetido ningún curso obtiene mejor puntuación que quien ha repetido alguna vez, y lo mismo ocurre con el alumno nativo, que consigue mejores resultados que el que es inmigrante. El coeficiente de estimación para la variable tener acceso a un teléfono con Internet es positivo, por lo que los alumnos que tienen dicho acceso consiguen un promedio mayor que quien no lo tiene. En el caso de los libros, obtiene la puntuación mayor quien tiene en casa entre 200 y 500 libros. Como ya hemos comentado, las variables tener un espacio tranquilo para estudiar y haber cursado infantil, son variables poco explicativas en el rendimiento en matemáticas, sin embargo, consiguen mejores resultados quien tiene dicho espacio, frente a quien no lo tiene, y quien ha cursado infantil. El alumno que suele leer por entretenimiento obtiene mejor promedio que quien no lo hace, lo que nos muestra la importancia de la lectura y de la comprensión lectora para cualquier competencia. El estimador para la variable índice de status socioeconómico y cultural es negativo, lo que indica que los alumnos con dicho índice más bajo, tienen peor promedio que los de índice alto.

En cuanto a las variables de nivel 2, encontramos un mayor promedio en los centros privados, pues el estimador es negativo, así como en los centros situados en zonas urbanas. Respecto al tamaño de la clase, los mejores resultados se obtienen en aquellas que tienen entre 15 y 25 alumnos. Para concluir, tenemos que los alumnos que están satisfechos con la relación que tienen con los profesores obtienen un promedio mayor que aquellos que se sienten insatisfechos.

Parámetro	Estimación	Error est.	Wald Z	Sig	Lím. Inf	Lím. Sup
Residuo	3216,84	29,21	110,14	0	3160,1	3247,6

Estimaciones de parámetros de covarianza

En esta última tabla, el residuo hace referencia a la estimación del efecto del centro al que pertenece cada alumno, teniendo un nivel de significación igual a 0, lo que significa que el centro influye en el rendimiento en matemáticas.

Ciencias

Si consideramos el rendimiento en Ciencias como variable dependiente y realizamos el análisis lineal mixto con SPSS, obtenemos los siguientes resultados:

Variable	gl de numerador	gl de denominador	F	Sig.
Intersección	1	12288,71	20703,02	0

GEN	1	24931,8	713,42	<0,001
REP	1	25224,52	5237,36	0
INM	1	25278,5	2,16	0,142
TFN	1	25029,61	108,35	<0,001
LIBROS	5	24999,15	214,28	<0,001
ESP	1	24930,31	2,23	0,14
INF	1	24860,84	2,27	0,13
LECT	1	25037,17	920,20	<0,001
ISEC	1	25276,65	42,42	<0,001
TITULARIDAD	1	955,31	0,99	0,32
LOCAL	1	940,08	3,29	0,07
TAMCL	2	1090,6	0,61	0,54
ACTIV	3	903,99	1,512	0,210
RESPR	1	25053,33	21,83	<0,001

Pruebas de efectos fijos

En el rendimiento en ciencias, tenemos que en las variables de nivel 1, además de tener un espacio tranquilo para estudiar o haber cursado infantil, tampoco resulta explicativa la variable ser inmigrante ($p=0,142$). En el caso de las variables de nivel 2, la única variable que influye en gran medida en los resultados es la relación entre estudiante y profesor.

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup
Intersección	402,117	6,371	17396,8	63,12	0	389,63	414,6
[GEN=0]	21,73	0,81	24931,8	26,71	<0,001	20,14	23,33
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-

[REP=0]	74,3	1,03	25224,52	72,37	0	72,29	76,31
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	2,03	1,39	25278,5	1,47	0,14	-0,68	4,75
[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TFN=0]	27,91	2,68	25029,61	10,41	<0,001	22,65	33,16
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-46,66	2,15	25189,99	-21,75	<0,001	-50,87	-42,46
[LIBROS=1]	-37,23	1,89	25097,8	-19,72	<0,001	-40,93	-33,53
[LIBROS=2]	-20,95	1,64	25092,77	-12,75	<0,001	-24,17	-17,73
[LIBROS=3]	-6,75	1,67	24983,67	-4,04	<0,001	-10,03	-3,48
[LIBROS=4]	1,62	1,72	24864,71	0,94	0,35	-1,74	4,98
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	-2,46	1,65	24930,31	-1,5	0,14	-5,7	0,77
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	7,14	4,73	24860,84	1,51	0,13	-2,14	16,41
[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	25,71	0,85	25037,17	30,34	<0,001	24,05	27,37
[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-6,05	0,93	25276,05	-6,51	<0,001	-7,86	-4,23
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	-1,51	1,53	955,31	-0,99	0,32	-4,5	1,48
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LOCAL=0]	-2,98	1,64	940,08	-1,81	0,07	-6,21	0,25
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	0,18	4,48	1337,13	0,04	0,97	-8,61	8,96

