



Original

Exploración de la relación entre actitudes ante las ciencias y el rendimiento en el Programa Internacional para la evaluación de estudiantes (PISA)

Gorka Bidegain^{a,*} y José Francisco Lukas Mujika^b^a Departamento de Matemáticas Aplicadas, Universidad del País Vasco, Bilbao, España^b Departamento de Métodos y Diagnóstico en Educación, Universidad del País Vasco, Donostia-San Sebastián, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 22 de noviembre de 2018

Aceptado el 7 de agosto de 2019

On-line el 26 de septiembre de 2019

Palabras clave:

Programa Internacional para la evaluación de estudiantes (PISA)

Rendimiento en ciencia

Actitudes

Regresión cuantílica

R E S U M E N

El Programa internacional para la evaluación de estudiantes (PISA) 2006 y PISA 2015 se centran en la competencia científica de los estudiantes, proporcionando amplios bancos de datos para el análisis de la interacción entre el rendimiento de los estudiantes en ciencias y las actitudes no cognitivas hacia las ciencias. Los pocos estudios que exploran esta relación sugieren correlaciones positivas a nivel individual y correlaciones negativas no esperadas junto con una falta de invariabilidad escalar a nivel internacional. El objetivo de este estudio es el de contribuir a la exploración de modelos para la generalización de esta relación entre países y regiones dentro de las naciones. Para ello se analizan los datos de PISA 2015 utilizando modelos de regresión de mínimos cuadrados ordinarios y de regresión cuantílica, junto con el análisis de la matriz de correlación bivariante. Los patrones de relación entre las actitudes no cognitivas —como la autoeficacia, el interés por la ciencia, la participación en actividades científicas y el disfrute de la ciencia— y el rendimiento en ciencia se exploran a diferentes escalas; 72 países participantes en el PISA y 17 regiones de España. En el ámbito internacional la relación es inesperadamente negativa para todas las actitudes, aunque los cuantiles altos (alto rendimiento en ciencia) muestran un patrón mucho menos pronunciado. En el ámbito regional solo la autoeficacia se correlaciona de forma significativa y positiva con el rendimiento científico. En general, las relaciones no lineales positivas se distinguen por sus altos valores de rendimiento. Los resultados de este estudio sugieren la aplicación de modelos no paramétricos de regresión cuantílica y el análisis de las propiedades de los índices de actitud y el efecto de la escala en futuras investigaciones para el desarrollo de modelos universales. Estas investigaciones deberían tratar de justificar la comparación entre países/regiones utilizando puntuaciones medias a la vez que incorporan las diferencias de la influencia cultural, educativa y social en las actitudes hacia la ciencia.

© 2019 Universidad de País Vasco. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Exploring the relationship between attitudes toward science and PISA scientific performance

A B S T R A C T

The Program for International Student Assessment (PISA) 2006 and PISA 2015 is focused on students' competency in science, providing wide data banks for the analysis of the interaction between science performance and attitudes toward science. The few attempts to study this relationship in other assessment studies suggest some positive correlations on the individual level and some unexpected negative correlations and a lack of scalar invariance across countries. The aim of this study is to contribute to the exploration of the generalizability of this relationship across countries and regions within nations. For this, the PISA 2015 data are analyzed using Ordinary Least Square and Quantile regression modeling techniques together with bivariate correlation matrix analysis. The relationship patterns between

Keywords:

Program for International Student Assessment (PISA)

Science performance

Attitudes

Quantile regression

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: gorka.bidegain@ehu.eus (G. Bidegain).

attitudes —such as self-efficacy, interest in science, participation in science activities, and enjoyment of science—and performance in science are explored at different scales; across 72 PISA participating countries and across 17 regions in Spain. Across countries, the relationship is unexpectedly negative for all attitudes, although high quantiles show a much less pronounced pattern. Across regions, only self-efficacy is significantly and positively correlated with science performance. Overall, positive non-linear relationships are distinguished for high performance values. The results of this study suggest the need of further research using non-parametric quantile regression modeling, and exploring attitudinal indices scaling when investigating potential universal/invariant models. This research should try to justify the comparison across countries/regions using aggregated scores, while incorporating differences in cultural, educational, and social influences on attitudes toward science.

© 2019 Universidad de País Vasco. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El Programa internacional de evaluación de estudiantes (PISA) es un estudio comparativo estandarizado de evaluaciones internacionales a gran escala, que se desarrolla en más de 70 países participantes, 34 de ellos miembros o socios de la Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE). Según la OCDE (OCDE, 2006), las profesiones científicas y tecnológicas son menos atractivas, y en algunos países de la OCDE el porcentaje de estudiantes que estudian ciencia y tecnología en la universidad ha disminuido notablemente, en particular entre 1995 y 2005 (Potvin y Hasni, 2014). Son varias las razones que explican este hecho, como las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, que pueden desempeñar un papel importante (OCDE, 2006). Por consiguiente, en 2006 y 2015 PISA se centra en la competencia de los estudiantes en ciencias, y contempla la lectura, las matemáticas y la resolución colaborativa de problemas como áreas menores de evaluación. Para ello, PISA incorpora varios índices mediante la evaluación de los ítems del cuestionario de contexto de su iniciativa de pruebas internacionales (Krapp y Prenzel, 2011), e incluye las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia (Gallardo et al., 2010).

Los resultados más visibles de PISA son las clasificaciones basadas en las puntuaciones agregadas de los países, que tienen un amplio impacto social y se están utilizando incluso para justificar reformas en la legislación educativa (Jornet, 2013). Los informes PISA son considerados por algunos autores como una oportunidad estimulante para pensar seriamente sobre el objetivo de las escuelas (Gil, y Vílchez, 2006; Hernández, 2006). Sin embargo, existen preocupaciones importantes sobre los aspectos técnicos y metodológicos de la validez (Gorur, 2014), la comparación entre países (Torney-Purta y Amadeo, 2013), y otras cuestiones como la exactitud de la medición de la equidad de PISA (Rutkowski y Rutkowski, 2013). Además, hay una falta de estudios sobre el poder explicativo de los estudios de evaluación, junto con el uso limitado de las bases de datos de evaluación para estudios empíricos por parte de la comunidad científica (Pereira, Perales, y Bakieva, 2016).

En cuanto a la cultura científica, los extensos bancos de datos de PISA son adecuados para investigar las relaciones entre el rendimiento en ciencia y las actitudes hacia la ciencia. Esta relación ha sido estudiada previamente a escala individual, y sugiere algunas correlaciones positivas entre, por ejemplo, el interés por la ciencia y la autoeficacia y el rendimiento en ciencia (Dolin y Evans, 2011). Marsh, Hau, Artelt, Baumert, y Pechar (2006) y Fonseca, Valente, y Conboy (2011) encuentran inesperadas correlaciones negativas entre los logros y las actitudes de los países. Además, Täht y Must (2013) encuentran una falta de invariabilidad escalar en el rendimiento educativo y la actitud de aprendizaje, lo que sugiere que las relaciones entre estas variables pueden tener un significado diferente a nivel nacional y del estudiante dentro de los países. Además, las preguntas no contextualizadas del cuadernillo del estudiante podrían proporcionar valores de índice difícilmente comparables

entre países. En general, esto sugiere que los resultados basados en el promedio nacional de PISA, tanto de las puntuaciones de las pruebas como de las escalas de actitud, requieren una interpretación cautelosa y una comprensión detallada de las propiedades de los índices. Por otro lado, las inferencias estadísticas basadas en puntuaciones medias pueden incluir la potencial influencia etiológica de los datos agregados, distinta de los efectos de las mismas variables a escala individual (Schwartz, 1994).

La cuestión de si estas relaciones son universales en diferentes países, junto con el uso de las puntuaciones medias nacionales de PISA para estudiar la relación entre las actitudes de aprendizaje y los logros educativos, requiere una investigación más profunda. Para explorar esta relación la regresión cuantílica puede ofrecer una descripción más completa de los cambios funcionales que si se centra la atención exclusivamente en la media (Koenker, 2005), ya que es menos sensible a la presencia de valores atípicos.

En el contexto de la falta de poder explicativo de los informes PISA y la escasa investigación que usa bases de datos de evaluación, el propósito de este estudio es contribuir a la exploración de la posibilidad de generalizar la relación entre los logros en ciencia y las actitudes hacia la ciencia a escala nacional e internacional, utilizando técnicas de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y regresión cuantílica. El estudio se centra en la autoeficacia en ciencia, el interés en temas científicos amplios, la participación en actividades científicas y el disfrute de la ciencia.

Método

Participantes

Los datos analizados en esta investigación se obtienen de la prueba de la encuesta PISA 2015 que evalúa la cultura científica y de los cuestionarios de contexto. La población objetivo base de PISA en cada país consiste en estudiantes de 15 años (3.º de ESO) y superiores. Se analizan las puntuaciones medias nacionales de PISA en cuanto a rendimiento en ciencia y algunas actitudes hacia la ciencia de unos 540000 estudiantes de 18618 escuelas de 72 países y economías participantes. Además, se analizan de forma similar los datos regionales de las 17 comunidades autónomas de España. Todos los datos provienen de la OCDE (<https://www.oecd.org/pisa/data/2015database/>) y del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) (<http://www.mecd.gob.es/inee/estudios/pisa-2015.html>).

