

revista de **e**EDUCACIÓN

Nº 379 ENERO-MARZO 2018



**Metodología docente y rendimiento en PISA 2015:
Análisis crítico**

Teaching methodology and performance in PISA 2015: Critical analysis

Sara Álvarez Morán
Carlos E. Carleos Artime
Norberto O. Corral Blanco
Elena Prieto Rodríguez



Metodología docente y rendimiento en PISA 2015: Análisis crítico

Teaching methodology and performance in PISA 2015: Critical analysis

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-379-370

Sara Álvarez Morán
Carlos E. Carleos Artime
Norberto O. Corral Blanco

Universidad de Oviedo

Elena Prieto Rodríguez

University of Newcastle

Resumen

La controversia entre quienes defienden que la enseñanza de las ciencias debe hacerse empleando una metodología dirigida por el docente y aquellos que señalan que es preferible que sea centrada en el estudiante lleva décadas siendo objeto de estudio. En la edición de PISA de 2015 se destaca que la enseñanza dirigida por el profesor en Ciencias (índice TDTEACH) es una de las variables que mayor relación tiene con los resultados en las pruebas de Ciencias. En este estudio se examina la muestra PISA que representa a España para tratar de determinar en qué medida ese resultado puede estar condicionado por otros factores. Se constata que el TDTEACH tiene tanta relación con el rendimiento de los estudiantes en Ciencias como con su rendimiento en Matemáticas y Lectura, resultando sorprendente que la forma de enseñar en las clases de ciencias tenga incidencia en los resultados del resto de competencias evaluadas en PISA. También se aprecia que la variabilidad intra-centros del TDTEACH es mucho más importante que la variabilidad entre centros, lo cual resulta bastante chocante pues a priori las metodologías de trabajo son consensuadas dentro de una misma escuela. También se comprueba que al representar cada centro por sus valores

medios, la influencia del TDTEACH en el rendimiento desaparece al considerar el efecto del nivel socio-educativo, lo que indicaría que no hay relación entre el TDTEACH y las puntuaciones de los estudiantes. Por último se encuentra una correlación positiva entre TDTEACH y la enseñanza basada en la investigación (IBTEACH). Todos estos resultados inducen a pensar que: (1) el índice TDTEACH no mide de manera adecuada la enseñanza dirigida por el profesor en ciencias; (2) no está justificado suponer que la enseñanza dirigida por el docente produzca mejores resultados de los estudiantes en el sistema educativo español.

Palabras clave: valores plausibles, enseñanza dirigida por el docente (TDTEACH), enseñanza basada en la investigación (IBTEACH), correlación de Pearson, regresión múltiple, estatus socioeconómico (ESCS).

Abstract

The controversy among those who argue that the teaching of science must be teacher-directed and those who claim that it should be student-centred or enquiry-based has been under study for decades. In the 2015 PISA edition it is highlighted that the teacher-directed instruction in Sciences (TDTEACH index) is one of the variables with most influence on test results. This study examines whether the PISA sample representing Spain may be conditioned by other factors. Results show that TDTEACH has practically the same influence on student performance in Science, Mathematics and Reading, it is surprising that the way of teaching science is related with the results of other competences evaluated in PISA. It is also shown that the intra-center variability of TDTEACH is much more important than inter-centre variability, which is quite shocking because, a priori, the methodologies of work are agreed within a school. It is proved that when each centre is represented by its average values, TDTEACH's influence on performance fails after taking into account the economic, social and cultural status of the centre, which would indicate that there is no relation between TDTEACH and scores obtained by the students. Finally, there is a positive correlation between TDTEACH and research-based teaching (IBTEACH). All the results lead us to think: (1) the TDTEACH index does not properly measure teacher-directed instruction in science; (2) in the Spanish education system, it is not therefore justified to assume that teacher-directed science instruction produces better student outcomes.

Keywords: plausible values, teacher-directed instruction (TDTEACH), enquiry-based instruction (IBTEACH), Pearson correlation, Multiple Regression, economic, social and cultural status(ESCS).

Introducción

Estilos de enseñanza en PISA

El estudio PISA (Programme for International Student Assessment) es una evaluación internacional trienal, iniciada en el año 2000, que evalúa los sistemas educativos valorando las destrezas y conocimientos de los estudiantes de 15 años. En el año 2015, medio millón de estudiantes, representando a 28 millones de estudiantes de 72 países fueron sometidos a los test sobre matemáticas, ciencias, lectura, resolución de problemas colaborativos y conocimientos financieros.

Este estudio de evaluación educativa se centra en tres competencias: ciencias, lectura y matemáticas y en cada edición una de ellas es considerada la principal. En el año 2015 la principal fueron las Ciencias como en el 2006. Además, en cada edición se plantea el análisis de alguna otra competencia, como la resolución colaborativa de problemas en 2015, o la competencia global, en el próximo PISA 2018.

Entre los objetivos de PISA está no sólo conocer los resultados de los estudiantes en las competencias evaluadas, sino que también se pretende analizar factores que influyen en el desarrollo de las destrezas del alumnado y por tanto en sus resultados. Asimismo hay interés en conocer qué oportunidades de aprendizaje se proporcionan a los estudiantes, especialmente en aquellos países que tienen mejores resultados para ver en qué medida tales prácticas educativas pueden ser válidas para otros sistemas educativos.

Para llevar a cabo tales análisis complementarios los estudiantes que participan en el estudio deben cumplimentar un Cuestionarios de contexto que ha ido evolucionando a lo largo de las distintas ediciones del estudio PISA.

El interés por conocer si las diferentes formas de enseñar ciencia, influye o no en los resultados de los estudiantes se refleja en PISA 2006, año en el que por primera vez se tratan las ciencias como competencia principal de evaluación, al incluirse en el cuestionario de contexto del estudiante una sección sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (OCDE, 2006), para intentar averiguar en qué medida el aprendizaje científico se lleva a cabo mediante la enseñanza, que en el 2015, se denomina por *investigación o descubrimiento* y la relación con los resultados de los estudiantes.

En la publicación *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996) se describe el aprendizaje científico por investigación como un conjunto de actividades que implican observaciones, consulta de fuentes de información, hacerse preguntas, diseñar experimentos, llevarlos a la práctica, interpretar los datos, proponer respuestas y explicaciones y hacer predicciones, así como el comunicar los resultados. Los enunciados que se presentan en el cuestionario de contexto de los estudiantes tratan de ver en qué medida los alumnos tienen la percepción de aprender ciencia de manera activa.

A partir de diferentes estudios, Schroeder, Scott, Tolson, Huang y Lee (2007); Furtak, Seidel, Iverson, y Briggs's (2009) o Minner et ál. (2010), dónde se analizan diferentes aspectos de la denominada *enseñanza por investigación o descubrimiento* parece razonable concluir que el efecto de este tipo de enseñanza no es peor, y quizás en algunos aspectos mejor, que la enseñanza convencional de la ciencia, entendida ésta como una experiencia dónde el profesor dirige la enseñanza paso a paso.

Enseñanza basada en la investigación y enseñanza centrada en el docente

En el volumen II del informe PISA 2015 (OECD, 2016) se afirma que la forma en que la ciencia es enseñada en las escuelas puede producir grandes diferencias entre los resultados de los estudiantes y su interés en la ciencia y una parte del informe se dedica a analizar cómo se enseña la ciencia y la relación de las diferentes metodologías con el mayor o menor éxito en las pruebas. Ya en la primera edición de PISA en que la competencia principal de evaluación eran las Ciencias (OECD, 2007) se señalaba que los estudiantes necesitan profesores que se planteen retos y sean innovadores para combinar prácticas educativas que permitan dar respuesta a toda la tipología de aprendices.

El estudio de la relación entre las prácticas de enseñanza y los resultados del alumnado en PISA no es un tema que se plantee por primera vez en PISA 2015; así Le Donné, Fraser y Bousquet (2016) llevaron a cabo un estudio específico sobre estrategias para la calidad de la enseñanza a partir del análisis conjunto de las bases de datos TALIS - PISA, siendo TALIS (The Teaching and Learning International Student Survey) otro estudio internacional que analiza los entornos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Las bases de datos de PISA 2012 fueron

las elegidas al ser las matemáticas la competencia principal objeto de evaluación del 2012 y las de TALIS fueron las del estudio realizado en el 2013.

La aproximación que hace la OECD (2016) a la competencia científica señala que el principal objetivo, cuando se enseña ciencia, es promover la capacidad del alumnado para explicar fenómenos científicamente, entender la investigación científica e interpretar las evidencias científicas. Por ello a través del estudio PISA se pretende conocer en qué medida las escuelas están alcanzando este objetivo, así como describir los métodos de enseñanza de la ciencia y su relación con los resultados obtenidos por los estudiantes.

A partir de análisis basados en PISA 2006, Kobarg et ál. (2011); Prenzel, Seidel, y Kobarg, (2012), concluyeron que los resultados de los estudiantes estaban relacionados con diferentes prácticas de enseñanza, donde algunas actividades se asociaban con buenos resultados y otras con un alto interés y motivación de los estudiantes. Así para PISA 2015 se diseñaron nuevos ítems en el cuestionario de contexto para discriminar entre diferentes perfiles de enseñanza, concretándose en los cuatro siguientes:

- **Enseñanza Dirigida por el docente:** El objetivo de este tipo de enseñanza es impartir lecciones o temas claros, informativos y bien estructurados que normalmente incluyen explicaciones del profesor, debates en clase y preguntas de los estudiantes. Incluso si estas estrategias llevan a que los estudiantes sean pasivos en clase, la dirección del profesor es esencial para que los estudiantes adquieran conocimiento científico (Driver, 1995).
- **Enseñanza basada en la Investigación:** En la educación científica la enseñanza basada en la investigación se refiere a la forma de involucrar a los estudiantes en la experimentación y propuesta de actividades, también estimulándoles y animándoles para desarrollar un conocimiento conceptual de ideas científicas. Se espera que los estudiantes con buenos resultados en ciencias entiendan, expliquen y debatan ideas científicas, diseñen y lleven a cabo experimentos y comuniquen sus hallazgos a la vez que conectan sus ideas científicas y la investigación con problemas de la vida real (Miner, Levy and Century, 2010).

- **Estrategias de Retroalimentación percibida:** La retroalimentación en educación se refiere a la información que los estudiantes reciben de sus compañeros o iguales, familias y profesores una vez que han realizado una tarea o examen, con el propósito de modificar o reforzar sus formas de hacer. La importancia de dar información y valoración positiva (evaluación formativa) es esencial para la mejora de los resultados del estudiante (Hattie, 2011).
- **Enseñanza Adaptativa:** Este tipo de enseñanza se refiere a la flexibilidad del docente con sus lecciones, adaptándoles a los estudiantes sus clases. El adaptar las clases a los estudiantes con diferentes conocimientos, habilidades y necesidades es un objetivo clave para enseñar ciencias a todo tipo de alumnado (Hofstein y Lunetta, 2004).

En este trabajo se van a analizar aspectos referidos al primero y segundo de los estilos de enseñanza porque son dos alternativas reales de estilos docentes, mientras que las otras dos se refieren a estrategias metodológicas que se pueden aplicar por igual en ambos.