[TAMCL=1]	1,63	1,49	909,02	1,1	0,27	-1,28	4,55
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	-0,53	2,67	894,43	-0,2	0,84	-5,77	4,7
[ACTIV=1]	0,66	2,6	887,69	0,25	0,8	-4,43	5,75
[ACTIV=2]	3,43	2,71	891,08	1,27	0,21	-1,89	8,75
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-4,41	0,94	25053,33	-4,67	<0,001	-6,26	-2,56
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos

En esta segunda tabla de resultados proporcionada por SPSS considerando el rendimiento en ciencias como la variable dependiente, tenemos que los efectos más explicativos en dicho rendimiento son: el género, haber repetido curso, tener acceso a un teléfono con internet y el índice de estatus socioeconómico y cultural de cada alumno de nivel 1, y la relación estudiante-profesor de nivel 2.

Si tenemos en cuenta los intervalos de confianza, al igual que en caso de matemáticas, tendrán menos influencia en el resultado aquellos que contengan el cero, por lo que podemos decir que las variables menos explicativas en la varianza del rendimiento en ciencias son: ser inmigrante, tener un espacio tranquilo en casa para estudiar y haber cursado infantil, de nivel 1, además de todas las variables de nivel 2, a excepción de la relación entre el estudiante y el profesor.

Analizando la estimación de cada variable, tenemos que el género masculino vuelve a tener mejores resultados en ciencias que el género femenino. También tiene mejores resultados el alumno que no ha repetido ningún curso frente a quien ha repetido, al menos, un curso. El alumno que tiene acceso a un móvil con internet, tiene un mayor promedio que el alumno que no lo tiene. Aunque en menor medida, obtiene mejores resultados el alumno nativo frente al inmigrante. En cuanto al número de libros, el promedio mayor vuelve a obtenerlo aquellos alumnos que tienen en casa entre 200 y 500 libros, y el menor lo obtienen aquellos que cuentan con menos de 10 libros en casa. Al ser negativo, el estimador del factor tener un espacio tranquilo en casa para estudiar nos indica que, en esta competencia, obtienen mejores resultados quien no lo tiene. Si observamos la variable infantil, tenemos que tiene mejor promedio quien ha cursado esta etapa frente a quien no lo ha hecho, y lo mismo ocurre con los alumnos que leen por entretenimiento. Con respecto al índice de estatus socioeconómico y cultural, volvemos a obtener un estimador negativo (-6,05), lo que nos indica que los

estudiantes provenientes de familias con un índice más bajo tienen peor promedio que los que vienen de familias con el índice más alto.

Si analizamos las variables de nivel 2, tenemos los mismos resultados, en términos generales, que en la competencia en matemáticas: los alumnos que estudian en centros privados tienen mejores resultados que los que lo hacen en centros públicos, se obtienen mejores promedios en los centros situados en un medio urbano, así como en las clases que tienen entre 15 y 25 alumnos. También ocurre que los estudiantes que se sienten satisfechos con la relación que tienen con los profesores obtienen mejores resultados que quienes se sienten insatisfechos con dicha relación.

Parámetro	Estimación	Error est.	Wald Z	Sig	Lím. Inf	Lím. Sup
Residuo	332,86	23,1	14,41	<0,001	290,52	381,36

Estimaciones de parámetros de covarianzas

Aunque en este caso el nivel de significación no sea 0, también tenemos que el centro influye en el rendimiento en ciencias.