Instrumentos

La prueba de la encuesta sobre cultura científica

La prueba consiste en un test en formato digital que dura un total de dos horas para cada estudiante. Los ítems de la prueba son una mezcla de preguntas de opción múltiple y preguntas que requieren que los estudiantes elaboren sus propias respuestas (OCDE,

Tabla 1
Puntuaciones medias nacionales (media y error estándar [EE]) en el test de ciencias de PISA 2015 y valores obtenidos en los índices de actitudes ante las ciencias

País	Rendimiento en ciencias		Índice de actitudes ante las ciencias							
			SEFISCI		PARTSCI		INTSCI		JOYSICI	
			Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Singapur	556	1.20	.11	.01	.20	.01	.28	.01	.59	.01
Japón	538	2.97	-.46	.02	-.57	.02	-.11	.02	-.33	.02
Estonia	534	2.09	-.04	.02	.29	.02	.02	.01	.16	.01
Taipei (China)	532	2.69	.19	.02	.20	.01	-.01	.01	-.06	.02
Finlandia	531	2.39	-.04	.02	-.50	.02	-.09	.02	-.07	.02
Macao	529	1.06	-.03	.02	.17	.02	.06	.01	.20	.01
Canadá	528	2.08	.35	.02	-.02	.01	.26	.01	.40	.01
Vietnam	525	3.91	-.28	.03					.65	.02
Hong Kong	523	2.55	-.07	.02	.28	.02	.25	.02	.28	.02
BSJC (China)	518	4.64	-.01	.02	.52	.02	.45	.02	.37	.02
Corea	516	3.13	-.02	.03	-.28	.03	-.07	.02	-.14	.02
Nueva Zelanda	513	2.38	-.03	.02	-.20	.02	.09	.02	.20	.02
Eslovenia	513	1.32	.07	.02	.07	.02	-.32	.01	-.36	.02
Australia	510	1.54	.07	.01	-.30	.02	.04	.01	.12	.02
Alemania	509	2.70	-.01	.02	-.12	.02	.04	.02	-.18	.02
Holanda	509	2.26	-.08	.02	-.43	.02	-.27	.02	-.52	.02
Reino Unido	509	2.56	.27	.02	-.15	.02	.01	.02	.15	.02
Suiza	506	2.90	-.17	.02	-.12	.02	.15	.02	-.02	.02
Irlanda	503	2.39	.06	.02	-.37	.02	.06	.02	.20	.02
Bélgica	502	2.29	-.10	.02	-.13	.02	.07	.01	-.03	.02
Dinamarca	502	2.38	.08	.02	-.13	.02	.18	.02	.12	.02
Polonia	501	2.51	.16	.02	.40	.02	-.24	.02	.02	.02
Portugal	501	2.43	.27	.02	.20	.02	.27	.02	.32	.02
Noruega	498	2.26	.19	.02	-.04	.02	.05	.02	.12	.02
Estados Unidos	496	3.18	.26	.02	-.02	.02	.05	.02	.23	.02
Austria	495	2.44	-.17	.02	-.14	.02	.06	.02	-.32	.02
Francia	495	2.06	-.13	.02	-.11	.02	-.06	.02	-.03	.02
República Checa	493	2.27	.10	.02	-.08	.02	-.67	.01	-.34	.02
España	493	2.07	-.14	.02	-.20	.02	.10	.01	.03	.02
Suecia	493	3.60	.05	.02	-.25	.02	-.02	.02	.08	.03
Letonia	490	1.56	-.01	.02	.22	.02	.14	.01	.09	.02
Rusia	487	2.91	.02	.03	.66	.02	.03	.02	.00	.02
Luxemburgo	483	1.12	-.03	.02	.07	.02	.21	.01	.10	.02
Italia	481	2.52	.13	.02	.27	.02	.21	.02	.00	.02
Hungría	477	2.42	-.05	.02	.27	.03	-.23	.02	-.23	.02
Argentina	475	6.28	-.04	.05					-.20	.04
Croacia	475	2.45	.10	.02	.03	.02	-.16	.02	-.11	.02

País	Rendimiento en ciencias		Índice de actitudes ante las ciencias							
			SEFISCI		PARTSCI		INTSCI		SEFISCI	
			Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Lituania	475	2.65	.26	.02	.37	.02	.11	.01	.36	.02
Islandia	473	1.68	.24	.03	-.17	.02	.23	.02	.15	.02
Israel	467	3.44	.04	.02	.09	.04	-.24	.02	.09	.02
Malta	465	1.64	-.09	.02					.18	.02
República Eslovaca	461	2.59	-.06	.02	.14	.02	-.32	.02	-.24	.02
Kazajistán	456	3.67	.46	.03					.85	.02
Grecia	455	3.92	-.04	.02	.19	.02	.14	.02	.13	.02
Chile	447	2.38	-.10	.02	.17	.02	.04	.02	.08	.02
Bulgaria	446	4.35	.39	.02	.82	.02	.28	.02	.28	.02
Malasia	443	3.00	-.13	.02	.88	.02	.49	.02	.52	.02
Emiratos Árabes	437	2.42	.41	.02	.88	.02	.19	.01	.47	.02
Rumanía	435	3.23	-.20	.02					-.03	.02
Uruguay	435	2.20	.05	.02	.14	.02	-.05	.02	-.10	.02
Chipre	433	1.38	-.05	.02	.46	.02	.02	.02	.15	.02
Argentina	432	2.87	-.10	.02					-.09	.02
Moldavia	428	1.97	.09	.02					.33	.01
Albania	427	3.28	.02	.02					.72	.02
Turquía	425	3.93	.35	.02	.68	.02	-.06	.02	.15	.02
Trinidad y Tobago	425	1.41	.11	.02					.19	.02
Tailandia	421	2.83	.17	.02	.92	.02	.60	.01	.42	.01
Costa Rica	420	2.07	-.12	.02	.31	.02	.22	.02	.35	.02
Qatar	418	1.00	.36	.02	.80	.01	.25	.01	.36	.01
México	416	2.13	.27	.02	.53	.02	.43	.01	.42	.02
Colombia	416	2.36	-.05	.02	.64	.02	.35	.01	.32	.01
Georgia	411	2.42	.27	.02					.34	.02
Montenegro	411	1.03	.31	.02	.86	.02	-.08	.02	.09	.02
Jordania	409	2.67	.56	.03					.53	.02
Indonesia	403	2.57	-.51	.02					.65	.01
Brasil	401	2.30	.17	.02	.50	.02	.24	.01	.23	.01
Perú	397	2.36	.34	.02	.70	.02	.46	.01	.40	.01
Líbano	386	3.40	.17	.03					.38	.02
Túnez	386	2.10	-.07	.02	1.20	.02	.26	.01	.52	.02
FYROM	384	1.25	-.06	.02					.48	.02
Kosovo	378	1.70	-.29	.02					.92	.02
Argelia	376	2.64	-.16	.02					.46	.02
Rep. Dominicana	332	2.58	.54	.04	.92	.03	.69	.02	.54	.02

Tabla 2
Puntuaciones medias regionales (media y error estándar [EE]) en el test de ciencias de PISA 2015 en España y valores obtenidos en los índices de actitudes ante las ciencias

Comunidad autónoma	Rendimiento en ciencias		Índice de actitudes ante las ciencias							
			SEFISCI		PARTSCI		INTSCI		SEFISCI	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Castilla León (CL)	519	3.52	-.01	.03	-.20	.03	.19	.02	.11	.04
Madrid (MAD)	516	3.45	-.01	.04	-.20	.04	.13	.02	.13	.03
Galicia (GAL)	512	3.14	-.08	.04	-.30	.04	.05	.03	.16	.03
Navarra (NAV)	512	4.09	-.27	.03	-.40	.03	.03	.02	-.06	.03
Aragón (ARA)	508	4.65	-.13	.03	-.30	.03	.11	.03	-.01	.04
Cataluña (CAT)	504	4.73	-.10	.05	-.10	.03	.09	.03	0.06	.04
Asturias (AST)	501	3.88	-.03	.04	-.20	.04	.05	.03	0.02	.03
La Rioja (RIO)	498	5.50	-.05	.04	-.20	.04	.07	.03	-.03	.03
Castilla La Mancha (CM)	498	4.02	-.06	.03	-.20	.04	.16	.02	0.03	.03
Cantabria (CANT)	496	5.60	-.07	.05	-.30	.03	.08	.03	0.01	.04
Comunidad Valenciana (CV)	494	3.25	-.09	.05	-.20	.04	.08	.03	-.03	.04
Islas Baleares (IB)	485	4.52	-.21	.04	-.10	.03	.07	.03	0.01	.03
Murcia (MUR)	484	3.79	-.17	.03	-.20	.03	.13	.02	0.06	.03
Euskadi (EUS)	483	3.02	-.34	.03	-.30	.03	.04	.02	-.05	.03
Islas Canarias (ICAN)	475	3.56	-.18	.03	-.10	.04	.16	.03	0.11	.04
Extremadura (EXT)	474	3.79	-.19	.04	-.20	.03	.08	.02	-.01	.04
Andalucía (AND)	473	4.15	-.23	.06	-.30	.04	.13	.03	-.06	.04

2016a). Se utiliza un conjunto de 185 preguntas en la evaluación de ciencias y cada estudiante recibe solo un subconjunto de todas las preguntas; diferentes estudiantes reciben diferentes conjuntos de preguntas (OCDE, 2016b). Las puntuaciones de los estudiantes cuentan para una puntuación media PISA nacional o regional y puntuaciones específicas en lectura, matemáticas y cultura científica (OCDE, 2016a). En este estudio se analizan como variables de respuesta las puntuaciones medias en cultura científica de los países participantes y de las regiones de España (Tablas 1 y 2).

