

# ESTIMACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS HABILIDADES E INTENSIDAD EN EL USO DE LAS TIC EN EL DESEMPEÑO ACADÉMICO\*

John Ariza\*\*  
Karen Reinoso\*\*\*

Recibido: 13 de diciembre de 2022 - Aprobado: 27 de diciembre de 2022

<https://doi.org/10.22395/seec.v25n59a6>

## RESUMEN

En el presente artículo, se estudia el efecto de la intensidad en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) sobre el desempeño académico de estudiantes de quince años utilizando la base de datos de la prueba internacional PISA 2018. Basado en un modelo de regresión cuantílica y considerando diferenciales en los niveles de destreza en el manejo de las TIC, se estima el efecto de la intensidad de su uso en la escuela y en el hogar sobre diferentes partes de la distribución de habilidades en las áreas de lectura y matemáticas. Los resultados sugieren efectos diferenciales de la intensidad de uso sobre el rendimiento académico de acuerdo con el lugar de acceso y con nivel de destreza en las TIC. Los estudiantes que tienen niveles de destreza TIC bajo y medio presentan correlaciones negativas entre el uso frecuente de las TIC en la escuela y el puntaje en las áreas evaluadas.

## PALABRAS CLAVE

Economía de la educación; capital humano; regresión cuantílica.

## CLASIFICACIÓN JEL

A21, J24, C21

## CONTENIDO

Introducción; 1. Revisión de literatura; 2. Marco teórico; 3. Método; 4. Resultados; 5. Discusión; 6. Conclusiones; Referencias

---

\* Este artículo es resultado del proyecto de investigación "TIC y rendimiento académico en las pruebas SABER 11. Un enfoque de regresión cuantílica" cofinanciado por el ICFES y la Universidad del Tolima mediante la Convocatoria nacional grupos de investigación 2017. Contrato de financiamiento de recuperación contingente No. 425 de 2017. Grupo de investigación en Economía de la Universidad del Tolima GRIECONUT, clasificado en categoría C en MinCiencias.

\*\* Economista, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Magister y Doctor en Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España. Docente de tiempo completo, Departamento de Economía y Finanzas, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Grupo de investigación GRIECONUT. Correo electrónico: [jfariza@ut.edu.co](mailto:jfariza@ut.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5951-7192>

\*\*\* Economista, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Magister en Economía Aplicada, El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México. Analista de riesgos, Tijuana, México. Grupo de investigación GRIECONUT. Correo electrónico: [kyreinosog@ut.edu.co](mailto:kyreinosog@ut.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8940-9635>

# ESTIMATING THE EFFECTS OF SKILLS AND INTENSITY IN THE USE OF ICTS ON ACADEMIC PERFORMANCE

## ABSTRACT

This paper intends to measure the effect of intensity in the use of Information and Communication Technologies (ICT) on 15-year-old students' academic performance. Data were taken from the PISA 2018 international test database. Based on a quantile regression model and considering differentials in ICT skill levels, we estimate the effect of intensity in its use both at school and home, on different aspects of skill distribution in the areas of reading and math. Results suggest differential effects of intensity of use on students' academic performance, dependent of the place they access to ICTs and their skill level at using them. Students with low and medium ICT proficiency levels showed negative correlations between ICT frequent use at school and their scores on the areas tested.

## KEYWORDS

Economics of education, human capital, quantile regression

## JEL CLASSIFICATION

A21, J24, C21

## CONTENTS

Introduction; 1. Literature Review; 2. Theoretical Framework; 3. Method; 4. Results; 5. Discussion; 6. Conclusions; References

# ESTIMATIVA DOS EFEITOS DAS HABILIDADES E DA INTENSIDADE DO USO DAS TICS NO DESEMPENHO ACADÊMICO

## RESUMO

Este artigo pretende medir o efeito da intensidade do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no desempenho acadêmico de alunos de 15 anos. Os dados foram extraídos do banco de dados do teste internacional PISA 2018. Com base em um modelo de regressão quantílica e considerando os diferenciais nos níveis de habilidade nas TIC, estimamos o efeito da intensidade de seu uso na escola e em casa, em diferentes aspectos da distribuição de habilidades nas áreas de leitura e matemática. Os resultados sugerem efeitos diferenciados da intensidade de uso sobre o desempenho acadêmico dos alunos, dependendo do local de acesso às TICs e do nível de habilidade em usá-las. Os alunos com níveis baixos e médios de proficiência em TIC apresentaram correlações negativas entre o uso frequente das TIC na escola e suas pontuações nas áreas testadas.