Resultados por CCAA

Vamos a realizar el análisis en cuatro Comunidades Autónomas diferentes: Andalucía, Madrid, País Vasco y Cataluña. En primer lugar, añadimos la variable “CCAA” que toma los valores asociados a dichas comunidades (“AN”, “MA”, “PV” y “CA” respectivamente).

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup
Intersección	387,29	9,46	4243,68	40,95	0	368,75	405,83
[GEN=0]	21,98	1,3	8753,86	16,94	<0,001	19,44	24,53
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[REP=0]	81,17	1,73	8868,67	46,9	0	77,78	84,56
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	8,71	2,13	8862,37	4,1	<0,001	4,54	12,88
[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-

[TFN=0]	26,88	3,23	8798,19	8,32	<0,001	20,54	33,21
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-38,33	3,39	8813,36	-11,32	<0,001	-44,97	-31,69
[LIBROS=1]	-29	2,98	8806,01	-9,74	<0,001	-34,83	-23,16
[LIBROS=2]	-15,24	2,57	8829,19	-5,94	<0,001	-20,27	-10,21
[LIBROS=3]	-2,05	2,58	8788,64	-0,8	0,43	-7,11	3
[LIBROS=4]	4,25	2,64	8734,38	1,61	0,11	-0,93	9,42
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	-1,28	2,42	8740,06	-0,53	0,6	-6,03	3,47
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	17,2	7,06	8743,134	2,44	0,02	3,36	31,03
[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	18,52	1,34	8775,52	13,79	<0,001	15,89	21,15
[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-11,83	1,53	8880,67	-7,76	<0,001	-14,81	-8,84
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	-7,17	2,47	316,4	-2,91	0,004	-12,02	-2,32
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LOCAL=0]	-7,37	3,18	310,47	-2,31	0,02	-13,63	-1,1
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	-9,33	7,72	443,52	-1,21	0,23	-24,5	5,84
[TAMCL=1]	3,29	2,57	301,37	1,28	0,2	-1,76	8,34
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	2,14	4,16	290,44	0,51	0,61	-6,05	10,33
[ACTIV=1]	0,3	4,04	287,74	0,08	0,94	-7,66	8,26

[ACTIV=2]	-3,94	4,28	291,89	-0,92	0,36	-12,37	4,49
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-9,04	1,49	8792,53	-6,07	<0,001	-11,97	-6,12
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-
[CCAA=AN]	-8,89	3,79	296,54	-2,35	0,02	-16,34	-1,43
[CCAA=CA]	-10,6	3,7	285,39	-2,87	0,004	-17,88	-3,33
[CCAA=MA]	-0,49	2,93	313,41	-0,17	0,87	-6,26	5,27
[CCAA=PV]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos (CCAA)

Los resultados obtenidos al realizar el análisis en las comunidades mencionadas anteriormente son muy similares a los que se obtuvieron en España, aunque en este caso tenemos dos variables nuevas que se consideran influyentes en el rendimiento en matemáticas, y son “haber cursado Infantil” y “la localización del centro”. En este sentido, los alumnos que cursaron Infantil obtienen mejor puntuación que quienes no lo hicieron, y en los centros situados en un entorno rural se obtiene peor promedio que en los entornos urbanos.

En cuanto a la variable “Comunidad Autónoma”, en primer lugar cabe destacar que resulta explicativa en la varianza del rendimiento en matemáticas. Se ha tomado el País Vasco como referencia, lo que indica que es la región donde se obtuvieron mejores resultados. En Andalucía encontramos un estimador negativo (-8,89), por lo que los resultados en esta comunidad fueron peores que en País Vasco, y aún peores fueron en Cataluña, cuyo coeficiente estimado es también negativo pero aún mayor (-10,6). En Madrid, aunque también hubo peores resultados que en la comunidad de referencia, esta diferencia es muy pequeña, con estimador -0,49.

Para tener una idea de cómo afectan estas variables al rendimiento en matemáticas en estas comunidades por separado, realizaremos el análisis filtrando los datos a cada una de ellas.