Dado que los estudiantes trabajan con diferentes cuadernillos de pruebas, las puntuaciones brutas se escalan inicialmente, de modo que el promedio de la OCDE en cada dominio (matemáticas, lectura y ciencias) sea de 500 y la desviación estándar sea de 100 (Stanat et al., 2002). Los ciclos subsiguientes de PISA están vinculados a los ciclos anteriores a través de métodos de vinculación de escalas de la teoría de respuesta al ítem (Mazzeo y von Davier, 2013). La OCDE (2014) describe en detalle los procedimientos de escalado, incluyendo la fiabilidad de las diferentes escalas (Alfa de Cronbach) para los índices de actitud.

El cuestionario de contexto y los índices de actitud

Para recopilar información contextual los estudiantes también responden a un cuestionario de contexto que se basa en el marco del cuestionario de contexto descrito en OCDE (OCDE, 2016b). En PISA 2015, al igual que en 2006, la atención se centra en las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, tanto dentro como fuera del aula. PISA busca información sobre medidas de actitudes hacia la ciencia (OCDE, 2009). En este estudio se analizan los siguientes índices de actitud de PISA: (1) autoeficacia científica (*self-efficacy in science* [SEFISCI]); (2) participación en actividades científicas (*participation in science activities* [PARTSCI]); (3) interés general en el aprendizaje de la ciencia (*interest in broad science topics* [INTSCI]); y (4) disfrute de la ciencia (*enjoyment of science* [JOYSCI]). Los informes sobre estos índices se construyen sobre la base de la media de la OCDE de las puntuaciones logit con muestras de países igualmente ponderadas, de modo que la puntuación media en todos los países de la OCDE es cero, y dos tercios tienen una puntuación de entre 1 y -1. Un valor positivo en el índice indica que los estudiantes obtienen una puntuación más alta que el promedio de la OCDE. Un valor negativo indica un valor de actitud que es inferior a la media de la OCDE.

Autoeficacia en ciencia

La autoeficacia académica se refiere a las convicciones de los sujetos en el sentido de que pueden realizar con éxito determinadas

tareas académicas en los niveles indicados (Schunk, 1991). Es decir, que el índice construido de autoeficacia en ciencias (SEFISCI) mide cuánto creen los estudiantes en sus propias capacidades para manejar las tareas y superar las dificultades eficientemente. Los estudiantes responden a ocho preguntas en una escala de cuatro puntos, donde se indica si se sienten «muy seguros», «seguros», «poco seguros» o «nada seguros» (OCDE, 2016a).

Interés en temas científicos generales

Con el fin de medir el interés general de los estudiantes en los temas de ciencias, PISA formula a los estudiantes una serie de preguntas sobre: (1) su nivel de interés en diferentes temas de ciencias; (2) su interés en las formas en que los científicos diseñan los experimentos; y (3) su comprensión de lo que se requiere para las explicaciones científicas (OCDE, 2016a). Los estudiantes declaran su interés en una escala de cuatro puntos con las categorías «no interesado», «poco interesado», «interesado» y «muy interesado» (OCDE, 2014).

Participación en actividades científicas

Otro conjunto de preguntas de PISA se refiere a la participación del alumnado en actividades científicas, tanto en la escuela como fuera de ella, por ejemplo, participar en concursos científicos, apuntarse a un club de ciencias (OCDE, 2016a) y ver programas de televisión, leer revistas, visitar sitios Web, etc. sobre el tema. Se pregunta a los estudiantes con qué frecuencia realizan actividades relacionadas con las ciencias en una escala de cuatro puntos, utilizando las categorías de respuesta «muy a menudo», «regularmente», «a veces» y «nunca o casi nunca» (OCDE, 2014).

Disfrute de la ciencia

Además del INTSCI, otro aspecto que se relaciona con la motivación del alumnado para aprender ciencias es el disfrute de la ciencia, es decir, cuán interesante y divertido es para el alumnado aprender ciencias (OCDE, 2016c). El disfrute de la ciencia es un índice que se obtiene a partir de un conjunto de preguntas a las que los estudiantes deben responder utilizando una escala de Likert de cuatro puntos con las categorías «fuertemente de acuerdo», «de acuerdo», «en desacuerdo» y «fuertemente en desacuerdo» (OCDE, 2014). Por ejemplo, PISA pide a los estudiantes que indiquen su nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones: (1) generalmente me divierto cuando estoy aprendiendo temas de ciencias; (2) me gusta leer sobre la ciencia; (3) soy feliz resolviendo problemas de

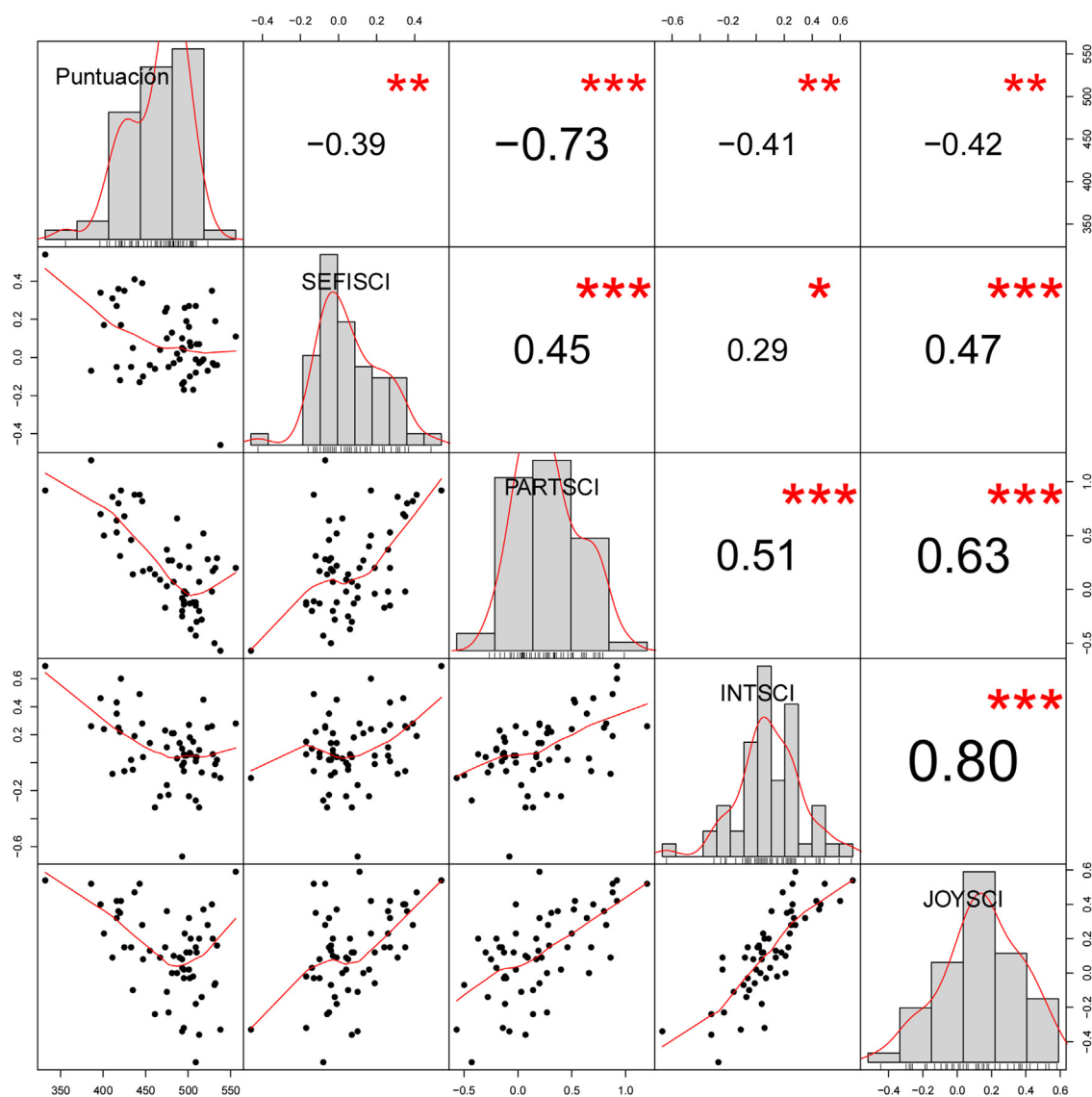


Figura 1. Matriz de correlación (países) para la relación entre las variables de «actitud hacia la ciencia» y rendimiento en cultura científica (puntuación PISA 2015) en los países participantes. La distribución de cada variable se muestra en la diagonal. En la parte inferior de la diagonal se muestran los gráficos de dispersión bivariable con una curva no lineal ajustada. En la parte superior de la diagonal el valor de la correlación más el nivel de significación usando asteriscos; valores $p = .001; .01; .05; .1$ para los símbolos «***», «**», «*», «».

ciencias; (4) disfruto adquiriendo nuevos conocimientos en ciencias; y (5) me interesa aprender sobre la ciencia (OCDE, 2012).