En el Volumen II del informe PISA 2015 (OECD, 2016) se dice que lo que ocurre dentro del aula es decisivo para el aprendizaje del alumnado y sus expectativas de hacer estudios de tipo científico. Además se indica que la metodología docente está fuertemente asociada con los resultados de los estudiantes ya que la *enseñanza dirigida por el docente* es una de las variables que más se relaciona con el rendimiento, obteniendo mejores resultados en ciencias en todos los países salvo tres. Por otra parte, se destaca que el empleo de la *enseñanza basada en la investigación* está asociado negativamente, con los resultados en ciencias (en 56 de los países).

También se señala en el informe que los profesores de ciencias utilizan *la enseñanza o estrategias dirigidas por los docentes* con mayor frecuencia que otros tipos de prácticas de instrucción. Además en el citado informe se dice que esta estrategia se puede utilizar con mayor frecuencia porque lleva menos tiempo y es más fácil de implementar y que es esencial un cierto grado de transmisión de conocimientos a los estudiantes. Si un docente necesita cubrir un plan de estudios largo, puede ser difícil usar, con frecuencia, otros enfoques de enseñanza. De hecho, de entre las cuatro estrategias que se presentan para la *enseñanza dirigida por el docente*, la que se refiere a si se lleva a cabo un debate entre toda la clase

y el profesor es la menos utilizada, según los estudiantes, probablemente porque ocupa más tiempo en el aula.

Hay una extensa literatura y diversidad de opiniones sobre la eficacia de la *enseñanza basada en la investigación* y la *centrada en el docente*, indicando sus posibles ventajas e inconvenientes.

Eric Mazur, físico de Harvard y creador de Peer Instruction, un enfoque de enseñanza basado en el trabajo grupal y *centrado en el discente*, ve la enseñanza en el mundo occidental demasiado centrada en los métodos tradicionales y trataba de que así lo reconociese el consorcio australiano de PISA, responsable del estudio. Suya es la afirmación de que si se enseña de manera pasada de moda con el docente como fuente del conocimiento, entonces el nivel más alto que se fija para los estudiantes es el del profesor mientras que si se enseña de manera interactiva a los estudiante a través del cuestionamiento, de la ayuda mutua y por medio de una investigación, realmente pueden lograr mucho y, es posible, que los estudiantes excedan al maestro.

Turpen, C. and Finkelstein, N. (2010), asumen que para que los alumnos sepan dominar el uso de sus conocimientos de ciencia, se les debe permitir comportarse como científicos en las clases. Se anima a los docentes a preparar clases centradas en los intereses de los estudiantes, permitiéndoles debatir y discutir ideas, llevar a cabo sus propios experimentos científicos y en no incidir en la enseñanza centrada en el profesor.

Ermeling (2010) trató de hacer un seguimiento de los efectos de la docencia en el aula, y desarrolló un estudio en el que participaron un grupo de profesores de ciencias durante 14 meses dónde el reto era fomentar en los estudiantes el conocimiento conceptual de los fenómenos científicos utilizando lo que podríamos denominar *enseñanza basada en la investigación*. Concluyen que se ha de profundizar en la relación que podrían tener los resultados de los estudiantes y las prácticas que se llevan a cabo en el aula. En el trabajo de Kirschner, P. A., Sweller, J., and Clark, R.E. (2006) se plantea el porqué la *enseñanza basada en la investigación* no funciona y señalan que a pesar de que este tipo de enseñanza utiliza estrategias metodológicamente populares e intuitivamente atractivas, argumentan los autores que estos enfoques ignoran las estructuras que constituyen la arquitectura cognitiva humana y la evidencia de estudios empíricos que consistentemente indican que la enseñanza basada en la investigación es menos eficaz y menos eficiente

que los enfoques educativos que ponen un fuerte énfasis en la orientación del proceso de aprendizaje del estudiante.

Por su parte Hirsch, E.D., (2000), defiende una *enseñanza centrada en el docente* y pone de manifiesto la importancia de asegurar que todos los alumnos aprendan el cuerpo de conocimientos académicos que necesitan para ser culturalmente alfabetizados, es decir que puedan aplicarlos en situaciones diversas y, que si bien el currículo es posiblemente el componente más importante, el enfoque tradicional de la enseñanza es parte integrante del éxito de los alumnos.

Tras los resultados publicados en el Informe PISA de 2015 sobre la asociación positiva entre la *enseñanza dirigida por el docente* y el rendimiento de los estudiantes algunos responsables de políticas educativas de determinados países como el Reino Unido (Gibb, 2017) se planteen si es necesario reforzar la enseñanza dirigida por el docente, con un currículo rico en conocimientos, puesto que parece ser más eficaz que los enfoques basados en la investigación.

Son también múltiples las voces críticas hacia los resultados de PISA, incidiendo en si realmente se mide lo que se pretende medir (Hanberger, 2014), (Jiang y McComas, 2015) y que las inferencias causales que se derivan de tales informes deberían interpretarse con múltiples reservas (Fernández-Cano, 2016)

Objetivo del estudio

El objetivo de este trabajo es evaluar la posible influencia de la *enseñanza dirigida por el profesor* en las pruebas PISA de Ciencias, teniendo en cuenta los factores que pueden estar condicionando esta asociación. Para ello el trabajo se estructuró en tres partes, en cada una de las cuales se comprobó si los resultados de los análisis concordaban con lo que cabría esperar si realmente esa metodología docente tuviera una influencia positiva en el rendimiento de Ciencias.

Las hipótesis de trabajo que se van a contrastar son las siguientes:

Hipótesis 1: Los estudiantes que reciban una docencia en ciencias más dirigida por los profesores deberían tener mejores resultados en esas pruebas. La verificación de esta hipótesis debe hacerse teniendo en cuenta las características académicas de los alumnos.

Hipótesis 2: Si dentro de los centros se tiende a utilizar un mismo tipo de metodología docente, entonces deberían verificarse las siguientes condiciones:

- La variabilidad de la percepción, por parte del estudiante, del tipo de enseñanza dirigida por el profesor debe representar una proporción pequeña de la variabilidad total
- La asociación dentro de los centros, entre la percepción de la enseñanza dirigida por el profesor y los resultados de ciencias deben ser menores que cuando se calcula globalmente.
- El Índice socioeconómico y cultural debería tener una correlación nula con el tipo de metodología de trabajo dentro del aula.

Hipótesis 3: A igualdad de estatus socioeconómico y cultural entre los centros, aquellos en los que más se utilice la enseñanza dirigida por el profesor deberían tener mejores resultados en Ciencias.

Método

El punto de partida para analizar la posible influencia de los estilos de enseñanza en el rendimiento son las cuestiones referidas a la metodología del docente que figuran en el cuestionario de contexto del estudiante.

En el caso de la *enseñanza dirigida por el docente* los ítems del cuestionario son los cuatro siguientes:

- El profesor explica conceptos científicos
- Se lleva a cabo un debate entre toda la clase y el profesor
- El profesor explica nuestras preguntas
- El profesor demuestra un concepto

Para la *enseñanza basada en la investigación* se presentan al estudiante nueve ítems, que se mantienen, con algunas modificaciones, de entre los diecisiete planteados en la edición de PISA del 2006.

- A los alumnos se les da la oportunidad de exponer sus ideas.
- Los alumnos pasan tiempo en el laboratorio realizando experimentos prácticos.
- Se les pide a los alumnos que debatan sobre cuestiones científicas.
- Se les pide a los alumnos que saquen conclusiones del experimento que han realizado.

- El profesor explica cómo un mismo principio científico puede aplicarse a varios fenómenos. diferentes.
- A los alumnos se les permite diseñar sus propios experimentos.
- Hay debates en clase sobre investigaciones.
- El profesor explica con claridad la importancia de los conceptos científicos en la vida de las personas.
- Se les pide a los alumnos que hagan una investigación para comprobar ciertos conceptos.

En todos los ítems el estudiante tenía que señalar con qué frecuencia ocurrían algunas *actividades* en el aula según las siguientes alternativas de respuesta: «*nunca o casi nunca sucedieron*», «*en algunas clases*», «*en la mayoría de las clases*», «*en todas las clases*». La codificación de estos ítems refleja que el objetivo de estas cuestiones no era establecer solamente si un docente aplicaba o no estas metodologías sino cuantificar con qué grado lo hacían, a partir de estos dos bloques los expertos de PISA elaboraron unos índices complejos (OECD, 2017), que se incluyeron en la base de datos, denominados TDTEACH e IBTEACH respectivamente. El primero de ellos trata de *medir con que intensidad* los profesores de Ciencias dirigen el aprendizaje de sus alumnos mientras que el segundo pretende *cuantificar hasta qué punto* se aplica una metodología basada en la Investigación.

Un aspecto a destacar es que los ítems correspondientes a la *enseñanza basada en la investigación* (IBTEACH) se refieren de forma genérica a todas las materias de ciencias, sin centrarse en una asignatura específica.

Por su parte, los ítems del bloque de la *enseñanza dirigida por el docente* (TDTEACH), estaban referidos a una asignatura concreta, elegida libremente por el estudiante entre las que cursaba ese año. En la siguiente tabla se describen las asignaturas de los estudiantes de la muestra representativa de España.

TABLA I. Asignaturas, número de personas y porcentaje de respuesta a los ítems de TDTEACH

Física	Química	Biología	La Tierra y Espacio	Ciencias Aplicadas y Tecnología	Ciencia General o integrada	Sin determinar
324	165	1916	1	184	421	1855
6,7%	3,4%	39,4%	0,0%	3,8%	8,7%	38,1%

Fuente: elaboración propia

La asignación de las respuestas de los estudiantes sobre la asignatura de ciencias en la que valoraron el TDTEACH es sorprendente si se tiene en cuenta que las materias de ciencias en el currículo español de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), cuando se hizo la aplicación de la prueba PISA 2015, eran las siguientes:

TABLA II. Asignaturas de Ciencias en el Currículo de España de 2015 en la ESO

	1º ESO	2º ESO	3º ESO ¹	4º ESO
Ciencias de la Naturaleza	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	
Tecnología		Obligatoria	Obligatoria	
Física y Química				Optativa
Bilología y Geología				Optativa

Fuente: elaboración propia

En la muestra, sobre la que trabajamos, hay un porcentaje de no respuesta del 21% que corresponde a los estudiantes que no cursaban ciencias, mientras que de los que las cursaban el porcentaje de personas situadas en la categoría “*sin determinar*” para la asignatura elegida ascendió al 38% . Por otra parte se pueden plantear ciertas dudas sobre la distinción que se hace entre las categorías Física o Química puesto que

⁽¹⁾ Sus contenidos se diferenciaban entre los referidos a Biología y Geología y los de Física y Química.

ambas materias se imparten de forma conjunta bajo la denominación de Física y Química.

En el marco de evaluación de la competencia científica (OECD, 2016) se establecieron tres bloques diferentes para las ciencias: sistemas físicos, sistemas vivos y sistemas terrestres y espaciales. Analizado el contenido de cada uno de ellos y comparándolo con los currículos de las asignaturas de ciencias en España, establecidos mediante el Real Decreto 1631/2006, resultan de interés los referidos a los sistemas físicos y a los sistemas vivos pues son los que tienen una relación directa con el currículo estatal, tal y como se refleja a continuación.