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup

Intersección	379,85	24,39	1010,78	15,57	<0,001	331,99	427,72
[GEN=0]	27,11	3,09	1469,49	8,77	<0,001	21,05	33,175
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[REP=0]	83,04	3,56	1481,9	23,34	<0,001	76,06	90,02
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	0,87	6,34	1491,67	-0,14	0,89	-13,29	11,56
[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TFN=0]	17,28	8,11	1481,91	2,13	0,03	1,36	33,19
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-31,69	8,57	1479,25	-3,7	<0,001	-48,94	-14,88
[LIBROS=1]	-24,67	7,82	1466,68	-3,15	0,002	-40,01	-9,32
[LIBROS=2]	-8,1	7,33	1473,52	-1,1	0,27	-22,48	6,28
[LIBROS=3]	2,32	7,62	1469,3	0,3	0,76	-12,62	17,26
[LIBROS=4]	12,69	7,92	1476,26	1,6	0,11	-2,85	28,22
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	-14,17	6,28	1484,03	-2,26	0,02	-26,49	-1,85
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	30,28	19,55	1475,63	1,55	0,12	-8,08	68,63
[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	16,36	3,25	1483,19	5,04	<0,001	9,99	22,72
[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-12,37	3,53	1491,56	-3,5	<0,001	-19,29	-5,45
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	1,99	6,71	40,02	0,3	0,77	-11,56	15,55
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-

[LOCAL=0]	-5,92	6,56	39,17	-0,9	0,37	-19,2	7,35
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	-88,24	43,28	743,24	-2,04	0,04	-173,21	-3,38
[TAMCL=1]	-9,37	6,48	42,32	-1,45	0,16	-22,44	3,69
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	-0,47	8,22	38,45	-0,06	0,96	-17,11	16,17
[ACTIV=1]	4,17	8,01	38,14	0,52	0,61	-12,05	20,39
[ACTIV=2]	4,19	8,13	37,52	0,52	0,61	-12,28	20,66
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-5,67	3,62	1474,95	-1,57	0,12	-12,77	1,43
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos (Andalucía)

En esta primera tabla podemos observar que todas las variables asociadas al alumno, excepto “ser inmigrante” y “haber cursado Infantil”, con niveles de significación $p=0,89$ y $p=0,12$ respectivamente, contribuyen a la varianza del rendimiento promedio en matemáticas en Andalucía. En cuanto a las variables asociadas al centro, encontramos que la única variable que resulta explicativa en la primera comunidad es el tamaño de clase ($p=0,04$).

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup
Intersección	405,98	16,12	2716,88	25,18	<0,001	374,37	437,6
[GEN=0]	25,41	2,13	3275,46	11,95	<0,001	21,24	29,58
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[REP=0]	76,69	2,82	3306,69	27,2	<0,001	71,17	82,22
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	7,99	3,17	3313,87	2,52	0,01	1,78	14,22

[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TFN=0]	24,46	5,5	3271,22	4,45	<0,001	13,67	35,24
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-46,73	5,49	3287,81	-8,51	<0,001	-57,5	-35,96
[LIBROS=1]	-34,01	4,76	3292,98	-7,15	<0,001	-43,33	-24,68
[LIBROS=2]	-19,77	3,77	3304,35	-5,24	<0,001	-27,16	-12,37
[LIBROS=3]	-6,79	3,66	3280,36	-1,86	0,06	-13,96	0,38
[LIBROS=4]	-0,9	3,66	3255,14	-0,25	0,81	-8,07	6,27
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	1,97	3,94	3261,43	0,5	0,62	-5,75	9,69
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	3,33	13,31	3276,5	0,25	0,8	-22,77	29,43
[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	19,23	2,21	3273,32	8,69	<0,001	14,89	23,57
[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-8,61	2,68	3313,96	-3,21	0,001	-13,86	-3,35
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	-7,52	4,4	114,18	-1,71	0,09	-16,24	1,2
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LOCAL=0]	-13,35	7,74	137,59	-1,73	0,09	-28,64	1,95
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	-51,3	22,27	123,86	-2,3	0,02	-95,38	-7,22
[TAMCL=1]	5,59	4,69	111,24	1,19	0,24	-3,7	14,88
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	3,21	6,33	107,43	0,51	0,61	-9,35	15,76

[ACTIV=1]	-0,77	5,96	110,07	-0,13	0,9	-12,57	11,03
[ACTIV=2]	-6,01	6,29	112,59	-0,96	0,34	-18,46	6,45
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-8,48	2,46	3283,44	-3,45	<0,001	-13,3	-3,66
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos (Madrid)

En el caso de la Comunidad de Madrid tenemos que las variables de nivel 1 que no influyen en el rendimiento en matemáticas son “haber cursado infantil” y “tener en casa un espacio tranquilo para estudiar” (pues tienen niveles de significación mayores de 0,005 y sus intervalos de confianza incluyen el cero. Por otro lado, las variables de nivel 2 que influyen son “el tamaño de clase” ($p=0,02$) y “estar satisfecho con la relación con los profesores” ($p<0,001$).