Análisis de datos

En primer lugar se realiza un análisis de correlación bivalente entre todas las variables. La selección de una prueba de correlación adecuada (es decir, la prueba paramétrica de Pearson o la prueba no paramétrica de Spearman) se basa en la distribución de las variables. La distribución de cada variable y los niveles de significación (valor p), así como los coeficientes de correlación se calculan, para ambas pruebas, mediante una matriz de correlación. También se calculan curvas de ajuste no lineales para un mejor análisis exploratorio.

Para un análisis más detallado se utiliza el modelo de regresión de MCO para investigar los patrones de relación entre las variables de actitud hacia las ciencias (variables predictoras) y los logros científicos (variables de respuesta). Para un análisis más detallado de los modelos se verifican los residuales de las regresiones y se encuentran relaciones no lineales entre variables no explicadas por

los modelos de regresión ni casos influyentes (es decir, valores atípicos influyentes). Los errores residuales se analizan después de ajustar los modelos a los datos por si pudieran revelar patrones inexplicados en los datos por medio del modelo ajustado y, por consiguiente, para comprobar si se cumplen los supuestos de regresión lineal mientras se mejoran los modelos de forma exploratoria.

De manera similar, se aplican los modelos de regresión cuantílica (MRC) a los cuantiles 5, 50 y 95. El MRC para los índices de relación entre actitud vs. rendimiento en ciencia se aplica al caso en todo el país. El tamaño de la muestra (17 regiones) para el caso interregional se considera demasiado pequeño para un análisis de regresión cuantílica adecuado. La ecuación puntuación de ciencia $PISA = a + b \times \text{índice de actitud}$ representa el modelo de regresión para la relación analizada, donde el coeficiente a representa la intersección y el coeficiente b representa la pendiente. Estos coeficientes se utilizan para comparar el MRMCO con el MRC. Las estimaciones del MRC se comparan con las del MRMCO en la intersección y la pendiente de los modelos. En primer lugar, para comparar las intersecciones entre modelos se realiza la prueba del intervalo de confianza (IC=95%) (Du Prel, Hommel, Rohrig, y Blettner, 2009),

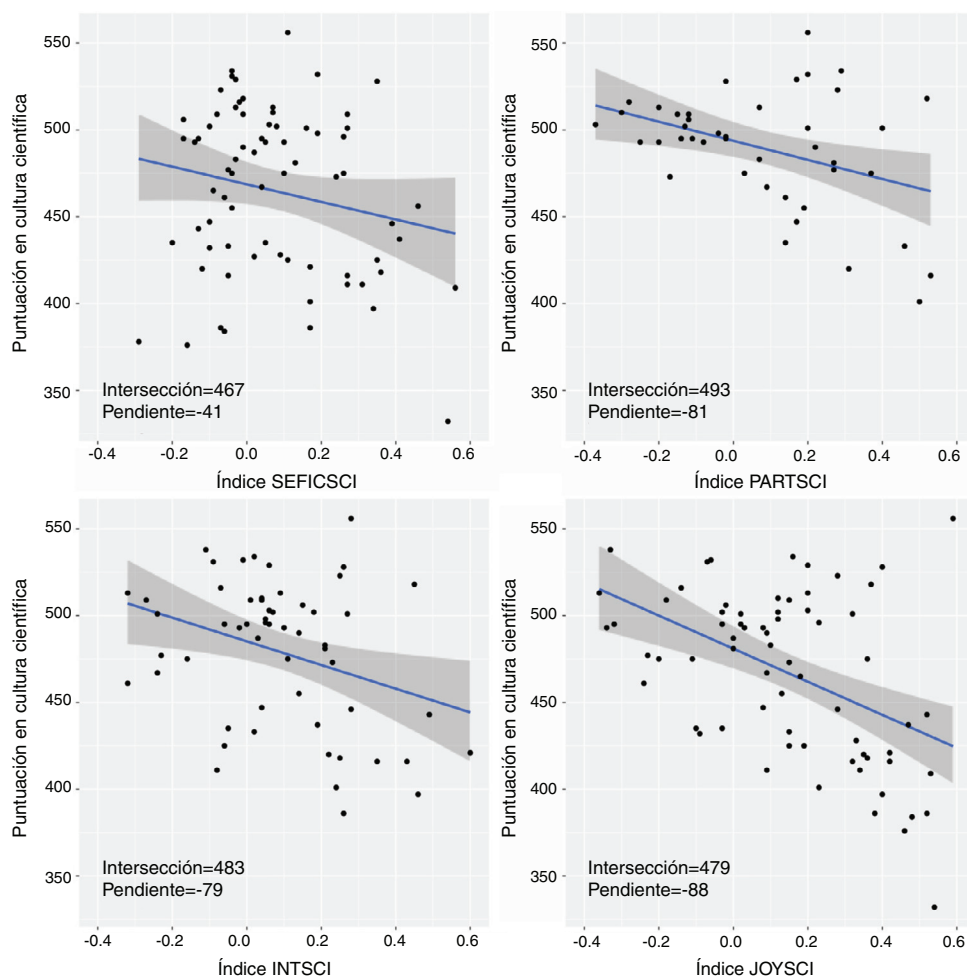


Figura 2. MRMCO para la relación entre las variables relacionadas con las actitudes hacia la ciencia y el rendimiento en cultura científica en los países participantes en PISA. El área gris sombreada forma una banda de confianza del 95% alrededor de las estimaciones del MRMCO (línea azul).

que evalúa las diferencias por pares entre los sitios. Las diferencias se consideran significativas ($p < .05$) cuando el intervalo de confianza no contiene el cero. En segundo lugar, se realiza un análisis de regresión cuantílica de la desviación para probar la igualdad de las pendientes de los modelos. Estos análisis se realizan para todos los países participantes en PISA (MRMCO, MRC) y para todas las regiones de España (MRMCO). El análisis cuantílico no se realiza en los datos regionales debido al limitado número de regiones (17 regiones). Este estudio no explora el efecto del sexo en el análisis, ya que los hombres y las mujeres no tienen actitudes significativamente diferentes hacia la ciencia escolar (OCDE, 2009).

Los análisis antes mencionados se llevan a cabo con el software R (R Core Team, 2017). En concreto, se utilizan los siguientes paquetes: rgl, quantreg (Koenker, 2017), car, corrplot, ggplot2, multiplot, visreg, devtools, easyGgplot2, SparseM, Rmisc, grid, grid, gridExtray Performance Analytics.

Interpretación de los datos estadísticos

Las correlaciones y los modelos de regresión que se obtienen en este estudio a partir de las puntuaciones medias deben interpretarse con cautela. La falacia de la inferencia ecológica (Ess y Sudweeks, 2001) ocurre cuando las inferencias sobre la naturaleza de los sujetos se deducen a partir de inferencias sobre el grupo al que pertenecen esos sujetos. El promediado puede reducir la dispersión y aumentar la correlación. El uso de puntuaciones medias como puntos de datos puede sobreestimar la correlación entre el rendimiento en ciencia del estudiante y sus actitudes hacia la

ciencia. Las variables ecológicas son necesarias para examinar los efectos estructurales, contextuales y sociológicos sobre el comportamiento humano (Schwartz, 1994). La relación entre las actitudes hacia la ciencia y el rendimiento en ciencia puede ser un ejemplo de ello. Las actitudes no son reducibles a características individuales. El entorno sociocultural tiene una influencia potencial sobre las actitudes hacia la ciencia. Aquí, las correlaciones y los modelos de regresión basados en las puntuaciones medias tratan de tomar nota de la influencia etiológica potencial de las variables de nivel agregado, distintas de los efectos de las mismas medidas a escala individual (Schwartz, 1994).

Resultados

Análisis entre países

Las correlaciones entre los índices de actitud estudiados son significativas y en general muestran correlaciones positivas moderadas y fuertes (Figura 1). JOYSI e INTSCI son los dos índices con el mayor grado de correlación ($r = .80$). Las correlaciones entre las variables de actitud y las puntuaciones de rendimiento en ciencia muestran correlaciones negativas significativas, particularmente fuertes para PARTSCI ($r = -.73$). Además, las curvas no lineales ajustadas (diagonales de diagramas de dispersión en la Figura 1) muestran un patrón de relación no negativa o positiva entre los índices explorados y el rendimiento en los extremos superiores