La prueba de los *Sistemas Físicos* requiere conocimientos de Física y Química impartidos mayoritariamente en el curso de 4º ESO como se puede ver:

- Estructura de la materia. En 3º ESO.
- Propiedades de la materia. En 3º y en 4º ESO.
- Los cambios químicos de la materia.
- El movimiento y las fuerzas.
- Energía y su transformación.
- Las interacciones entre la energía y la materia.. En 4º ESO.
- Los cuatro últimos en 4º ESO:

La situación es bastante similar para el caso de los conocimientos que se requieren para los *Sistemas Vivos*:

- Las células.
- El concepto de un organismo.
- Los seres humanos. 3º ESO.
- Poblaciones..
- Ecosistemas.
- Biosfera.
- Todos en 4º ESO excepto el señalado.

Teniendo en cuenta los anteriores comentarios se estudiará la relación del TDTEACH con Sistemas Físicos considerando únicamente los 489 estudiantes que eligieron la opción de Física o de Química para responder a los ítems de TDTEACH pues a priori los contenidos de los Sistemas

Físicos en PISA se habrían trabajado en la asignatura de Física y Química. Análogamente la asociación entre TDTEACH y Sistemas Vivos se considera exclusivamente en la opción de Biología pues sería en esta materia donde se trabajarían contenidos de los Sistemas Vivos.

Muestra

El estudio se basa en los datos de España en PISA 2015, seleccionados de la base internacional de PISA, con una muestra total de 6756 individuos que son representativos del colectivo de estudiantes de 15 años en España, es decir, los resultados no están desagregados por comunidades autónomas. Las características del muestreo se pueden consultar en *PISA 2015 Technical Report*.

Las variables e índices que se van a utilizar en el presente estudio para contrastar las hipótesis propuestas son las que aparecen a continuación, en primer lugar aparecen las que ya están en la base de datos de PISA.

- CURSO es el curso en que se encuentra un estudiante. Resulta de recodificar la variable GRADE, así denominada en la base de datos, en las categorías -2 = 2º ESO, -1= 3º ESO y 0 = 4º ESO
- ESCS (The PISA index of economic, social and cultural status). Se trata del índice creado por PISA para medir el índice sociocultural.
- IBTEACH (Enquiry-based science teaching and learning practices). Es el índice referido a la enseñanza por investigación.
- TDTEACH (Teacher-directed science instruction). PISA lo señala como el índice referido a la enseñanza dirigida por el docente.
- PVSCIE se refiere a los resultados asociados a los valores plausibles en Ciencias PV1SCIE hasta PV10SCIE (Plausible values for Science). PVMATH y PVREAD se refieren, respectivamente a los valores plausibles para Matemáticas y Lectura, PV1MATH hasta PV10MATH y PV1READ hasta PV10READ.

PVSSPH se refiere a los resultados asociados a los valores plausibles en la subescala de Sistemas Físicos PV1SSPH hasta PV10SSPH (Plausible values on Science subscale – Physical System). PVSSLI se refiere a los resultados asociados a los valores plausibles en la subescala de Sistemas Vivos PV1SSLI hasta PV10SSLI (Plausible values on Science subscale –

Living System). Además de los anteriores en el estudio se definieron los siguientes índices:

- PVRG (Rendimiento General) se refiere a los valores plausibles promedio de los de Matemáticas y Lectura, en las cuales no se conoce el tipo de enseñanza en que fueron impartidas, PV1RG hasta PV10RG: $(PVxRG = (PVxMATH + PVxREAD)/2)$. $r(TDTEACH, PVSCIE)$. Las puntuaciones de esta variable miden la correlación de Pearson entre TDTEACH y PVSCIE dentro de cada centro.
- $r(TDTEACH, PVRG)$. Las puntuaciones de esta variable miden la correlación de Pearson entre TDTEACH y PVRG dentro de cada centro.

Instrumentos

Se ha utilizado el entorno estadístico R (Proyecto R para análisis estadísticos, <http://www.r-project.org>) para manejar la base de datos de estudiantes de PISA 2015, que la OECD (2017) presenta con la denominación de *Student questionnaire data file*.

Procedimientos

La estimación de las medias, errores típicos, correlación de Pearson, etc., se hizo mediante implementaciones desarrolladas por los autores en el lenguaje R, siguiendo los métodos descritos en el manual de análisis de datos para usuarios de SPSS del programa PISA. Están disponibles en <http://carleos.epv.uniovi.es/pisa>

Para los intervalos de confianza se han considerado el coeficiente de confianza 0,99 y un nivel de significación 0,01 (en lugar de los más habituales 0,95 y 0,05) para reducir el efecto que tiene sobre el error el hecho de realizar múltiples intervalos de confianza y contrastes de hipótesis.

En los modelos de regresión planteados para predecir el rendimiento en Ciencias, se analizaron diferentes alternativas, tanto en lo relativo a las variables independientes a utilizar como a la complejidad de los mismos. En todos los casos se decidió utilizar el modelo más sencillo siempre y cuando el valor del coeficiente de determinación R^2 fuera muy parecido y se obtuvieran las mismas conclusiones.

Resultados

Se presentan los resultados obtenidos sobre el objetivo del estudio, para contrastar las hipótesis planteadas, sobre el estilo de *enseñanza dirigida por el docente* percibido por los estudiantes (TDTEACH) que forman parte de la muestra española en PISA 2015.

El análisis estadístico se organizó en tres niveles diferentes y cada uno de ellos hace referencia a una de las hipótesis anteriormente planteadas:

- **Análisis conjunto.** Se trata de contrastar la primera hipótesis y ver si efectivamente los estudiantes que perciben una docencia en ciencias más dirigida por el docente obtienen mejores resultados en tal competencia.
- **Análisis intra-centros.** En este caso se pretende conocer si los resultados que se obtienen concuerdan con lo esperado en el planteamiento de la hipótesis segunda en el sentido de que si se tiende a utilizar la misma metodología docente en un centro la variabilidad de la percepción de los estudiantes habría de ser menos y la relación con los resultados debería disminuir.
- **Análisis entre-centros.** Se pretende conocer si a igualdad de ESCS en los centros en que se utilice más la enseñanza dirigida por el docente los resultados son mejores y por tanto estaríamos contrastando la tercera hipótesis.

Análisis conjunto

Los primeros análisis están dirigidos a estimar las correlaciones de Pearson entre TDTEACH y las puntuaciones en la competencia científica global (PVSCIE), en los Sistemas Físicos (PVSSPH) y en los Sistemas Vivos (PVSSLI), así como con el nivel socioeconómico y cultural. Los resultados aparecen en la tabla III, así como las frecuencias.

La asociación de TDTEACH con PVSSPH y PVSSLI se estudió utilizando las puntuaciones de los estudiantes que eligieron comentar la metodología docente en Física o Química y Biología, respectivamente.

TABLA III. Correlación de Pearson entre TDTEACH, PVSCIE, PVSSPH, PVSSLI y ESCS

TDTEACH	PVSCIE (n=4708)	PVSSPH (n=489)	PVSSLI (n=1916)	ESCS (n=4696)
r Pearson	0,143	0,148	0,109	0,074
Error estándar	0,021	0,055	0,032	0,016
Intervalo Confianza (coef.= 0.99)	0,091; 0,205	0,006; 0,289	0,028; 0,191	0,033; 0,115

Fuente: elaboración propia

La correlaciones en todos los casos objeto de análisis confirman que cuanto mayor sea la percepción que tienen los estudiantes de recibir una enseñanza dirigida por el profesor (TDTEACH) más alta tiende a ser la puntuación en cada una de las pruebas de ciencias.

Sin embargo la asociación, por sí sola, no permite asegurar que TDTEACH sea la responsable de esa mejora porque ese efecto puede ser inducido por otros factores, como ya se menciona en el informe de PISA de 2015 al indicar que el Índice Económico Social y Cultural (ESCS) también se asocia con TDTEACH. Para la muestra de España, tal correlación es de 0.074, lo cual indica que los estudiantes con mayores valores en el índice ESCS perciben una docencia más dirigida por el profesor. Puesto que los estudiantes con mayor valor en ESCS tienden a tener mejores puntuaciones, parece razonable suponer que parte de la asociación obtenida entre TDTEACH y los rendimientos se deba al tipo de estudiantes a los que se aplica.

Otro resultado interesante es la diferencia en la percepción de TDTEACH que presentan los estudiantes al considerar el curso en que se encuentran. Tal y como se aprecia en la tabla siguiente, la media de TDTEACH va ascendiendo claramente al aumentar el curso de la ESO.

TABLA IV. Correlación de Pearson entre TDTEACH y el curso del estudiante

TDTEACH	Curso		
	2° ESO	3° ESO	4° ESO
Media	-0,197	-0,020	0,159
Error estándar	0,061	0,035	0,024
Intervalo Confianza (coef.= 0.99)	-0,354; -0,076	-0,109; 0,069	0,098; 0,221

Fuente: elaboración propia

Los resultados que se han obtenido resultan inesperados porque no hay una razón clara para que TDTEACH se aplique con más intensidad a medida que pasan los cursos de la ESO o que esté relacionada con el estatus socio-económico y cultural de la familia. En todo caso, estas relaciones indican que podría existir una cierta tendencia para aplicar, con mayor intensidad, esta metodología a los estudiantes con mejor rendimiento. Esto significaría un sesgo muy importante a la hora de evaluar la influencia real del tipo de enseñanza.

En consecuencia es necesario hacer un estudio, eliminando el sesgo detectado, para determinar si la *docencia dirigida por el profesor* es la que realmente produce esa mejora en las pruebas de Ciencias. Para ello se plantea un modelo lineal que explique la puntuación de un estudiante en Ciencias (PVSCIE) en función de su rendimiento general (PVRG), independiente en principio de la metodología, y del grado de aplicación del TDTEACH.

El PVRG se contruye a partir de las puntuaciones obtenidas en las otras dos competencias objeto de evaluación en PISA, Lectura y Matemáticas, y por tanto la forma de enseñar ciencias no debería de influir en los resultados en tales ámbitos.

$$PVSCIE = \beta_0 + \beta_1 \cdot PVRG + \beta_2 \cdot TDTEACH + error$$

Bajo las premisas anteriores es evidente que si el TDTEACH influye en la puntuación de Ciencias eso significaría que a igualdad de Rendimiento General (PVRG) los estudiantes con la docencia más dirigida por el profesor deberían tener mejores puntuaciones y por lo tanto el coeficiente β_2 debería ser positivo. El modelo anterior se va a aplicar también a las puntuaciones de categorías PVSSPH (Física y Química) y PVSSLI (Biología y Geología) ya que nos permite contrastar de manera directa, en qué medida el grado de empleo del TDTEACH se relaciona con el rendimiento en esos contenidos específicos.