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup
Intersección	359,3	16,81	1023,58	21,38	<0,001	326,32	392,28
[GEN=0]	16,44	2,35	2521,25	7,01	<0,001	11,84	21,04
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[REP=0]	86,13	3,29	2553	26,18	<0,001	79,68	92,58
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	17,93	4,29	2455,1	4,18	<0,001	9,52	26,34
[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TFN=0]	31,8	5,31	2538,69	5,99	<0,001	21,4	42,2
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-27,18	6,75	2536,16	-4,03	<0,001	-40,41	-13,95
[LIBROS=1]	-14,91	5,81	2516,16	-2,56	0,01	-26,31	-3,51
[LIBROS=2]	-5,32	5,08	2518,48	-1,05	0,3	-15,28	4,64

[LIBROS=3]	6,18	5,16	2516,4	1,2	0,23	-3,94	16,3
[LIBROS=4]	10,84	5,36	2510,43	2,02	0,04	0,33	21,34
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	5,99	4,58	2508,4	1,31	0,19	-2,98	14,97
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	20,01	12,12	2514,88	1,65	0,1	-3,75	43,77
[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	17,8	2,39	2517,51	7,46	<0,001	13,12	22,47
[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-12,93	2,65	2548,44	-4,89	<0,001	-18,12	-7,74
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	-12,36	4,27	106,28	-2,9	0,005	-20,83	-3,9
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LOCAL=0]	-2,94	4,8	98,28	-0,61	0,54	-12,46	6,57
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	-1,8	9,03	138,78	-0,2	0,84	-19,65	16,05
[TAMCL=1]	10,22	4,33	96,04	2,36	0,02	1,64	18,81
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	-4,54	8,89	90,73	-0,51	0,61	-22,2	13,11
[ACTIV=1]	-3,06	9,04	89,85	-0,34	0,74	-21,02	14,9
[ACTIV=2]	-18,6	9,62	93,11	-1,93	0,06	-37,71	0,5
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-6,77	2,67	2534,39	-2,53	0,01	-12,01	-1,52
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos (País Vasco)

La tercera comunidad es País Vasco, donde tenemos que todas las variables de nivel 1, con nivel de significación $p < 0,001$, excepto “tener un espacio tranquilo en casa para estudiar” ($p = 0,19$) y “haber cursado infantil” ($p = 0,1$), influyen significativamente en la varianza del rendimiento en matemáticas. De las variables asociadas al centro, encontramos que los factores que influyen en los resultados son la titularidad del mismo ($p = 0,005$) y la relación entre el estudiante y los profesores ($p = 0,01$).

Parámetro	Estim.	Error estándar	gl	t	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf	Lím. Sup
Intersección	392,04	23,84	258,5	16,44	<0,001	345,09	438,99
[GEN=0]	18,3	3,38	1443,67	5,41	<0,001	11,66	24,93
[GEN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[REP=0]	77,41	5,23	1459,3	14,81	<0,001	67,15	87,66
[REP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INM=0]	2,11	5,27	1463,23	0,4	0,69	-8,23	12,44
[INM=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TFN=0]	23,39	9,07	1448,62	2,58	0,01	5,6	41,19
[TFN=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LIBROS=0]	-37,67	8,75	1458,05	-4,31	<0,001	-54,83	-20,52
[LIBROS=1]	-36,83	7,8	1459,59	-4,61	<0,001	-52,52	-21,14
[LIBROS=2]	-21,53	7,16	1458,38	-3,01	0,003	-35,58	-7,47
[LIBROS=3]	-2,29	7,34	1454,17	-0,31	0,76	-16,69	12,11
[LIBROS=4]	7,43	7,68	1440,29	0,97	0,33	-7,64	22,5
[LIBROS=5]	0	0	-	-	-	-	-
[ESP=0]	-6,66	5,6	1442,93	-1,19	0,23	-17,64	4,32
[ESP=1]	0	0	-	-	-	-	-
[INF=0]	22,15	14,49	1441,91	1,53	0,13	-6,27	50,57