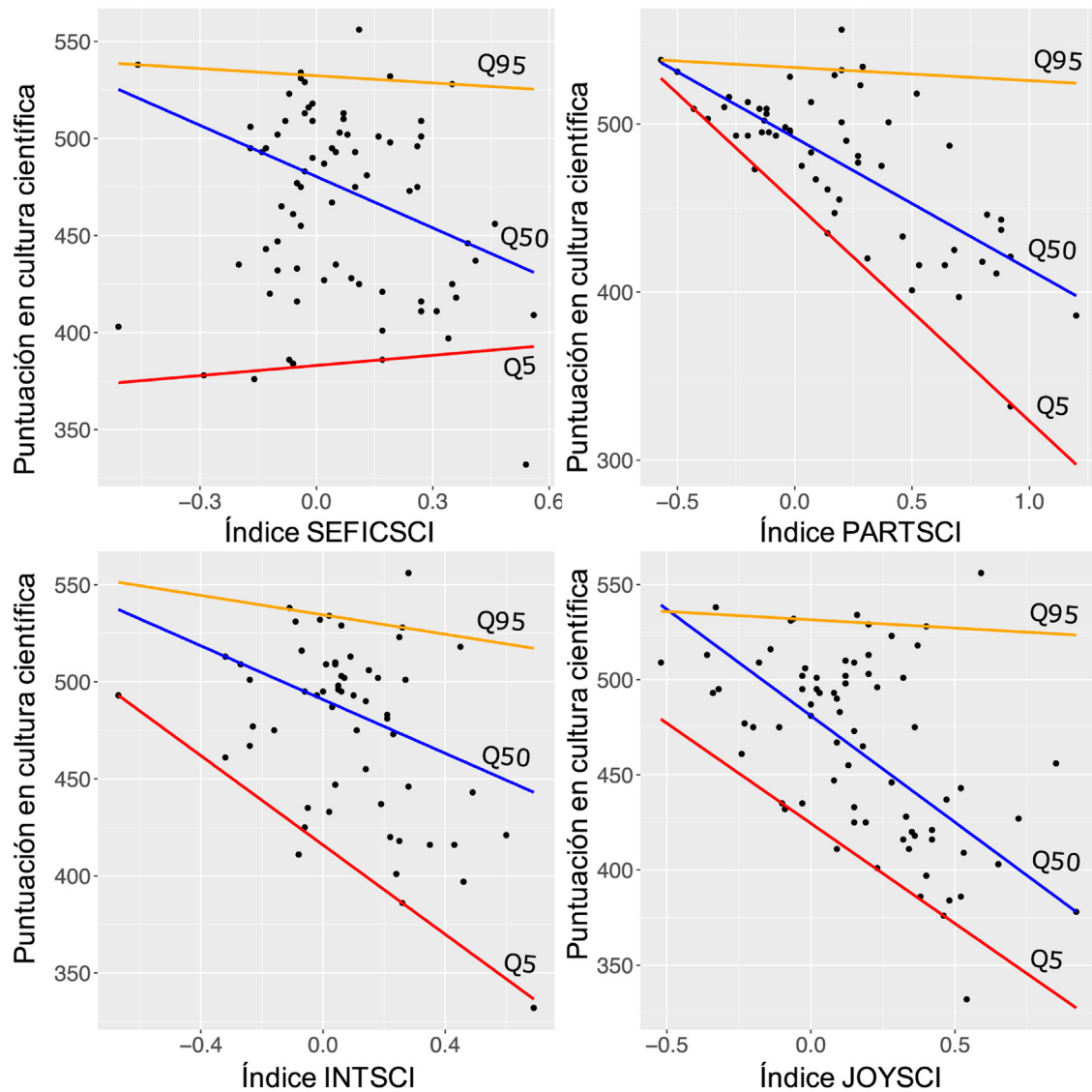


Figura 3. Las curvas de regresión cuantílica para las variables de actitud (SEFISCI, PARTSCI, INTSCI y JOYSCI) y la puntuación PISA en ciencia en todos los países participantes en PISA 2015 utilizando técnicas de regresión lineal cuantílica (Koenker, 2005, 2017) se representan de la siguiente manera: cuantil 5 (Q5, línea roja), cuantil 50 o mediana (Q50, línea azul) y cuantil 95 (Q95, línea naranja).

de las curvas (es decir, para puntuaciones de alto rendimiento en ciencia).

Los modelos de regresión MCO (Figura 2) muestran relaciones lineales negativas significativas ($p < .05$) entre índices de actitud y rendimiento en ciencia, con intersecciones entre 467 (SEFISCI) y 493 (PARTSCI) y pendientes entre -41 (SEFISCI) y -88 (JOYSCI). Curiosamente, países con altos resultados en ciencias como Japón (538) y Finlandia (531) obtienen valores bajos y muy bajos para todos los índices SEFISCI (Tabla 1). Por otro lado, países como Turquía, México y la República Dominicana, con puntuaciones bajas y muy bajas de rendimiento en ciencia, obtienen valores generalmente altos para todos los índices de actitud (Tabla 1).

De manera similar al MRMCO, Q50 (la mediana) muestra relaciones negativas para todos los índices (Figura 3). Sin embargo, a medida que el cuantil aumenta, la pendiente negativa casi desaparece para todos los índices. Cuando se analiza el cuantil Q5 las relaciones tanto para PARTSCI como para INTSCI con el rendimiento se vuelven aún más negativas, mientras que para SEFISCI la relación se vuelve ligeramente positiva, y para JOYSCI no cambia significativamente.

Los coeficientes del MRC se comparan con los coeficientes del MRMCO (intersección y pendiente) a lo largo de valores cuantiles de Q10 a Q90, como se muestra en la Figura 4. Para todos los índices las intersecciones de los puntos de regresión cuantílica (coeficiente a) se encuentran fuera (por encima) del intervalo de confianza del MRMCO, más allá de los cuantiles Q60 o Q70 (ver los paneles superiores de cada subfigura A, B, C y D de la Figura 4). En el caso de los cuantiles altos, la intersección (es decir, la puntuación de rendimiento en el punto en el que el valor del índice actitudinal es cero; esto es, la puntuación media del índice en todos los países de la OCDE) es significativamente mayor ($p < .05$) que en los cuantiles bajos.

Con respecto a la pendiente o la estimación de los modelos (coeficiente b) las estimaciones de los puntos de regresión cuantílica y las curvas del MRMCO no son estadísticamente diferentes a lo largo de los diferentes valores cuantiles para SEFISCI ($F = .53$, $p = .83$) e INTSCI ($F = .88$, $p = .54$) cuando se probó a través del análisis de regresión cuantílica de la desviación. Para estos dos índices la curva de regresión cuantílica (incluyendo el intervalo de confianza) del coeficiente b se superpone claramente al intervalo de confianza

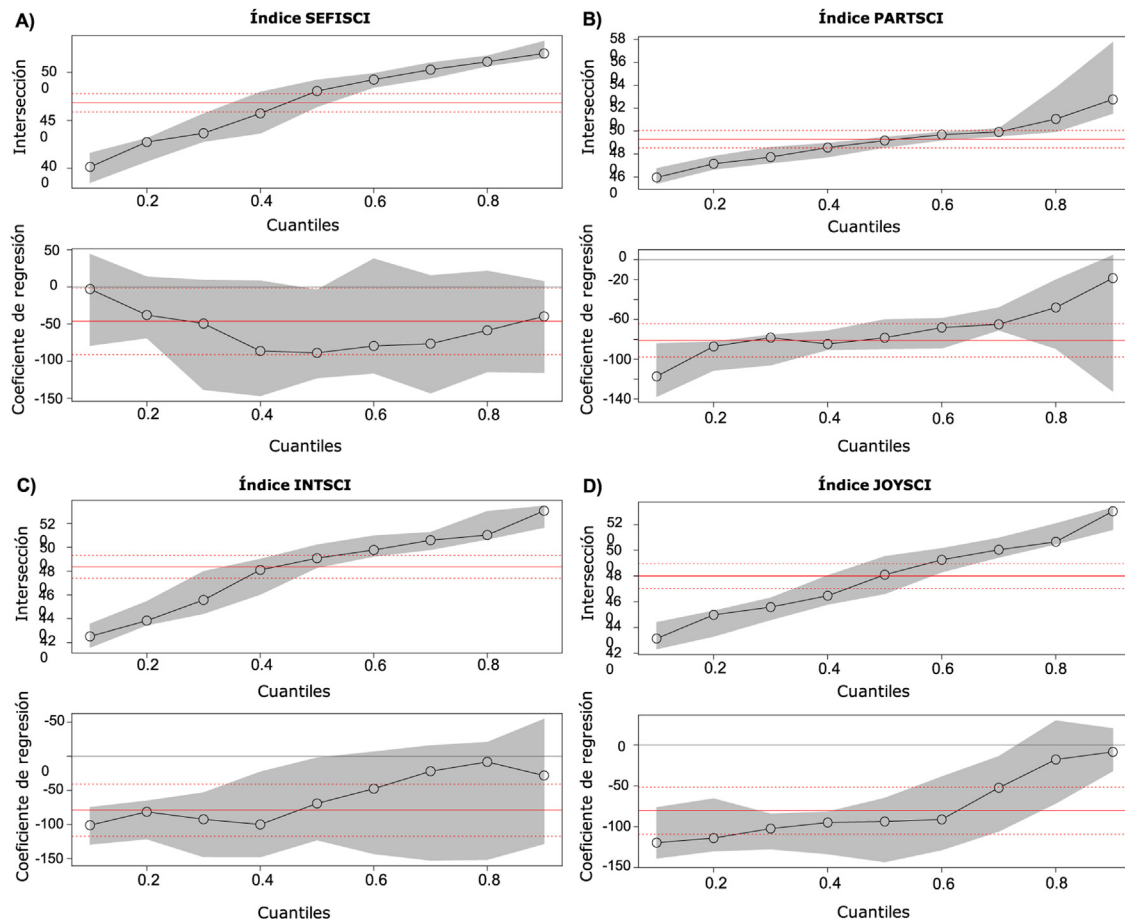


Figura 4. Comparación entre las estimaciones de puntos del MRC (línea negra con círculos) y los resultados del MRMCO (línea roja) en el coeficiente de intersección y regresión (pendiente) para los modelos de regresión obtenidos para la relación entre la actitud hacia las variables de ciencias y el rendimiento en cultura científica en los países participantes en PISA 2015. El intervalo de confianza del 95% para los puntos del MRMCO y del MRC se representa por líneas de guión rojas y áreas grises, respectivamente.

del MRMCO (ver los paneles inferiores de las subfiguras A y C de la Figura 4).