Los resultados de los modelos planteados aparecen en las tres tablas siguientes:

TABLA V. Modelo lineal aplicado a los resultados generales en Ciencias

PVSCIE en función de TDTEACH y PVRG (RENDIMIENTO GENERAL)				
	Intercepto	TDTEACH	PVRG	R ²
Coefficientes	-4,690	1,312	1,018	0,8613
Error típico	7,252	1,172	0,015	
Pvalor	0,518	0,263	0,000	

Fuente: elaboración propia

TABLA VI. Modelo lineal aplicado a los resultados en los contenidos sobre Sistemas Físicos

PVSSPH en función de TDTEACH y PVRG				
	Intercepto	TDTEACH	PVRG	R ²
Coefficientes	36,30	6,459	0,938	0,674
Error típico	28,46	4,096	0,054	
Pvalor	0,202	0,113	0,000	

Fuente: elaboración propia

TABLA VII. Modelo lineal aplicado a los resultados en los contenidos de Sistemas Vivos

PVSSLI en función de TDTEACH y PVRG				
	Intercepto	TDTEACH	PVRG	R2
Coefficientes	22,22	1,352	0,969	0,684
Error típico	13,33	2,014	0,026	
Pvalor	0,096	0,502	0,000	

Fuente: elaboración propia

El coeficiente de TDTEACH no es significativamente diferente de cero en ninguno de los tres modelos analizados, lo cual indica que al considerar el rendimiento general del estudiante la intensidad con que el profesor dirige la clases no influye en las puntuaciones de las pruebas de Ciencias. Esto sucede tanto a nivel general (primera tabla) como si se pone el foco en las asignaturas concretas que se evalúan.

Este resultado parece concluyente a la hora de descartar que la enseñanza dirigida por el profesor sea un factor relevante en la mejora del rendimiento en Ciencias, y por tanto rechazar la primera hipótesis, pero, la validez de esta conclusión depende de que el Rendimiento General sea realmente independiente de TDTEACH. Por ello es necesario analizar si dentro de los centros existe la tendencia a utilizar una metodología similar en Ciencias, Matemáticas y Lectura porque en dicho caso los valores del Rendimiento General (PVRG) también dependerían de TDTEACH.

Análisis Intra-centros

Teniendo en cuenta los resultados y consideraciones del apartado anterior se realizó un análisis detallado de la relación de TDTEACH con las otras variables del estudio. El comportamiento esperable de las correlaciones de Pearson, intra-centros, de esta variable con las puntuaciones en Ciencias es que deberían reducirse por dos razones importantes:

- Para los estudiantes a los que da clase el mismo profesor la correlación debería de ser casi cero pues reciben el mismo tipo de enseñanza
- Los profesores están agrupados en Departamentos en los que presumiblemente coordinan los contenidos y la metodología de las asignaturas.

En primer lugar se estudia la correlación de Pearson, dentro del centro, de TDTEACH con ESCS y con el estilo docente IBTEACH (enseñanza por investigación) en el que cobra especial protagonismo el estudiante, tal y como se aprecia en los ítems del cuestionario.

TABLA VIII. Correlación de Pearson con el Índice socioeconómico y cultural y el IBTEACH

TDTEACH	ESCS	IBTEACH
r Pearson	0,050	0,368
Error típico	0,017	0,017
Intervalo (coef.= 0,99)	0,006; 0,094	0,324; 0,412

Fuente: elaboración propia

La asociación positiva entre TDTEACH e IBTEACH resulta sorprendente porque al producirse *dentro del centro* ambas metodologías deberían de tener una correlación negativa, puesto que una aplicación muy fuerte de una de ellas implica necesariamente que la otra se utilice con menor intensidad. Este resultado coincide con lo que aparece en el informe PISA (OECD, 2016) y la explicación que allí se da es insuficiente porque aunque no sean mutuamente excluyentes deberían tener una relación negativa.

Un resultado especialmente llamativo y que no es fácil de interpretar es que, *dentro de un mismo centro*, haya asociación de TDTEACH con ESCS, puesto que el tipo de enseñanza que recibe un estudiante en su centro, debería ser independiente del nivel socioeducativo familiar.

Estos resultados arrojan serias dudas sobre si lo que realmente se evalúa con TDTEACH e IBTEACH es lo que se pretendía medir.

El hecho de admitir que en los centros existiera la tendencia a utilizar una metodología similar en Ciencias, Matemáticas y Lectura, significaría que todos los estudiantes de un centro recibirían una enseñanza en unas condiciones bastante similares y por tanto sería de esperar que se verificase lo siguiente:

- Las correlaciones intra-centros de TDTEACH con PVRG deberían ser similares.
- La variabilidad intra-centros de TDTEACH debería ser pequeña respecto a la variabilidad total.
- Las correlaciones intra-centros de TDTEACH con el Rendimiento deberían ser casi cero o al menos mucho menores que si se calculan globalmente.

Por lo tanto se va a intentar comprobar si los resultados de los análisis concuerdan con las conclusiones previstas.

En primer lugar se va a analizar si las correlaciones de Pearson de TDTEACH con PVSCIE y con PVRG están relacionadas entre sí, planteando el siguiente modelo de regresión lineal.

$$r(TDTEACH, PVSCIE) = \beta_0 + \beta_1 \cdot R(TDTEACH, PVRG) + error$$

Los resultados que aparecen en la siguiente tabla muestran que el coeficiente β_1 es prácticamente uno y por lo tanto la correlación entre TDTEACH y PVSCIE puede considerarse igual a la correlación entre TDTEACH y PVRG, es decir, lo que se ha obtenido es que la característica que mida TDTEACH es común para Ciencias y PVRG.

TABLA IX. Modelo lineal para las correlaciones intra-centros de TDTEACH con PVSCIE y PVRG

r (TDTEACH, PVSCIE) en función de R(TDTEACH, PVRG)			
	β_0	β_1	R^2
Estimador	0,007	0,984	0,937
Error típico	0,006	0,017	0,009
Pvalor	0,243	0,347 ¹	

Fuente: elaboración propia

En segundo lugar se utiliza un análisis de la varianza para cuantificar la importancia de la variabilidad intra-centros de TDTEACH, obteniéndose que representa en realidad el 89,4% del total, es decir su aportación es mucho mayor de lo esperado. Es sorprendente el que los estudiantes del mismo centro perciban tal variabilidad en la forma de enseñar el profesor.

Por último se analizan la correlaciones entre TDTEACH con las pruebas de ciencias de PISA, que debería reducirse respecto al global. Sin embargo, en la tabla se observa que no hay apenas diferencias entre lo obtenido en ambas situaciones, por lo tanto este resultado no se ajusta a lo esperado y se ha de rechazar la segunda hipótesis.

TABLA X. Correlación de Pearson, intra- centros, con los resultados generales y con los contenidos específicos de Sistemas Físicos y Sistemas Vivos

TDTEACH	Intra-centros			Global
	Estimación r	Error típico	Intervalo	Estimación y Error Típico
PVSCIE	0,136	0,02	0,092; 0,179	0,143 (0,02)
PVSSPH	0,12	0,06	-0,030; 0,270	0,148 (0,06)
PVSSLI	0,081	0,02	0,020; 0,141	0,109 (0,03)

Fuente: elaboración propia

⁽²⁾ El Pvalor de este contrasta es para la Hipótesis nula $\beta_1 = 1$.

Las conclusiones más relevantes que se derivan de este apartado son las siguientes:

El índice complejo TDTEACH que aparece en la bases de PISA no se relaciona con las puntuaciones de ciencias.

Lo que refleja TDTEACH no parece ser lo que se pretendía medir.

Estudio entre - centros

En este apartado cada centro se caracteriza por sus puntuaciones medias en las variables consideradas para comprobar si se mantienen las relaciones anteriores y contrastar si la *enseñanza dirigida por el profesor* influye positivamente en el Rendimiento de Ciencias, cuando se elimine el efecto de ESCS.

Al analizar la asociación de TDTEACH e IBTEACH se aprecia una correlación de Pearson de 0,59, lo cual sigue siendo sorprendente pues, según la percepción de los estudiantes, cuanto más grande es el empleo de la enseñanza basada en la investigación tanto mayor es el uso de la enseñanza dirigida por los profesores.

TABLA XI. Correlación de Pearson, entre centros, de TDTEACH con IBTEACH, ESCS y PVSCIE

TDTEACH	IBTEACH	ESCS	PVSCIE
r Pearson	0,59	0,21	0,16
Error típico	0,04	0,06	0,07
Intervalo (coef.= 0.99)	0,48; 0,71	0,05; 0,37	-0,02; 0,34

Fuente: elaboración propia

Por otra parte TDTEACH también se relaciona positivamente con el ESCS con una correlación de 0,21, es decir, los estudiantes pertenecientes a los centros con mayor nivel socio económico y cultural de las familias tienden a percibir una mayor aplicación de la enseñanza dirigida por el profesor.

La relación positiva de TDTEACH con PVSCIE resultano significativa al nivel 0,01 que usamos a lo largo del artículo. Aunque se adoptase una actitud menos conservadora y se considerase significativa, dicha relación positiva podría estar inducida por la diferencia en el estatus de las familias y es necesario realizar la comparación en condiciones más homogéneas. Para ello se planteó un nuevo modelo lineal que evalúa la influencia de TDTEACH teniendo en cuenta el nivel ESCS.

$$PVSCIE = \beta_0 + \beta_1 \cdot ESCS + \beta_2 \cdot TDTEACH + error$$

Los resultados del análisis indican claramente que al eliminar el efecto del estatus familiar la docencia dirigida por el profesor no aporta una mejora significativa a las puntuaciones en ciencias y así se ha de rechazar la tercera hipótesis.

TABLA XII: Modelo lineal aplicado a los resultados generales en Ciencias

	Intercepto	TDTEACH	ESCS	R2
Estimación del coeficiente	522,2	1,97	36,72	0,503
Error típico	2,2	7,05	2,65	
Pvalor	0,000	0,780	0,000	

Fuente: elaboración propia

Las conclusiones obtenidas en este apartado coinciden plenamente con las formuladas en el anterior.

Conclusiones

A partir de los análisis que se han ido presentando a lo largo de todo el trabajo las conclusiones que se pueden extraer del mismo son las siguientes:

- La variable construida como promedio de las puntuaciones en Matemáticas y Lectura (PVRG) se puede entender como una estimación del Rendimiento General del alumno independiente, en principio, de la metodología ya que se desconoce cómo se impartieron ambas materias. Bajo esta suposición al hacer un modelo de regresión de SCIE sobre PVRG y TDTEACH la aportación de la variable *enseñanza dirigida por el profesor* deja de ser significativa.
- Si se considera que el PVRG también está influido por el TDTEACH esto implicaría que dentro de los centros se tiende a utilizar metodologías similares no sólo en Ciencias sino también en Matemáticas y Lectura; tal alternativa no es compatible con el hecho de que la variabilidad intra-centro de TDTEACH represente casi el 90% de la variabilidad total. Además las correlaciones intra-centros de las pruebas PISA deberían ser mucho menores que las calculadas globalmente y son prácticamente idénticas.
- Al caracterizar los centros mediante las medias de las variable de interés, se obtiene que al tener en cuenta el nivel medio de ESCS, TDTEACH ya no aporta nada relevante en la explicación del rendimiento.
- La relación positiva de TDTEACH e IBTEACH que ya aparece reflejada en el informe PISA y comprobada en este trabajo, tanto intra-centros como entre-centros, es un resultado difícil de explicar si ambos índices complejos reflejaran lo que realmente se pretendía medir con ellos.
- De los datos de la muestra en España no hay ninguna evidencia sólida que avale la hipótesis de que aquella característica que mide TDTEACH tenga una asociación positiva en el rendimiento en ciencias.
- La correlación positiva entre las percepciones de los estudiantes sobre TDTEACH e IBTEACH, parece avalar la hipótesis de que no se está reflejando realmente el tipo de metodología con que se imparten las clases.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y con los datos de España en la encuesta de PISA 2015 no parece posible extraer ninguna consideración suficientemente fiable acerca de la verdadera eficacia de

la metodología de *enseñanza dirigida por el profesor* y se da respuesta al principal objetivo de este estudio.