[INF=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LECT=0]	20,22	3,53	1457,39	5,72	<0,001	13,29	27,15
[LECT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[ISEC=0]	-15,65	3,83	1464,26	-4,09	<0,001	-23,17	-8,14
[ISEC=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TIT=0]	-2,53	7,12	38,77	-0,36	0,73	-16,93	11,88
[TIT=1]	0	0	-	-	-	-	-
[LOCAL=0]	-6,02	7,89	37,78	-0,76	0,45	-22	9,96
[LOCAL=1]	0	0	-	-	-	-	-
[TAMCL=0]	65,03	23,92	43,61	2,72	0,01	16,81	113,25
[TAMCL=1]	-2,72	7,71	36,76	-0,35	0,73	-18,34	12,91
[TAMCL=2]	0	0	-	-	-	-	-
[ACTIV=0]	2,06	14,98	38,2	0,14	0,89	-28,25	32,37
[ACTIV=1]	-1,67	14,02	37,88	-0,12	0,91	-30,05	26,71
[ACTIV=2]	5,92	14,4	37,54	0,41	0,68	-23,24	35,07
[ACTIV=3]	0	0	-	-	-	-	-
[RESPR=0]	-17,2	3,83	1453,71	-4,49	<0,001	-24,71	-9,69
[RESPR=1]	0	0	-	-	-	-	-

Estimaciones de efectos fijos (Cataluña)

Finalmente, hemos obtenido los resultados para Cataluña, donde tenemos que “ser inmigrante”, “tener en casa un espacio tranquilo para estudiar” y “haber cursado infantil”, de nivel 1, así como la titularidad del centro, la localización del mismo y el número de actividades extraescolares que ofrece, de nivel 2, no resultan explicativas en el rendimiento en matemáticas. El resto de factores influyen con niveles de significación más pequeños que 0,01.

5. Conclusiones

Para poder analizar mejor los resultados obtenidos, los vamos a mostrar en una tabla en la que cada fila será una de nuestras variables y en las columnas estarán representados los niveles en los que hemos realizado el estudio. De este modo, las casillas en verde indican que la variable asociada a esa fila contribuye al rendimiento en matemáticas en el lugar correspondiente a la columna. Por el contrario, las casillas en rojo indican que dicha variable no influye.

	España	CCAA	Andalucía	Madrid	P. Vasco	Cataluña
GEN	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
REP	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
INM	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Rojo
TFN	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
LIBROS	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
ESP	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo
INF	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
LECT	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
ISEC	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
TITUL	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Rojo
LOCAL	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
TAMCL	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Rojo	Verde
ACTIV	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
RESPR	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde

De esta tabla podemos deducir que los resultados obtenidos en Matemáticas están más influenciados por las características del propio alumno que por las del centro donde realiza sus estudios, aunque como hemos visto antes, algunos factores de nivel 2, como la titularidad del centro o cómo se sienta el alumno con sus profesores también resultan muy explicativas en la varianza de dicho rendimiento.

Además, cuando realizamos el análisis a nivel de España, ya vimos que el centro al que pertenece el alumno influye en gran medida en los resultados.

En cuanto a la diferencia de resultados obtenidos entre hombres y mujeres, cabe destacar que no es un hecho aislado de esta edición, sino que ha pasado también en las anteriores, al igual que las chicas consiguen mejores resultados en la competencia lectora que los chicos. Esto podría estar causado por la existencia de estereotipos y limitaciones socioculturales que adquirimos desde pequeños. De hecho, en las carreras como Ingenierías o Matemáticas hay una mayor cantidad de alumnos que de alumnas. Aunque los resultados entre ambos géneros están cada vez más próximos, debemos incluir metodologías en la educación para conseguir que las chicas también tengan esa confianza en ellas mismas a la hora de enfrentarse a una tarea de matemáticas.