Para PARTSCI y JOYSICI la curva de regresión cuantílica del coeficiente b se encuentra por encima de la línea del MRMCO desde el cuantil Q70 (ver los paneles inferiores de las subfiguras B y D de la Figura 4). Aunque los intervalos de confianza de ambos modelos se solapan, el análisis de regresión cuantílica de la desviación confirma estimaciones significativamente más altas para el MRC que para el MRMCO para cuantiles altos tanto para PARTSCI ($F=2.09$, $p=.035$) como para JOYSICI ($F=3.43$, $p=.0007$). Esto significa que para valores de cuantiles altos las relaciones con el rendimiento, tanto para PARTSCI como para JOYSICI no son tan negativas como con el modelo lineal basado en la media, lo que da como resultado coeficientes (pendientes) cercanos a cero.

Análisis regional: el caso de España

Para el análisis regional dentro del país (Tabla 2), después de verificar el supuesto de normalidad, se aplica la prueba de correlación de Spearman. El análisis de correlación entre los índices de actitud estudiados muestra una correlación moderada y significativa ($r=.57$) solo para SEFISCI y JOYSICI (Figura 5).

Las variables de actitud y las puntuaciones de rendimiento en ciencia muestran una correlación positiva significativa para SEFISCI ($r=.61$). El patrón de relación no negativa o positiva entre los índices explorados y el rendimiento en los extremos superiores de las curvas también puede observarse en el análisis regional en España

(véanse las curvas no lineales ajustadas en las diagonales de la Figura 5).

SEFISCI muestra una relación lineal positiva significativa ($.01$) con el rendimiento con un valor de intersección de 507 y una pendiente de 91 (Figura 6). Es decir, regiones con valores SEFISCI bajos, como Euskadi (el valor SEFISCI más bajo) y Andalucía, por ejemplo, obtienen resultados en ciencias significativamente más bajos que Castilla León o Madrid, que tiene los valores SEFISCI más altos (Tabla 2). El resto de los modelos de regresión no son significativos, como puede observarse en el caso de JOYSICI vs. rendimiento en ciencia con una $p=.1$.

Los modelos de regresión cuantílica no se aplican al caso nacional interregional debido al tamaño de la muestra, demasiado pequeño para un análisis adecuado.

Discusión

Es esencial comprender de forma universal la relación entre las actitudes educativas y el rendimiento en ciencia para mejorar los sistemas de enseñanza y aprendizaje y para comprender mejor la disminución de la proporción de estudiantes de ciencias en las universidades de todo el mundo en las décadas anteriores (Fonseca et al., 2011; Newell, Tharp, Vogt, Moreno, y Zientek, 2015). En este estudio no se obtienen modelos generales y transferibles relacionados con las actitudes hacia la ciencia y el rendimiento en ciencia. Sin embargo, se obtienen algunas ideas interesantes a este respecto. Los resultados, discutidos más adelante, sugieren que el

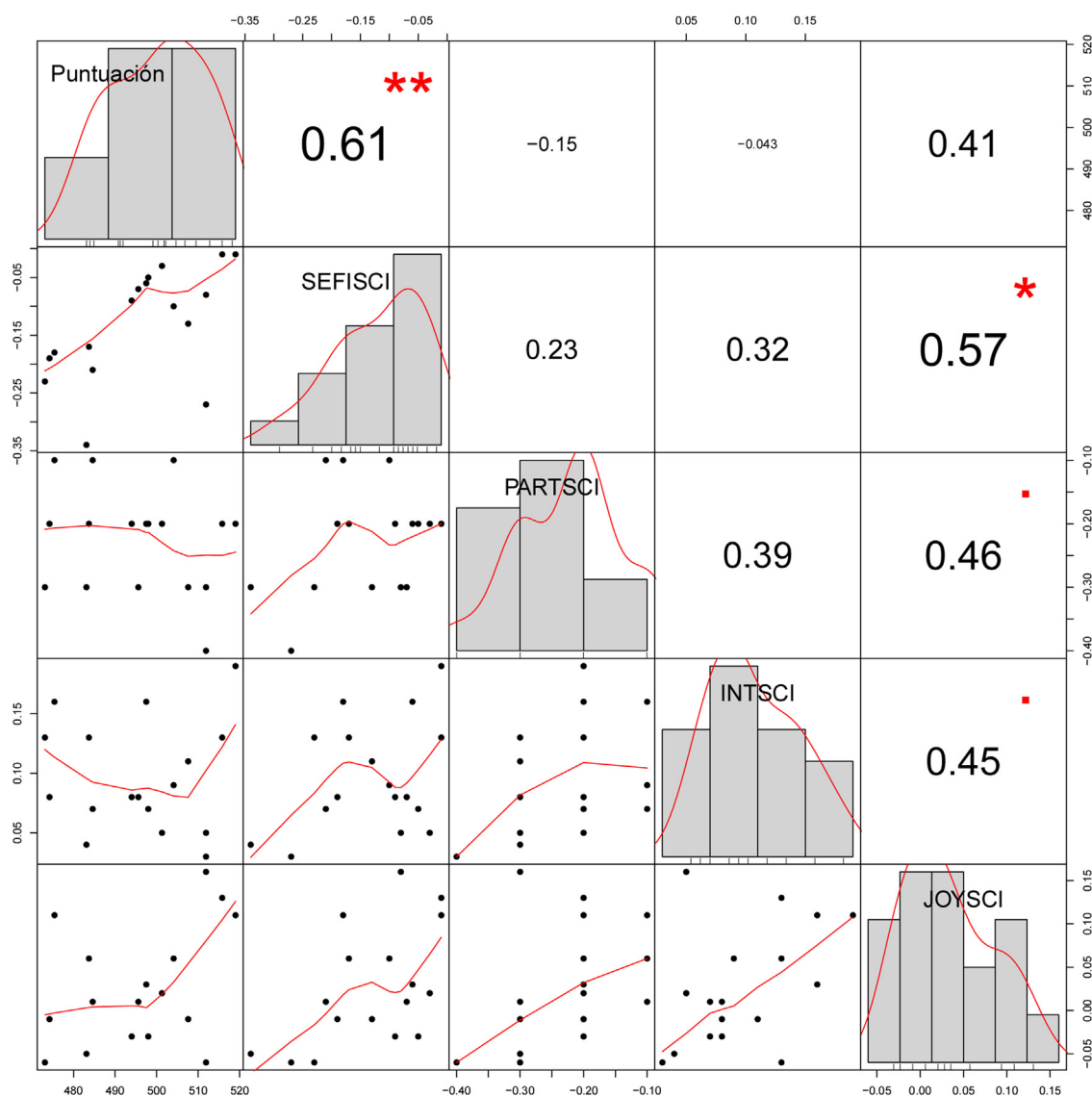


Figura 5. Matriz de correlación (regiones, España) para la relación entre las variables «actitud hacia la ciencia» y el rendimiento en cultura científica (puntuación PISA 2015) en todas las regiones de España. En la parte superior de la diagonal el valor de la correlación más el nivel de significación usando asteriscos; valores $p = .001; .01; .05; .1$ para los símbolos «***», «**», «*», «.», «».

análisis cuantílico, junto con los modelos de regresión no lineal o no paramétrica, pueden ser un enfoque interesante para la investigación futura cuando se investigan modelos universales potenciales (invariantes) utilizando puntuaciones agregadas a nivel nacional y regional. Además, este tipo de estudio demuestra hasta qué punto las comparaciones entre países son siempre estimulantes; se necesitan múltiples perspectivas para evaluar la situación de cada país y cómo dicha visión, tanto nacional como regional, puede enriquecerse cuando se coloca dentro de un marco más amplio para una interpretación más general de las puntuaciones del rendimiento en ciencia (INEE, 2017).

El análisis internacional muestra correlaciones significativas entre los índices de actitud estudiados, con correlaciones particularmente fuertes para JOYSCI e INTSCI. Aunque los constructos son independientes, pueden estar relacionados entre sí (Baram-Tsabari y Yarden, 2009). Krapp, y Prenzel (2011) sugieren que estas dos actitudes pueden solaparse porque el disfrute «puede ocurrir por muchas razones», y «el interés es solo una de ellas». La definición de interés de PISA 2015 (OCDE, 2016a) incluye «curiosidad» y «voluntad». Este vínculo entre los índices y sus diversas definiciones puede indicar la necesidad de investigar más a fondo las

definiciones de los índices de actitud y los métodos de evaluación.