Así las conclusiones obtenidas para el caso español no responden a la afirmación que se hace en *PISA 2015 Results (Volume II)*. (OECD, 2017) donde se dice que la enseñanza dirigida por el profesor se asocia con mayores puntuaciones en ciencias.

Es interés de los autores continuar investigando si estos resultados se producen también en el resto de países participantes en PISA 2015.

Referencias bibliográficas

- Crouch, C., Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten Years of Experience and Results. *American Journal of Physics*, vol., 69, 970-977.
- Driver, R. (1995). Constructivist approaches to science teaching. En L. P. Steffe and J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (385-400). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Driver, R., Newton, P., y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, vol.,84(3), 287-312.
- Ermeling, B.A. (2010). Tracing the effects of teacher inquiry on classroom practice . *Teaching and Teacher Education*, vol., 26(3), 377-388. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.02.019>
- Fernandez-Cano, Antonio (2016). Una crítica metodológica de las evaluaciones PISA. *RELIEVE*, 22(1), art. M15. Doi: <http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8806>
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H. y Bridggs, D. (2012). Recent experimental studies of inquiry - bases teaching: A meta -analysis and review. *Review of Educational Research*, vol., 82(3), 300-329
- Gibb, Nick. (2017). *The evidence in favour of teacher - led instruction*. Editorial: Teaching and school leadership. GOV.UK. Recuperado de <https://www.gov.uk/government/policies/teaching-and-school-leadership>
- Hanberger, A. What PISA Intends to and Can Possibly Achieve: A Critical Programme Theory Analysis. *European Educational Research Journal*, vol., nº13 (2), 167-180. Doi: <http://dx.doi.org/10.2304/eerj.2014.13.2.167>

- Hattie, J.A.C. (2011). Visible learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. *International Revue of Education*, vol., nº 57, 219-211. Doi: 10.1007/s11159-011-9198-8
- Hirsch, E.D. (2001). *Why Core Knowledge Promotes Social Justice*. Core Knowledge Foundation. Recuperado de <https://www.coreknowledge.org/about-us/e-d-hirsch-jr/>
- Hofstein, A, Lunetta, V.A., (2004) The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Sciences Education*, 88(1), 28-54. Doi: 10.1002/sce.10106
- Jiang, F., McComas, W, F. (2015). The Effects of Inquiry Teaching on Student Science Achievement and Attitudes: Evidence from Propensity Score Analysis of PISA Data. *International Journal of Science Education*, vol., nº 37(3), 554-576. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2014.1000426>
- Jurik, V., Gröschner, A., Seidel T. (2014) Predicting students' cognitive learning activity and intrinsic learning motivation: How powerful are teacher statements, student profiles, and gender?. *Learning and Individual Differences*. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2014.01.005>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., and Clark, R.E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, vol., nº 41(2), 75-86. Recuperado de www.cogtech.usc.edu/publications/kirschner_Sweller_Clark.pdf
- Le Donné, N., Fraser, P. y Bousquet, G. (2016), Teaching Strategies for Instructional Quality: Insights from the TALIS PISA Link Data, *OECD Education Working Papers*, nº 148, Paris: OECD Publishing. Doi: <http://dx.doi.org/10.1787/5jln1hlsr0lr-en>
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual Series in Educational Innovation*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2007). REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE viernes 5 de enero de 2007*. Nº 5. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2007/01/05/pdfs/A00677-00773.pdf>
- Minner, D.D., Levy, A.J., Century, J. (2010). Inquiry-bases science instruction - what is it and does it matter? Results from a research

- synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol., nº 47 (4), 474–496. Doi: 10.1002/tea.20347.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>
- OECD (2006). *Student questionnaire for PISA 2006, Main study*. Programme for International Student Assessment 2006. Recuperado de www.umac.mo/fed/pisa/06_stu/StdQ_MS06_EN.pdf
- OECD (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de http://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2006_9789264040014-en
- OECD (2013). *PISA 2015. Draft Science Framework*. Programme for International Student Assessment. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. Paris : OECD Publishing. Doi: <http://dex.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- (2016 a). *PISA 2015 Results (Volume II). Policies and Practices for Successful Schools*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de http://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-results-volume-ii_9789264267510-en
- OECD (2017). *PISA 2015 Technical Report*. Programme for International Student Assessment. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report/>
- (2017 a). Student questionnaire data file. Programme for International Student Assessment. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/data/2015database/>
- Schoeder, C.M., Scott, T.P., Tolson, H., Huang, T. Y., Lee, Y. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol., nº 44, 1436–1460
- Prenzel, Seidel, and Kobarg, (2012). Science teaching and learning: An international comparative perspective. En Fraser, B.J. et ál. (Ed.), *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education. Doi: 10.1007/978-1-4020-9041-7-44

Turpen, C. and Finkelstein, N. (2010). The construction of different classroom norms during Peer Instruction: Students perceive differences. *Physical Review Physics Education Research*, vol., nº 6(2).
Doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020123>

Información de contacto: Sara Álvarez Morán, Universidad de Oviedo, Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística, I. O y Didáctica de las Matemáticas. C/ Federico García Lorca nº 18 33007, Oviedo. **E-mail:** salvarez@uniovi.es

Teaching strategies and performance in PISA 2015: A critical analysis

Metodología docente y rendimiento en PISA 2015: Análisis crítico

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-379-370

Sara Álvarez Morán
Carlos E. Carleos Artime
Norberto O. Corral Blanco

Universidad de Oviedo

Elena Prieto Rodríguez

University of Newcastle

Abstract

There is a large corpus of literature spanning several decades analysing the controversy between those who argue that the teaching of science must be teacher-directed and those who claim that it should be student-centred or inquiry-based. The 2015 edition of the PISA study claims that teacher-directed instruction in Science (TDTEACH index) is one of the variables most influential to Science test results. This study examines the PISA sample representing Spain to scrutinise whether this influence may be conditioned by other factors. Our results show that TDTEACH has practically the same influence on student performance in Science, Mathematics and Reading. It is surprising that the teaching strategy used by science teachers would be associated with results in the other competences evaluated in PISA. We also show that the intra-school variability of TDTEACH is much more important than inter-school variability, which is unexpected because, a priori, teaching strategies are normally agreed within schools. We prove that when each school is represented by its average values, TDTEACH's influence on performance fails after taking into account the economic, social and cultural status of the school, which would indicate that there is no relation between TDTEACH and scores obtained by the students. Finally, there is a positive

correlation between TDTEACH and inquiry-based instruction (IBTEACH). All the results lead us to claim that: (1) the TDTEACH index does not properly measure teacher-directed instruction in Science; (2) in the Spanish education system, it is not therefore justified to assume that teacher-directed science instruction produces better student outcomes.

Keywords: plausible values, teacher-directed instruction (TDTEACH), inquiry-based instruction (IBTEACH), Pearson correlation, Multiple Regression, economic, social and cultural status(ESCS)

Resumen

La controversia entre quienes defienden que la enseñanza de las ciencias debe hacerse empleando una metodología dirigida por el docente y aquellos que señalan que es preferible que sea centrada en el estudiante lleva décadas siendo objeto de estudio. En la edición de PISA de 2015 se destaca que la enseñanza dirigida por el profesor en Ciencias (índice TDTEACH) es una de las variables que mayor relación tiene con los resultados en las pruebas de Ciencias. En este estudio se examina la muestra PISA que representa a España para tratar de determinar en qué medida ese resultado puede estar condicionado por otros factores. Se constata que el TDTEACH tiene tanta relación con el rendimiento de los estudiantes en Ciencias como con su rendimiento en Matemáticas y Lectura, resultando sorprendente que la forma de enseñar en las clases de ciencias tenga incidencia en los resultados del resto de competencias evaluadas en PISA. También se aprecia que la variabilidad intra-centros del TDTEACH es mucho más importante que la variabilidad entre centros, lo cual resulta bastante chocante pues a priori las metodologías de trabajo son consensuadas dentro de una misma escuela. También se comprueba que al representar cada centro por sus valores medios, la influencia del TDTEACH en el rendimiento desaparece al considerar el efecto del nivel socio-educativo, lo que indicaría que no hay relación entre el TDTEACH y las puntuaciones de los estudiantes. Por último se encuentra una correlación positiva entre TDTEACH y la enseñanza basada en la investigación (IBTEACH). Todos estos resultados inducen a pensar que: (1) el índice TDTEACH no mide de manera adecuada la enseñanza dirigida por el profesor en ciencias; (2) no está justificado suponer que la enseñanza dirigida por el docente produzca mejores resultados de los estudiantes en el sistema educativo español.

Palabras clave: valores plausibles, enseñanza dirigida por el docente (TDTEACH), enseñanza basada en la investigación (IBTEACH), correlación de Pearson, regresión múltiple, estatus socioeconómico (ESCS)

Introduction

PISA teaching profiles

The Program for International Student Assessment (PISA) is an international evaluation held every three years since 2000. One of the main aspects of PISA is to evaluate and compare educational systems by testing and surveying the skills and knowledge of 15-year-old students in a range of academic areas. In 2015, half a million participants, representing 28 million students from 72 countries, were tested on mathematics, science, reading, solving collaborative problems and financial knowledge.

Since 2000, this educational evaluation has tested three skills: Science, Reading and Mathematics, and in each edition one of them is considered the main focus. In 2015, the focus was Science as it had been in 2006. In addition, in every edition, the analysis of some new skills is proposed, such as the collaborative problem solving in 2015, or global skills, in the next PISA 2018.

The goal of PISA is not only to test students' knowledge in isolation, but also to analyse factors that influence or relate to the development of students' skills. PISA evaluations also seek to ascertain what learning opportunities are provided to students, especially in those countries that have better results, and to see to what extent such educational practices may be useful for other educational systems.

To carry out such complementary analyses, students participating in the study must complete a context questionnaire that has evolved throughout the different editions of PISA.

PISA 2006 focused on understanding how different ways of teaching science influence the results of students. This is the first year in which sciences were the focus of evaluation, and the student's context questionnaire included a section about teaching and learning science (OECD, 2006) in order to ascertain to what extent scientific learning is utilised in teaching. In 2015 this scale is called *inquiry - based science instruction* and again the relationship with students' results is explored.

In the *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996), inquiry-based instruction in Science is described as a set of activities involving observations, checking sources of information, asking questions, designing experiments, putting them into practice,

interpreting data, proposing answers and explanations and devising predictions, as well as communicating results. The statements in student's context questionnaire explore to what extent students have the perception of receiving active learning instruction in Science.

From different studies, Schroeder, Scott, Tolson, Huang and Lee (2007); Furtak, Seidel, Iverson, and Briggs's (2009) or Minner et al. (2010), where different aspects of the so-called *inquiry-based science instruction* are analysed, it seemed reasonable to conclude that the effect of this type of teaching is not worse, and perhaps in some aspects better, than the conventional teaching of Science, understood as an experience where the teacher delivers content step by step as direct instruction.