Entre el resto de factores que influyen en el rendimiento en matemáticas en todos los niveles, encontramos que el alumno que ha repetido al menos un curso obtiene peores resultados que quien no ha repetido nunca, lo que nos hace pensar que quizá el sistema educativo deba brindar más y distintas oportunidades de aprendizaje para el alumno que las necesite. Tanto el número de libros que se tiene en casa como el leer por entretenimiento favorecen el rendimiento en matemáticas, pues como se comentó al principio de este trabajo, se necesita mucha comprensión lectora en esta competencia. Otra variable que no solo influye en los resultados de esta edición, sino que lo ha hecho siempre, es el índice de estatus socioeconómico y cultural. Sin embargo, todas las personas deberían tener las mismas oportunidades independientemente de este factor. Finalmente, aunque en Andalucía no parezca relevante, es muy determinante en el rendimiento académico la relación del alumno con sus profesores, por lo que es vital que esta profesión se elija únicamente por vocación y no perder nunca la ilusión por enseñar y ayudar.

Este trabajo es un ejemplo de aplicación de los métodos multinivel, en el que hemos querido analizar el rendimiento en Matemáticas y Ciencias en función de unas determinadas características en cada uno de los individuos. Estos modelos ofrecen una visión más realista que otros debido a su carácter jerárquico, pues primero analiza los resultados por centros y luego por individuos, y además las estimaciones son más precisas sin necesidad de asegurar la independencia entre las variables.

Bibliografía

- [1] *Anexo I Informe PISA 20018 Navarra.*
- [2] Asparouhov, T. (2006). “*General multi-level modeling with sampling weights. Communications in Statistics Theory and Methods.*” Páginas 439–460.
- [3] Binder, D. A. (1983). “*On the variances of asymptotically normal estimators from complex surveys.*” *International Statistical Review / Revue Internationale De Statistique.* Páginas 279–292.
- [4] *blog.intef.es* “La brecha de género según los datos de PISA” (2015).
- [5] Bock, R. D., & Aitkin, M. (1981). “*Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm.*” *Psychometrika,* páginas 443–459.
- [6] “*El programa PISA de la OCDE. Qué es y para qué sirve.*”
- [7] De Landsheere, G. (1986). “La investigación educativa en el mundo”. Traducción por Glenn Amado Gallardo Jordán, 1996.
- [8] https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/12/02/fortunas/1575314169_591520.html
- [9] <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/portada.html>. Informes PISA
- [10] <http://educalab.es/inee/evaluaciones-internacionales>
- [11] <https://www.iea.nl/es/intro>
- [12] Jamshidian, M., & Jennrich, R. I. (1997). “*Acceleration of the EM algorithm by using quasi-newton methods.*” *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology).* Páginas 569–587.
- [13] Mang J., Küchenhoff H., Meinck S., Prenzel M. (2021). “*Sampling weights in multilevel modelling: an investigation using PISA sampling structures.*”
- [14] Castro M. y Lizasoain L. (2011). “Las técnicas de modelización estadística en la investigación educativa: minería de datos,

modelos de ecuaciones estructurales y modelos jerárquicos lineales.”

- [15] Ministerio de Educación y Formación Profesional. “*PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe Español*”.
- [16] Murillo Torrecilla, F.J. (2003). “El movimiento de investigación de Eficacia Escolar”.
- [17] Murillo Torrecilla, F.J. (2008). “Los modelos multinivel como herramienta para la investigación educativa”. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*.
- [18] Tapia Blásquez P. A. (2016). “Algunas contribuciones a la modelización multinivel en la Investigación Escolar en España”.
- [19] Pfefermann, D., Skinner, C. J., Holmes, D. J., Goldstein, H., & Rasbash, J. (1998). “*Weighting for unequal selection probabilities in multilevel models. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*.” Páginas 23–40.
- [20] “*Programme for International Student Assessment*”. Capítulo 9.
- [21] pruebat.org
- [22] Rabe-Hesketh, S., Skrondal, A., & Pickles, A. (2005). “*Maximum likelihood estimation of limited and discrete dependent variable models with nested random effects*.” *Journal of Econometrics*, páginas 301–323.
- [23] Fuentes de Frutos S., Renobell Santaren V. (2019). “*La influencia del género en el aprendizaje matemático en España. Evidencias desde PISA*”.
- [24] Skinner, C. J. (1989). “*Domain means, regression and multivariate analysis*.”