Las actitudes positivas hacia la ciencia pueden mejorar el rendimiento académico en ciencias de los estudiantes, como se observa en los resultados de los estudios a escala individual (Dolin y Evans, 2011). Sin embargo, a una escala más amplia (es decir, entre naciones y regiones), la relación entre todas las variables de actitud y el rendimiento en ciencia utilizando las puntuaciones agregadas de PISA es negativa (Figuras 1 y 3) y particularmente fuerte para PARTSCI. Este resultado está en línea con el de Marsh et al. (2006) y Fonseca et al. (2011), quienes encuentran inesperadas correlaciones negativas entre los logros educativos y las actitudes a escala nacional en algunos países.

Los países con altas puntuaciones PISA en ciencias, donde las escuelas informan de que ofrecen pocas actividades de ciencias y muestran valores relativamente bajos en el índice PARTSCI son, entre otros, Japón (-.57), Finlandia (-.60), Países Bajos (-.43) y Corea (-.28) (Tabla 1). Por el contrario, algunos países con altos valores del índice PARTSCI, como Túnez (1.20), Tailandia (-.92), Montenegro (-.86) y Perú (-.70), muestran altos resultados en ciencias (Tabla 2) (OCDE, 2016a). La ausencia de un patrón claro para la

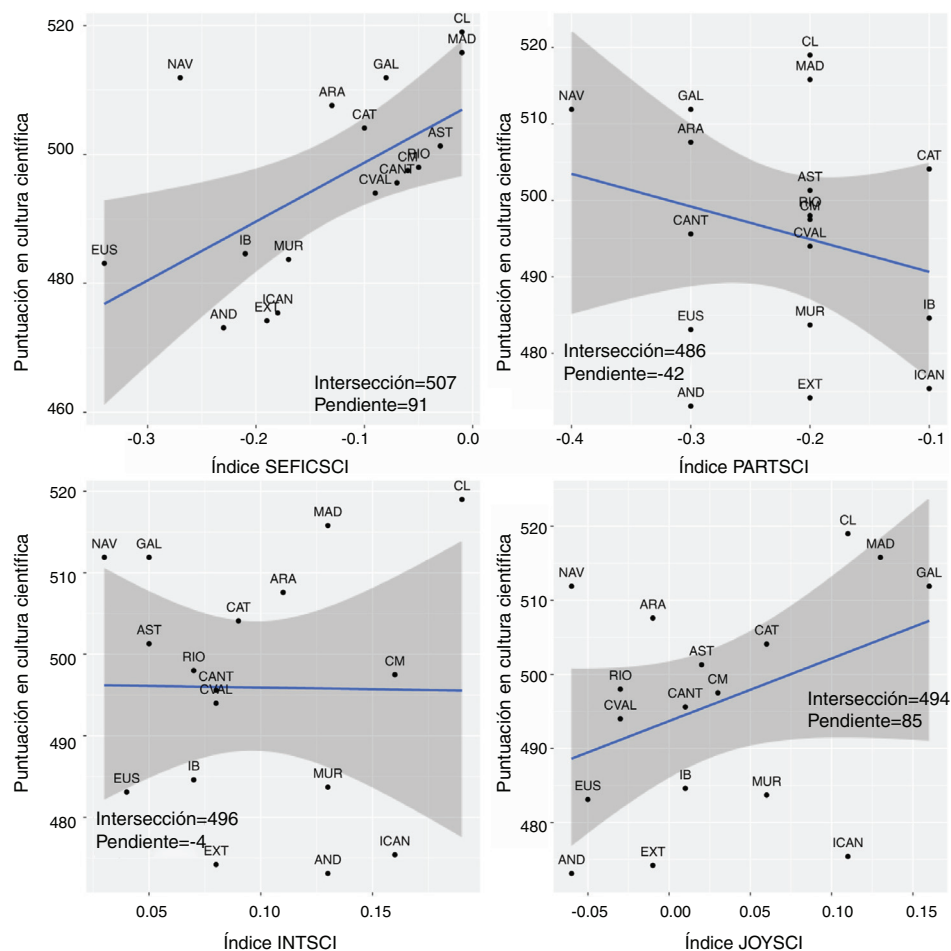


Figura 6. MRMCO para la relación entre las variables relacionadas con la actitud hacia la ciencia y el rendimiento en cultura científica (PISA) en las comunidades autónomas de España. El área gris sombreada forma una banda de confianza del 95% alrededor de las estimaciones del MRMCO (línea azul).

relación entre PARTSCI y el rendimiento en ciencia puede tener dos posibles explicaciones, teniendo en cuenta que las relaciones estudiadas no son causales. Por un lado, los estudiantes pueden desarrollar ideas alternativas sobre la ciencia a partir de actividades tales como ver programas de televisión, leer revistas, visitar sitios Web, que afectan a su rendimiento en ciencia (Chi, 2000). Las concepciones alternativas tienden a ser muy resistentes a la instrucción (Chi, 2005). Por otra parte, las dificultades a las que se enfrenta PISA para recopilar datos fiables y escalar datos sobre las actitudes de los estudiantes mediante la formulación de preguntas no contextualizadas en el cuestionario de los estudiantes podrían dar lugar a valores de índice que todavía no pueden compararse entre países, ya que no pueden incorporar el contexto histórico y cultural más amplio del alumnado. En general, esto sugiere que los resultados basados en el promedio nacional PISA, tanto de las puntuaciones de las pruebas como de las escalas de actitud, requieren una interpretación cautelosa y una comprensión detallada de los índices.

Las curvas no lineales ajustadas (Figura 1, diagonal) muestran un patrón de relación no negativo o positivo entre los índices explorados y el rendimiento en el extremo superior de estas curvas (es decir, para una alta puntuación de rendimiento en ciencia) según lo que informan Fonseca et al. (2011). En general, el MRC que se aplica a los datos internacionales (Figura 3) muestra que a medida que se aumenta el cuantil la pendiente negativa casi desaparece para todos los índices. Además, la comparación de los coeficientes MRC con los coeficientes MRMCO a lo largo de los valores de los cuantiles (Figura 4) muestra diferencias en la relación entre

las actitudes y el rendimiento. Particularmente para PARTSCI y JOYSCI, la relación entre los índices y el rendimiento encontrados con el MRC no es tan negativa como la encontrada con el modelo lineal basado en la media (MRMCO). Para los cuantiles altos los coeficientes del MRC (pendientes) son cercanos a cero; es decir, relaciones no significativas entre los índices y el rendimiento (Figura 4).

Los resultados demuestran la idoneidad de los modelos de regresión cuantílica para registrar comportamientos específicos en la interacción de las actitudes hacia la ciencia y el rendimiento en ciencia como una alternativa a los modelos basados en la media. Sin embargo, una interpretación completa de estos resultados puede requerir investigación adicional. Los resultados preliminares de las curvas no lineales ajustadas (Figuras 1 y 5, diagramas de dispersión) sugieren explorar el uso de modelos de regresión simples no paramétricos y de regresión cuantílica no paramétricos (Lipsitz, Belloni, Chernozhukov, y Fernández-Val, 2016) para proporcionar una estimación más precisa de la función de regresión que la obtenida por el análisis paramétrico aplicado en este estudio.

El análisis interregional muestra relaciones no significativas entre los índices de actitud, excepto en el caso de SEFISCI y JOYSCI, que indican una correlación positiva moderada (Figura 5). El término autofeicacia en ciencias se utiliza para describir la creencia positiva de los estudiantes en la resolución de un problema científico difícil, y es un poderoso incentivo para perseverar a pesar de las dificultades (Bandura, 1977) y puede estar relacionado con el disfrute del aprendizaje de la ciencia. En lo que respecta al rendimiento en ciencia, los altos valores regionales del índice SEFISCI se

correlacionan significativamente con la puntuación PISA en ciencia (Figuras 5 y 6), pero el resto de los índices muestran una asociación no significativa con el rendimiento en ciencia. La autoeficacia en ciencias se relaciona con el rendimiento, su orientación profesional y la elección de cursos (Nugent et al., 2015). Considerando los datos de la OCDE, las creencias de autoeficacia de los estudiantes muestran estar fuertemente correlacionadas con el rendimiento de los estudiantes, tanto dentro de algunos países como entre ellos (OCDE, 2016c). También es interesante señalar el efecto de retroalimentación que sugiere Bandura (1997), donde mejores resultados académicos en ciencia pueden llevar a un aumento en la autoeficacia a través de la retroalimentación positiva recibida de docentes, compañeros y padres.

El análisis interregional dentro de los países podría verse afectado por sus limitados datos (17 regiones en el presente caso) y este efecto debería evaluarse más a fondo. Por lo tanto, se necesita precaución al interpretar los resultados interregionales de este estudio. Las regiones con valores SEFISCI bajos, como Euskadi y Andalucía, obtienen puntuaciones de rendimiento en ciencia significativamente inferiores a las de Castilla y León o Madrid, que tienen los valores SEFISCI más altos (Figura 6, Tabla 2). El caso de Euskadi, por ejemplo, es notable. En este caso, el producto interior bruto regional es de unos 70000 euros al mes, muy por encima de la media nacional y de la media de la UE28 (Eurostat, 2018). Esta comunidad autónoma obtiene una puntuación relativamente baja en todos los índices y en el rendimiento en ciencia (14 de 17; 9.º considerando diferencias significativas) (Tabla 2). Este resultado contradice el hecho de que los países y regiones con ventajas socioeconómicas pueden tener muchas más probabilidades de tener estudiantes con buenas actitudes en ciencias y buenas puntuaciones en PISA (OCDE, 2016a).