Teacher-directed science instruction and Inquiry-based science instruction

In the 2015 PISA report, Volume II, (OECD, 2016) it is stated that the way in which Science is taught in schools can produce large differences in student outcomes and interest in Science, and some sections of the report focus on analysing how Science is taught and the relationship of different teaching strategies with greater or lesser success in tests. At the time of the first PISA focus on Science (OECD, 2007), it was pointed out that students need teachers who propose challenges and are innovative in order to work teaching strategies that deliver learning outcomes for all learners.

The study of the relationship between teaching practices and student outcomes in PISA is not an issue that is raised first time in PISA 2015; Le Donné, Fraser and Bousquet (2016) carried out a specific study on strategies for the quality of teaching based on the joint analysis of the TALIS - PISA databases, with TALIS (The Teaching and Learning International Student Survey) being another international study that analyses the teaching and learning environments of mathematics. The databases of PISA 2012 were chosen because mathematics was the main skill of evaluation in 2012 and those of TALIS were those of the study conducted in 2013.

The OECD (2016) approach to scientific skill indicates that the main objective, when teaching Science, is to promote the ability of students to explain phenomena scientifically, understand scientific research and interpret scientific evidence. Therefore, through the PISA study, it is

intended to find out to what extent schools are achieving this goal, as well as describing methods for teaching Science and their relationship with students' outcomes.

Kobarg et al. (2011); Prenzel, Seidel, and Kobarg, (2012), using analysis based on PISA 2006 concluded that the students' outcomes were connected with different teaching practices, where some activities were associated with good results and others with a high interest and motivation of students. For PISA 2015, new items were designed in the context questionnaire to discriminate between different teaching profiles, specifying the following four:

- **Teacher-directed instruction:** The goal of this instruction is to provide clear and well-structured informative lessons which usually involve teacher explanations, classroom debates and student questions. Even if these strategies render students passive during lessons, teacher direction is essential for scientific knowledge of students (Driver, 1995).
- **Inquiry-based instruction:** In Science education, inquiry-based instruction is a way of engaging students in experimentation and hypothesising, and also about challenging and encouraging students to develop a conceptual understanding of scientific ideas. It is expected that top-performing students in Science to understand, explain and debate scientific ideas, design and carry out experiments and communicate their findings while connecting scientific ideas and investigation with real life problems (Miner, Levy and Century, 2010).
- **Perceived feedback:** Feedback in education usually refers to the information that students receive from peers, parents and teachers after they undertake an assignment or test with the aim to modify or reinforce student behaviour. Feedback and positive reinforcement (formative assessment) is essential for the improvement of student outcomes (Hattie, 2011).
- **Adaptive instruction:** This refers to teachers' flexibility with their lessons and adapting lessons to cater for all students. Adapting lessons to students with different backgrounds, knowledge, abilities and needs is an important goal when teaching Science to all types of students (Hofstein y Lunetta, 2004).

In this paper we will analyse aspects of PISA related to the first and second of the teaching profiles because they are two real alternatives of teaching styles, while the other two refer to methodological strategies that can be applied equally in both.

The PISA 2015 report, Volume II, (OECD, 2016) states that what happens inside the classroom is decisive for the students' learning and their expectations of continuing with scientific studies. It also indicates that teaching strategies are strongly associated with student outcomes because *teacher-directed instruction* is one of the variables that is most closely related to performance, obtaining better results in Science in all countries except three. On the other hand, it is emphasized that the use of *inquiry-based instruction* is negatively associated with performance in Science (in 56 of the countries).

The report also points out that science teachers use *teacher-directed instruction* more frequently than other types of teaching practices. Furthermore, the aforementioned report states that this strategy can be used more frequently because it takes less time and is easier to implement and that a certain degree of knowledge transmission to students is essential. If a teacher needs to cover a long curriculum, it can be difficult to use other teaching approaches frequently. In fact, among the four strategies presented for teacher - directed, the one that refers to whether a debate is held between the whole class and the teacher is the least used, according to the students, probably because it spends more time in the classroom.

There is extensive literature and diversity of opinions on the effectiveness of *inquiry-based* and *teacher-directed instruction*, pointing out its possible advantages and disadvantages.

Eric Mazur, Harvard physicist and creator of Peer Instruction, a teaching strategy based on group work, notes that Western society's education is too focused on traditional modes of delivery. He encouraged the Australian PISA consortium to recognise the fact that modes of delivery where the teacher is the source of all knowledge hinder student learning when compared to more interactive strategies where students learn through collaborative investigations.

Turpen and Finkelstein (2010) contest that for students to master scientific knowledge, they must be allowed to behave like scientists at school. They claim that teachers should prepare their lesson on topics of interest for students, encouraging them to debate their ideas, carry out

their own scientific experiments and not insist on teacher-centred strategies.

Emerling (2010) explored the effects of teaching strategies through a 14-month study where participant teachers aimed to increase their students' conceptual understanding of scientific knowledge via inquiry-based learning. The study concluded that more work need to take place in order to link student outcomes to classroom practices. Kirschner, P. A., Sweller, J., and Clark, R.E. (2006) postulated that the reasons why inquiry-based learning might not work, in spite of being a strategy methodologically popular and intuitively attractive, has to do with human cognitive architecture and evidence from empirical studies that consistently indicate that inquiry-based learning is less efficient than educational approaches that are more strongly focused on students' learning processes.

Similarly, Hirsch, E.D., (2000) defends teacher-directed learning and exposes the importance of ensuring that all students learn the corpus of academic knowledge necessary to be scientifically literate, and that they are able to apply this knowledge in diverse circumstances. He also claims that if curriculum the most important part of learning, traditional approaches are essential for student success.

After the 2015 PISA results were published reporting the positive association between *teacher-directed instruction* and student performance, educational policy makers in certain countries such as the United Kingdom (Gibb, 2017) considered whether it was necessary to reinforce *teacher-directed instruction*, with a knowledge-enriched curriculum, as it seemed to be more effective than inquiry-based approaches.

There is also criticism towards the PISA study, questioning on whether it really measured what it intended to measure (Hanberger, 2014; Jiang and McComas, 2015) and whether the causal inferences developed from the reports should be interpreted more carefully (Fernández-Cano, 2016).

Purpose of the study

The objective of this paper is to evaluate the possible relationship between *teacher-directed instruction* in the PISA Science tests, taking into account factors that may be conditioning this association. For this, the

work has been developed in three parts, each of which testing if results of the analyses agreed with what would be expected if really that teaching strategies had a positive influence on Sciences performance.

The working hypotheses that are going to be tested are the following:

Hypothesis 1: Students who receive more teacher-directed science instruction should have better results in these tests. The verification of this hypothesis must be done taking into account the student academic characteristics.

Hypothesis 2: If the same teaching strategy is used within schools, then the following conditions should be accurate:

- The variability of student perceptions of the type of teacher-directed instruction should represent a small proportion of the total variability
- The association within a school, between the perception of teacher-directed instruction and Science test outcomes should be lower than when calculated globally.
- The socio-economic and cultural index should have zero correlation with the type of teaching strategy inside classrooms.

Hypothesis 3: When socio-economic and cultural status between schools is equal, those with the most teacher-directed instruction should have better outcomes in Science.

Method

The starting point to analyse the possible influence of teaching styles on performance is the questions that refer to teaching strategies that appear in the student context questionnaire.

The questionnaire items in case of *teacher-directed instruction* are the following four:

- The teacher explains scientific ideas.
- A whole class discussion takes place with the teacher.
- The teacher discusses our questions.
- The teacher demonstrates an idea.

For *inquiry-based instruction*, nine items are presented to the student, which are maintained, with some modifications, from the seventeen proposed in 2006 PISA edition.

- Students are given opportunities to explain their ideas.
- Students spend time in the laboratory doing practical experiments.
- Students are required to argue about science questions.
- Students are asked to draw conclusions from an experiment they have conducted.
- The teacher explains how a school science idea can be applied to a number of different phenomena.
- Students are allowed to design their own experiments.
- There is a class debate about investigations.
- The teacher clearly explains the relevance of broad science concepts to our lives.
- Students are asked to do an investigation to test ideas.

In all items, students had to indicate how often some activities happen in the classroom according to the following alternative responses: “*never or hardly ever happened*», “*in some lessons*», “*in most lessons*”, or “*in all lessons*». Coding of these items reflects that the objective of these questions not only was to establish whether a teacher applied or not these strategies, but to quantify to what degree they did. From these two blocks PISA experts elaborated complex indexes, called TDTEACH and IBTEACH respectively, which were included in the database (OECD, 2017). The first of them tries *to measure with what intensity* science teachers lead their students learning while the second one tries *to quantify to what extent* an inquiry-based instruction is applied.

One aspect to be highlighted is that the items referring to *inquiry-based instruction* (IBTEACH) refer generically to all science subjects, without focusing on a specific one.

The items referring to *teacher-directed instruction* (TDTEACH), were related to a specific subject, freely chosen by the student among those that they attended that year. The following table describes the subjects chosen by students of the representative sample of Spain.

TABLE I. Subjects, number of people and percentage of response to TDTEACH items

Physics	Chemistry	Biology	Earth and space	Applied sciences and technology	General or integrated science	Undetermined
324	165	1916	1	184	421	1855
6,7%	3,4%	39,4%	0,0%	3,8%	8,7%	38,1%

Source: authors

Students' answers on science subjects in TDTEACH is surprising if one takes into account that the subjects imparted in the Spanish Science curriculum in Compulsory Secondary Education (ESO). Please note that ESO comprises 4 years of study with students typically starting at 12 years of age and finishing at age 16 and, when the PISA 2015 test took place the subjects were the following:

TABLE II. Science subjects in 2015 ESO Curriculum of Spain

	1 st ESO	2 nd ESO	3 rd ESO ¹	4 th ESO
Natural Sciences	Compulsory	Compulsory	Compulsory	
Technology		Compulsory	Compulsory	
Physics and Chemistry				Optional
Biology and Geology				Optional

Source: authors

In the sample we use for this study there is a percentage of non-response of 21% that corresponds to students who did not study Science. Of those who studied Science, the percentage of people located in the category “*undetermined*” for the chosen Science subject is 38%. Thus, certain doubts arise about the distinction that is made between the

¹⁾ Contents were differentiated between those referring to Biology and Geology and those of Physics and Chemistry.

Physics or Chemistry categories since both subjects are taught together under the name of “Physics and Chemistry”.

In the framework for scientific competence evaluation (OECD, 2016), three categories were established for Science: physical systems, living systems and earth and space systems. Analysing the content of each one of them and comparing it with the curricula of Science subjects in Spain, established by Royal Decree 1631/2006, those referring to physical systems and living systems are interesting since they are those that have a direct relationship with the Spanish curriculum, as reflected below.