Es necesario entender que esta y otras relaciones vinculadas a los antecedentes familiares, el estatus socioeconómico y los antecedentes de inmigración (Willms, 2006) pueden haberse convertido en mitos (Schleicher, 2016). En los últimos años: (1) menos de una cuarta parte de la variación del rendimiento entre los países de la OCDE se explica por el producto interior bruto per cápita; y (2) muchos países y regiones desfavorecidas desde el punto de vista socioeconómico han modificado sus políticas y prácticas educativas, lo que ha dado lugar a importantes mejoras en los resultados del aprendizaje. Como se muestra en cultura científica (Tablas 1 y 2) hay algunos países y regiones que no son ricos, pero proporcionan una educación excelente, y países y regiones que están significativamente desarrollados, pero no son competitivos en la clasificación PISA. Un ejemplo de que la educación y las políticas públicas pueden marcar una gran diferencia para los estudiantes desfavorecidos es el hecho de que el 10% de los estudiantes más desfavorecidos de Shanghái obtienen puntuaciones científicas similares a los que obtienen el 10% de los estadounidenses de 15 años más privilegiados (OCDE, 2016a). Es posible que los países y regiones altamente desarrolladas, con un bajo rendimiento y una baja puntuación en las actitudes hacia la ciencia tengan que tomar nota de algunos factores, como la calidad de los docentes o el beneficio que una retroalimentación positiva tiene en las actitudes de los estudiantes. Los sistemas educativos con más alto rendimiento dan prioridad a la calidad de los docentes sobre el tamaño de las clases (Schleicher, 2016).

Los países y regiones altamente desarrolladas y con bajas puntuaciones en rendimiento en ciencia tienen motivos para ser críticos con su sistema educativo. Sin embargo, esta autocrítica no tiene por qué conducir a un callejón sin salida que solo lleve a la mejora de las puntuaciones de las pruebas PISA. PISA puede tener más interés en seguir las leyes y teorías científicas a través de preguntas cerradas limitadas a problemas de naturaleza puramente académica, con poca o ninguna conexión entre disciplinas, que en fomentar el pensamiento divergente implícito en el espíritu

creativo, que es fundamental para el avance de la ciencia (Gallardo et al., 2010).

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que la investigación adicional usando curvas no paramétricas de regresión cuantílica y escalado puede ser crucial cuando se investigan modelos potenciales universales/invariantes entre países y regiones. Esta investigación adicional trata de justificar las comparaciones entre países con puntuaciones agregadas a nivel nacional. Las correlaciones y los modelos de regresión basados en puntuaciones medias deberían tomar nota de la posible influencia etiológica de los datos agregados. Esto debe hacerse teniendo en cuenta o incorporando, cuando sea posible, las diferencias culturales, educativas y sociales que influyen en las actitudes hacia la ciencia.

Referencias

- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. New York: General Learning Press.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Baram-Tsbari, A., y Yarden, A. (2009). Identifying meta-clusters of students' interest in science and their change with age. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(9), 999–1022. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20294>
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. En R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology (Vol 5): Educational design and cognitive science* (pp. 161–238). Mahwah: Erlbaum.
- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14, 161–199. <http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls1402.1>
- Dolin, J., y Evans, R. H. (2011). Initial teacher education and continuing professional development for science teachers: A review of recent research results. En A. Delhaxhe (Ed.), *Science education in Europe: National policies, practices and research* (pp. 103–110). Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. <http://dx.doi.org/10.2797/7170>
- Du Prel, J. B., Hommel, G., Rohrig, B., y Blettner, M. (2009). Confidence interval or p-value?: Part 4 of a series on evaluation of scientific publications. *Deutsches Ärzteblatt International*, 106(19), 335–339. <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2009.0335>
- Ess, C., y Sudweeks, F. (2001). *Culture, technology, communication: Towards an intercultural global village*. Albany, New York: State University of New York Press.
- Eurostat (2018). *European Commission Eurostat Database*.
- Fonseca, J., Valente, M. O., y Conboy, J. (2011). Student characteristics and PISA science performance: Portugal in cross-national comparison. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 12, 322–329. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.02.041>
- Gallardo, M., Fernández-Navas, M., Sepúlveda-Ruiz, M. P., Serván, M. J., Yus, R., y Barquín, J. (2010). PISA y la competencia científica: Un análisis de las pruebas de PISA en el área de ciencias. *Relieve*, 16(2), 1–17.
- Gil Pérez, D., y Vilches, A. (2006). ¿Cómo puede contribuir el proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación, Extra PISA*, 295–331.
- Gorur, R. (2014). Towards a sociology of measurement in education policy. *European Educational Research Journal*, 13(1), 58–72. <http://dx.doi.org/10.2304/eeerj.2014.13.1.58>
- Hernández, F. (2006). El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido del aprender en la escuela secundaria. *Revista de Educación, Extra PISA*, 357–379.
- INEE. (2017). *PISA 2015. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español*. Madrid: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Jornet J. M. (2013). Asignaturas pendientes en las evaluaciones a gran escala. Ponencia en el simposio Metodología de investigación en ámbitos educativos plurales y diversos. XVI Congreso Nacional y II internacional de Modelos de Investigación Educativa de AIDIPE, Alicante.
- Koenker, R. (2005). *Quantile regression (Econometric Society Monographs)*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511754098>
- Koenker, R. (2017). pp. 33. *Quantreg: quantile regression* (5) R package version. <http://dx.doi.org/10.1201/9781315120256>
- Krapp, A., y Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33, 27–50. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- Lipsitz M. Belloni A. Chernozhukov V. Fernández-Val I. Quantreg, nonpar: An R package for performing nonparametric series quantile regression. arXiv preprint arXiv: 2016.1610.08329. <https://doi.org/10.32614/RJ-2016-052>.
- Marsh, H., Hau, K., Artelt, C., Baumert, J., y Pechart, J. (2006). OECD's brief self-report measure of educational Psychology's most useful affective constructs: Cross-cultural, psychometric comparisons across 25 countries. *International Journal of Testing*, 6, 311–360. <http://dx.doi.org/10.1207/s15327574ijt0604.1>
- Mazzeo, J., y von Davier, M. (2013). Linking scales in international large-scale assessments. En L. Rutkowski, M. von Davier, y D. Rutkowski (Eds.), *Handbook of international large-scale assessment: Background, technical issues, and methods of data analysis* (pp. 229–258). New York: Chapman and Hall/CRC.

- Newell, A. D., Tharp, B. Z., Vogt, G. L., Moreno, N. P., y Zientek, L. R. (2015). Students' attitudes toward science as predictors of gains on student content knowledge: Benefits of an after-school program. *School Science and Mathematics, 115*(5), 216–225. <http://dx.doi.org/10.1111/ssm.12125>
- Nugent, G., Barker, B., Welch, G., Grandgenett, N., Wu, C., y Nelson, C. (2015). A model of factors contributing to STEM learning and career orientation. *International Journal of Science Education, 37*(7), 1067–1088. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2015.1017863>
- OECD. (2006). *Evolution of student interest in science and technology studies (Policy Report)*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2009). *Equally prepared for life? How 15 year old boys and girls perform in school*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2012). *Are students more engaged when schools offer extracurricular activities? PISA in Focus 18*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2014). *Scaling procedures and construct validation of context questionnaire data*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016a). *PISA 2015 Results in focus, PISA in Focus 67*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016b). *PISA 2015 assessment and analytical framework: science, reading, mathematical and financial literacy, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016c). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and equity in education, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- Pereira, D., Perales, M. J., y Bakieva, M. (2016). Trends analysis in the investigations realised from the data of the PISA Project PISA. *Relieve, 22*(1), 1–17. <http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8248>
- Potvin, P., y Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education, 50*(1), 85–129. <http://dx.doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rutkowski, D., y Rutkowski, L. (2013). Measuring socioeconomic background in PISA: one size might not fit all. *Research in Comparative and International Education, 8*(3), 259–278. <http://dx.doi.org/10.2304/rcie.2013.8.3.259>
- Schleicher, A. (2016). *PISA excellence and equity. PISA day: Global lessons for the U.S. education system and economy. Alliance for excellent education*. Paris: OECD Publishing.
- Schunk, D. H. (1991). Self-efficacy and academic motivation. *Educational Psychologist, 26*, 207–231. <http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep2603&4.2>
- Schwartz, S. (1994). The fallacy of the ecological fallacy: The potential misuse of a concept and the consequences. *American Journal of Public Health, 84*, 819–825. <http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.84.5.819>
- Stanat, P., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., . . . Schneider, W. (2002). *PISA 2000: Overview of the study—Design, method and results*. Berlin: Max Planck Institute for Human Development.
- Täht, K., y Must, O. (2013). Comparability of educational achievement and learning attitudes across nations. *Educational Research and Evaluation, 19*(1), 19–38. <http://dx.doi.org/10.1080/13803611.2012.750443>
- Torney-Purta, J., y Amadeo, J. A. (2013). International large-scale assessments: challenges in reporting and potentials for secondary analysis. *Research in Comparative and International Education, 8*(3), 248–258. <http://dx.doi.org/10.2304/rcie.2013.8.3.248>
- Willms, J. D. (2006). *Learning divides: Ten policy questions about the performance and equity of schools and schooling systems*. Montreal: UNESCO Institute for Statistics.