The *Physical Systems* test requires knowledge of Physics and Chemistry taught mainly in 4th year of the ESO as demonstrated below:

- Structure of matter. In the 3rd year of ESO.
- Properties of matter. In the 3rd and 4th years of ESO.
- Chemical changes of matter.
- Motion and forces.
- Energy and its transformation.
- Interactions between energy and matter.
- The last four in the 4th year of ESO:
- The situation is quite similar for the case of the knowledge required for *Living Systems*:
 - Cells.
 - The concept of an organism.
 - Humans. In 3rd year of ESO.
 - Populations.
 - Ecosystems.
 - Biosphere.
 - All in 4th year of ESO except the one indicated.

This paper will take this information into consideration to study the relationship of TDTEACH with Physical Systems considering only the 489 students who chose the option of Physics or Chemistry to answer the TDTEACH items because a priori the contents of PISA Physical Systems should have been studied in the subject of Physics and Chemistry. Similarly, the association between TDTEACH and Living Systems is considered exclusively in the Biology option, since it would be in this subject where Living Systems content would have been studied.

Sample

Our study is based on data from Spain in PISA 2015, selected from the international PISA database, with a total sample of 6,756 individuals who are representative of the 15-year student sample in Spain, that is, the results are not disaggregated by region. The characteristics of the sampling can be consulted in *PISA 2015 Technical Report*.

Variables and indices that are going to be used in the present study to contrast the proposed hypotheses are the ones that appear below, the first of which are those that are already in the PISA database.

- CURSO is the year LEVEL in which a student is. It results from recoding the so named variable GRADE in the database, in the categories -2 = 2nd year of ESO, -1 = 3rd year of ESO and 0 = 4th year of ESO
- ESCS (The PISA index of economic, social and cultural status) is the index created by PISA to measure sociocultural status.
- IBTEACH (Inquiry-based science teaching and learning practices) is the index for questions regarding inquiry-based instruction.
- TDTEACH (Teacher-directed science instruction) is the PISA index for questions regarding teacher-directed instruction.
- PVSCIE refers to the results associated with plausible values in Science PV1SCIE up to PV10SCIE (Plausible values for Science).
- PVMATH and PVREAD refer, respectively, to plausible values for Mathematics and Reading, PV1MATH up to PV10MATH and PV1READ up to PV10READ.
- PVSSPH refers to the results associated with the plausible values in the subscale of Physical Systems PV1SSPH up to PV10SSPH (Plausible values on Science subscale - Physical System).
- PVSSLI refers to the results associated with plausible values in the subsystem of Living Systems PV1SSLI up to PV10SSLI (Plausible values on Science subscale - Living System).
- In addition to the previous ones, in this study the following indices were defined:
- PVRG (General Performance) refers to the plausible average values of Mathematics and Reading, subjects in which the profile of teaching they were taught is not known, PV1RG up to PV10RG: $(PVxRG = (PVxMATH + PVxREAD) / 2)$

- r (TDTEACH, PVSCIE). The scores of this variable measure the Pearson correlation between TDTEACH and PVSCIE within each school.
- r (TDTEACH, PVRG). The scores of this variable measure the Pearson correlation between TDTEACH and PVRG within each school.

Instruments

The statistical environment R (R Project for statistical analysis, <http://www.r-project.org>) has been used to manage the PISA 2015 student database, which the OECD (2017) presents under the name of *Student questionnaire data file*.

Procedures

The estimation of means, typical errors, Pearson correlation, etc., was made through implementations developed by the authors in R language, following the methods described in the data analysis manual for SPSS users of the PISA program. They are available at <http://carleos.epv.uniovi.es/pisa>

For confidence intervals, the confidence coefficient 0.99 at significance level of 0.01 (instead of the usual 0.95 and 0.05) have been considered to reduce the effect of the error when performance of multiple confidence intervals and hypothesis contrasts is made.

In the regression models proposed to predict the performance in Science, different alternatives were analysed, both in relation with independent variables to be used and their complexity. In all cases it was decided to use the simplest model as long as the value of the determination coefficient R^2 was very similar and the same conclusions were obtained.

Results

The results obtained on the objective of the study are presented in order to contrast the hypotheses raised about *teacher-directed instruction* as

perceived by the students (TDTEACH) that are part of the Spanish sample of PISA 2015.

The statistical analysis was organized in three different levels and each of them refers to one of the hypotheses previously stated:

- **Joint analysis.** The aim is to contrast the first hypothesis and to see if students who perceive a more teacher-directed science instruction obtain better results in Science.
- **Intra-school analysis.** In this case, we intend to know if the results obtained agree with what was expected in the second hypothesis, in the sense that if the same teaching strategy is used in a school, the variability of students' perception should be less and the relationship with the results should decrease.
- **Inter-school analysis.** The aim is to know if schools with the same ESCS where it is used more teacher-directed instruction the results are better and therefore we would be testing the third hypothesis

Joint analysis

The first analyses estimate the Pearson correlation between TDTEACH and the scores in the global scientific competence (PVSCIE), in Physical Systems (PVSSPH) and in Living Systems (PVSSLI), as well as with the socioeconomic and cultural level. Results appear in table III, as well as the frequencies.

The association of TDTEACH with PVSSPH and PVSSLI was studied using the scores of students who chose to comment teaching strategies employed by teachers on Physics or Chemistry and Biology, respectively.

TABLE III. Pearson correlation between TDTEACH, PVSCIE, PVSSPH, PVSSLI and ESCS

TDTEACH	PVSCIE (n=4708)	PVSSPH (n=489)	PVSSLI (n=1916)	ESCS (n=4696)
r Pearson	0,143	0,148	0,109	0,074
Standard error	0,021	0,055	0,032	0,016
Confidence interval (coef.= 0.99)	0,091; 0,205	0,006; 0,289	0,028; 0,191	0,033; 0,115

Source: authors

The correlations under analysis confirm in all cases that higher perception that students have of receiving a teacher-directed instruction (TDTEACH), the higher tends to be the score in each of the Science tests.

However, the association, by itself, does not ensure that TDTEACH is responsible for that improvement because that effect can be induced by other factors, as mentioned in 2015 PISA report pointing out that the Economic Social and Cultural Index (ESCS) is also associated with TDTEACH. For the Spain sample, this correlation is 0.074, which indicates that students with higher values in the ESCS index perceive more teacher-directed instruction. Since students with higher value in ESCS tend to have higher scores, it seems reasonable to assume that part of the association obtained between TDTEACH and scores is due to the type of students to whom it applies.

Another interesting result is the difference in perception of TDTEACH presented by students when considering the school year level in which they are. As shown in the following table, the average of TDTEACH is clearly rising as the educational program of ESO increases.

TABLE IV. Pearson correlation between TDTEACH and the student school year level

TDTEACH	School level		
	2 nd year of ESO	3 rd year of ESO	4 th year of ESO
Mean	-0,197	-0,020	0,159
Standard error	0,061	0,035	0,024
Confidence interval (coef.= 0.99)	-0,354; -0,076	-0,109; 0,069	0,098; 0,221

Source: authors

The results obtained are unexpected because there is no clear reason for TDTEACH to increase as students' progress through ESO levels or that is related to the socio-economic and cultural status of the family. In any case, these relationships indicate that there might be a certain tendency to apply this teaching strategy to students with better performance. This

would create a very important bias when assessing the real influence of this type of teaching.

Consequently, it is necessary to study, eliminating the detected bias, and determine if *teacher-directed instruction* is the factor that really produces that improvement in Science tests. To do this, a linear model is proposed that explains the scoring of a student in Science (PVSCIE) based on its general performance (PVRG), independent at first of the teaching strategy, and the degree of application of TDTEACH.

The PVRG is built from the scores obtained in the other two competences under evaluation in PISA, Reading and Mathematics, and therefore the way of teaching Science should not influence the results in such areas.

$$PVSCIE = \beta_0 + \beta_1 \cdot PVRG + \beta_2 \cdot TDTEACH + error$$

Under the previous premise it is evident that if TDTEACH influences the score in Science, it would mean that with equality of General Performance (PVRG) the students with the most teacher - directed instruction should have better scores and therefore the coefficient β_2 should be positive. The previous model will also be applied to the PVSSPH category scores (Physics and Chemistry) and PVSSLI (Biology and Geology) as it allows us to directly compare to what extent the use of TDTEACH is related to the performance in those specific contents.

The results of the proposed models appear in the following three tables:

TABLE V. Linear model applied to global results in Science

PVSCIE based on TDTEACH and PVRG (GENERAL PERFORMANCE)				
	Intercept	TDTEACH	PVRG	R ²
Coefficients	-4,690	1,312	1,018	0,8613
Typical error	7,252	1,172	0,015	
P-value	0,518	0,263	0,000	

Source: authors

TABLE VI. Linear model applied to the results in contents on Physical Systems

PVSSPH based on TDTEACH and PVRG				
	Intercept	TDTEACH	PVRG	R2
Coefficients	36,30	6,459	0,938	0,674
Typical error	28,46	4,096	0,054	
P-value	0,202	0,113	0,000	

Source: authors

TABLE VII. Linear model applied to the results in contents of Living Systems

PVSSLI based on TDTEACH and PVRG				
	Intercept	TDTEACH	PVRG	R2
Coefficients	22,22	1,352	0,969	0,684
Typical error	13,33	2,014	0,026	
P-value	0,096	0,502	0,000	

Source: authors

The coefficient of TDTEACH is not significantly different from zero in any of the three analysed models, which indicates that when considering the general performance of students, the intensity with which the teacher directs the classes does not influence the score of Science tests. This happens both at the general level (first table) and if the focus is placed on the specific subjects that are evaluated.

This result seems conclusive when ruling out that the teacher-directed instruction is a relevant factor in the improvement of performance in Science, and therefore reject the first hypothesis, but, the validity of this conclusion depends on the General Performance being really independent of TDTEACH. Therefore it is necessary to analyse if within schools there is a tendency to use a similar strategies for teaching Science, Mathematics and Reading because in that case the General Performance values (PVRG) would also depend on TDTEACH.

Intra-school analysis

Taking into account the results and considerations of the previous section, a detailed analysis of the relationship of TDTEACH with other variables of the study was carried out. The expected behaviour intra-school of the Pearson correlation between this variable and the scores in Science should be decreased for two important reasons:

- For students who are taught by the same teacher, the correlation should be almost zero because they receive the same type of teaching
- Teachers are grouped in Departments in which presumably they coordinate the contents and teaching strategies for the subjects.

We first study the Pearson correlation, within a school, of TDTEACH with ESCS and with the IBTEACH teaching style (inquiry-based instruction) in which the student takes a special role, as shown in the items of the questionnaire.

TABLE VIII Pearson correlation of socioeconomic and cultural index and IBTEACH

TDTEACH	ESCS	IBTEACH
r Pearson	0,050	0,368
Typical error	0,017	0,017
Interval (coef.= 0,99)	0,006; 0,094	0,324; 0,412

Source: authors

The positive association between TDTEACH and IBTEACH is surprising because when it happens within a school both teaching strategies should have a negative correlation, since a very strong incidence of one of them necessarily implies that the other is used less. This result coincides with what appears in the PISA report (OECD, 2016) and the given explanation there is insufficient because, even though they are not mutually exclusive, they should have a negative relationship.

An especially striking result that is not easy to interpret is that, within the same school, there is an association between TDTEACH and ESCS, since the type of education a student receives at their school should be independent of the family socio-educational level.

These results cast serious doubts on whether what is evaluated with TDTEACH and IBTEACH is really what was intended to be measured.

The fact of admitting that there was a tendency in schools to use similar teaching strategies in Science, Mathematics and Reading, would mean that all the students of a school would receive a teaching in very similar conditions and therefore it would be expected that the following would be verified :

- The intra-school correlations of TDTEACH with PVRG should be similar.
- The intra-school variability of TDTEACH should be small with respect to the total variability.
- The intra-school correlations of TDTEACH with Performance should be almost zero or at least much lower than if calculated globally

Therefore, we will try to check if the results of the analyses agree with the expected conclusions.

First, to analyse if the Pearson correlations between TDTEACH and PVSCIE and PVRG are related to each other we propose the following linear regression model.

$$r(\text{TDTEACH}, \text{PVSCIE}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot R(\text{TDTEACH}, \text{PVRG}) + \text{error}$$

The results that appear in the following table show that the coefficient β_1 is practically one and therefore the correlation between TDTEACH and PVSCIE can be considered equal to the correlation between TDTEACH and PVRG. This implies that the measure TDTEACH is common for Science and PVRG.

TABLE IX. Linear model for intra-school correlations of TDTEACH with PVSCIE and PVRG

<i>r</i> (TDTEACH, PVSCIE) based on <i>R</i> (TDTEACH, PVRG)			
	β_0	β_1	R^2
Estimator	0,007	0,984	0,937
Typical error	0,006	0,017	0,009
P-value	0,243	0,347 ²	

Source: authors

Secondly, an analysis of the variance is used to quantify the importance of intra-school variability of TDTEACH, obtaining that it actually represents 89.4% of the total; that is, its contribution is much higher than expected. It is surprising that the students of the same school perceive such variability in the way the strategies utilised by their teacher.

Finally, correlations between TDTEACH and PISA Science tests are analysed, which should decrease compared to the global ones. However, in the table it can be observed that there is hardly any difference between the quantities in both situations, therefore this result does not agree with what was expected and the second hypothesis must be rejected.

TABLE X. Pearson correlation, intra-school, with general results and with specific contents of Physical Systems and Living Systems

<i>r</i> (TDTEACH, PVSCIE) based on <i>R</i> (TDTEACH, PVRG)			
			R^2
Estimator	0,007	0,984	0,937
Typical error	0,006	0,017	0,009
P-value	0,243	0,347 ²	

Source: authors

⁽²⁾ The P-value of this contrast is for the null hypothesis $\beta_1 = 1$

The most relevant conclusions derived from this section are the following:

- The complex index TDTEACH that appears in PISA databases is not related to Science scores.
- What TDTEACH reflects does not seem to be what it was intended to measure.

Inter - school study

In this section, each school is characterized by its average scores in variables considered to test if the previous relationships are maintained and to test whether *teacher-directed instruction* has a positive influence on the Science Performance, when the effect of ESCS is eliminated.

When analysing the association of TDTEACH and IBTEACH, a Pearson correlation of 0.59 is observed, which is still surprising because, according to the perception of the students, the greater employment of inquiry-based instruction the greater the use of teacher - directed instruction.

TABLE XI. Pearson correlation, between schools, of TDTEACH with IBTEACH, ESCS and PVSCIE.

TDTEACH	IBTEACH	ESCS	PVSCIE
r Pearson	0,59	0,21	0,16
Typical error	0,04	0,06	0,07
Interval (coef.= 0.99)	0,48; 0,71	0,05; 0,37	-0,02; 0,34

Source: authors

TDTEACH also relates positively to the ESCS with a correlation of 0.21; that is, the students belonging to the schools with families with higher socio-economic and cultural level tend to perceive a greater application of teacher-directed instruction.

The positive relationship of TDTEACH with PVSCIE is significant at the 0.01 level that we use throughout this article. Even if a less

conservative attitude were adopted and considered significant, this positive relationship could be induced by the difference in the status of the families and it is necessary to make the comparison in more homogeneous conditions. To do this, a new linear model is proposed that evaluates the influence of TDTEACH taking into account the ESCS level.

$$PVSCIE = \beta 0 + \beta 1 \cdot ESCS + \beta 2 \cdot TDTEACH + error$$

The results of the analysis clearly indicate that by eliminating the effect of family status, teacher-directed instruction does not provide a significant improvement to Science scores and thus the third hypothesis must be rejected.

TABLE XII. Linear model applied to general results in Science

	Intercept	TDTEACH	ESCS	R2
Estimation of the coefficient	522,2	1,97	36,72	0,503
Typical error	2,2	7,05	2,65	
P-value	0,000	0,780	0,000	

Source: authors

The conclusions obtained in this section fully coincide with those formulated in the previous one.

Conclusions

From the analyses that have been presented throughout this article, the conclusions that can be drawn are the following:

- The variable constructed as an average of scores in Mathematics and Reading (PVRG) can be understood as an estimate of the General Performance of the student without relationship, at first, to teaching

strategies since it is unknown how both subjects were taught. Under this assumption when making a regression model of SCIE on PVRG and TDTEACH, the contribution of the variable teacher-directed instruction is no longer significant.

- If we consider that PVRG is also influenced by TDTEACH, this would imply that within the schools there is a tendency to use similar teaching strategies not only in Science but also in Mathematics and Reading; such an alternative is not compatible with the fact that the intra-school variability of TDTEACH represents almost 90% of the total variability. In addition, the intra-schools correlations of the PISA tests should be much smaller than those calculated globally, but are practically identical.
- When characterising the schools by the means of the variables of interest, we obtain that if we take into account the average level of ESCS, TDTEACH no longer contributes anything relevant in the explanation of performance.
- The positive relationship of TDTEACH and IBTEACH that is already reflected in the PISA report and verified in this work, both intra-school and between-schools, is a difficult result to explain if both complex indices reflect what was really intended to be measured with them.
- From the sample data in Spain, there is no solid evidence to support the hypothesis that the characteristic measured by TDTEACH has a positive association with Science performance.
- The positive correlation between the students' perceptions of TDTEACH and IBTEACH seems to support the hypothesis that these measures do not really reflect the type of teaching strategy with which the classes are taught.

Taking into account the above considerations using the Spanish dataset from PISA 2015 survey, it does not seem possible to draw any sufficiently reliable conclusions about the true effectiveness of *teacher-directed instruction*. This answers the main research question of the present study

Thus, the conclusions drawn from the Spanish case do not correspond to the statement made in *PISA 2015 Results (Volume II)*. (OECD, 2017) where it is stated that teacher-directed instruction is associated with higher scores in Science.

It is an aim of the authors of this article to continue investigating if

these results also occur in the rest of the countries participating in PISA 2015.

References

- Crouch, C., Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten Years of Experience and Results. *American Journal of Physics*, vol., 69, 970-977.
- Driver, R. (1995). Constructivist approaches to science teaching. En L. P. Steffe and J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (385-400). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Driver, R., Newton, P., y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, vol.,84(3), 287-312.
- Ermeling, B.A. (2010). Tracing the effects of teacher inquiry on classroom practice . *Teaching and Teacher Education*, vol., 26(3), 377-388. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.02.019>
- Fernandez-Cano, Antonio (2016). Una crítica metodológica de las evaluaciones PISA. *RELIEVE*, 22(1), art. M15. Doi: <http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8806>
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H. y Bridggs, D. (2012). Recent experimental studies of inquiry - bases teaching: A meta -analysis and review. *Review of Educational Research*, vol., 82(3), 300-329
- Gibb, Nick. (2017). *The evidence in favour of teacher - led instruction*. Editorial: Teaching and school leadership. GOV.UK. Recuperado de <https://www.gov.uk/government/policies/teaching-and-school-leadership>
- Hanberger, A. What PISA Intends to and Can Possibly Achieve: A Critical Programme Theory Analysis. *European Educational Research Journal*, vol., nº13 (2), 167-180. Doi: <http://dx.doi.org/10.2304/eerj.2014.13.2.167>
- Hattie, J.A.C. (2011). Visible learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. *International Review of Education*, vol., nº 57, 219-211. Doi: 10.1007/s11159-011-9198-8
- Hirsch, E.D. (2001). *Why Core Knowledge Promotes Social Justice*. Core

- Knowledge Foundation. Recuperado de <https://www.coreknowledge.org/about-us/e-d-hirsch-jr/>
- Hofstein, A, Lunetta, V.A., (2004) The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Sciences Education*, 88(1), 28-54. Doi: 10.1002/sce.10106
- Jiang, F., McComas, W, F. (2015). The Effects of Inquiry Teaching on Student Science Achievement and Attitudes: Evidence from Propensity Score Analysis of PISA Data. *International Journal of Science Education*, vol., n° 37(3), 554-576. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2014.1000426>
- Jurik, V., Gröschner, A., Seidel T. (2014) Predicting students' cognitive learning activity and intrinsic learning motivation: How powerful are teacher statements, student profiles, and gender?. *Learning and Individual Differences*. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2014.01.005>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., and Clark, R.E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, vol., n° 41(2), 75–86. Recuperado de www.cogtech.usc.edu/publications/kirschner_Sweller_Clark.pdf
- Le Donné, N., Fraser, P. y Bousquet, G. (2016), Teaching Strategies for Instructional Quality: Insights from the TALIS PISA Link Data, *OECD Education Working Papers*, n° 148, Paris: OECD Publishing. Doi: <http://dx.doi.org/10.1787/5jln1hlsr0lr-en>
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual Series in Educational Innovation*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2007). REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE viernes 5 de enero de 2007*. N° 5. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2007/01/05/pdfs/A00677-00773.pdf>
- Minner, D.D., Levy, A.J., Century, J. (2010). Inquiry-bases science instruction - what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol., n° 47 (4), 474–496. Doi: 10.1002/tea.20347.

- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>
- OECD (2006). *Student questionnaire for PISA 2006, Main study*. Programme for International Student Assessment 2006. Recuperado de www.umac.mo/fed/pisa/06_stu/StdQ_MS06_EN.pdf
- OECD (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de http://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2006_9789264040014-en
- OECD (2013). *PISA 2015. Draft Science Framework*. Programme for International Student Assessment. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. Paris : OECD Publishing. Doi: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- (2016 a). *PISA 2015 Results (Volume II). Policies and Practices for Successful Schools*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de http://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-results-volume-ii_9789264267510-en
- OECD (2017). *PISA 2015 Technical Report*. Programme for International Student Assessment. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report/>
- (2017 a). Student questionnaire data file. Programme for International Student Assessment. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/data/2015database/>
- Schoeder, C.M., Scott, T.P., Tolson, H., Huang, T. Y., Lee, Y. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol., nº 44, 1436–1460
- Prenzel, Seidel, and Kobarg, (2012). Science teaching and learning: An international comparative perspective. En Fraser, B.J. et ál. (Ed.), *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education. Doi: 10.1007/978-1-4020-9041-7-44
- Turpen, C. and Finkelstein, N. (2010). The construction of different classroom norms during Peer Instruction: Students perceive

differences. *Physical Review Physics Education Research*, vol., nº 6(2).
Doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020123>

Contact Address: Sara Álvarez Morán, Universidad de Oviedo, Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística, I. O y Didáctica de las Matemáticas. C/ Federico García Lorca nº 18 33007, Oviedo. **E-mail:** salvarez@uniovi.es