## PALAVRAS CHAVE:

Economia da educação, capital humano, regressão quantílica

## CLASSIFICAÇÃO JEL

A21, J24, C21

## CONTEÚDO

Introdução; 1. Revisão de literatura; 2. Quadro teórico; 3. Método; 4. Resultados; 5. Discussão; 6. Conclusões; Referências

## INTRODUCCIÓN

El acceso y uso de las TIC se ha extendido de forma amplia por todo el mundo, transformando así estructuras económicas y sociales. De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) (2018), en el año 2018 cerca del 51,4 % de la población mundial contaba con acceso a Internet. Sin embargo, este mayor acceso no ha sido homogéneo en términos geográficos y sociodemográficos, por lo que se ha creado una brecha digital entre regiones y países. En los países en vía de desarrollo solo el 45 % de la población tiene acceso a Internet, mientras que en los países menos desarrollados solo uno de cada cinco individuos lo tiene (ITU, 2018).

Esta brecha digital no solo se expresa en términos de acceso, sino también en términos de la capacidad de uso de las TIC. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (2010), una distribución desigual de destrezas y competencias relacionadas con el uso de la información tecnológica puede tener efectos similares a los de una distribución desigual del capital cultural. En el 2016, el porcentaje de personas que no tenía ninguna habilidad básica con las tecnologías de información y comunicación era de menos del 2 % en Suecia y Noruega, de menos del 25 % en Italia y del 35 % en Turquía (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OECD], 2016).

La desigualdad en las capacidades que se puede obtener por el uso diferenciado de las TIC representa una barrera al desarrollo personal y social, lo cual afecta al final el desarrollo de las regiones, además de provocar la exclusión. La brecha digital es un problema de vital importancia que se ha acentuado en el contexto actual generado por la Covid-19. Esta situación pone de manifiesto la falta de acceso a Internet de calidad y la carencia de equipos tecnológicos en los hogares de bajos recursos, lo que tiene un impacto negativo en la educación y fomenta la deserción escolar.

De acuerdo con lo anterior, el avance en las TIC ha generado grandes desafíos para los sistemas educativos en términos de comunicación y transmisión de conocimientos. En general, el impacto de la expansión de las TIC sobre el aprendizaje del estudiante depende no solo del acceso y capacidad de uso de tales tecnologías, sino también de las características particulares de las aplicaciones, de las condiciones sociodemográficas del estudiante, de sus características cognitivas, culturales y de su entorno escolar. De acuerdo con Harris (2015), los estudiantes con alto nivel de ingresos usan las TIC para fomentar el desarrollo cognitivo, la creatividad y comprensión; mientras que los que cuentan con bajos ingresos no pueden aprovechar esas experiencias por no tener la oportunidad de usar las herramientas tecnológicas.

El presente artículo tiene como objetivo estudiar el efecto de la intensidad en el uso de las TIC sobre el desempeño académico de los estudiantes en las pruebas internacionales PISA en el año 2018. A diferencia de gran parte de la literatura en la que se estudian los efectos del acceso a las TIC sobre el rendimiento académico, este artículo se enfoca en los impactos en la intensidad de uso de dichas tecnologías asociados al nivel de habilidades TIC. Considerando que la capacidad de utilizar las TIC está directamente relacionada con las habilidades académicas (OECD, 2015), se espera que aquellos estudiantes con un mejor desempeño y con algún grado de habilidad TIC, obtengan mejores resultados del uso de las TIC.

Para analizar el efecto que tiene la intensidad de uso y el grado de habilidad de las TIC sobre el desempeño académico, este trabajo utiliza un enfoque de regresión cuantílica que permite estimar económicamente efectos marginales en diferentes partes de la distribución de puntaje de la prueba. Utilizando la base de datos de las pruebas internacionales PISA 2018 (que tiene información sobre el desempeño de los estudiantes en diferentes países, áreas, y nivel de destreza con las TIC), se estudian los efectos diferenciales del uso de las TIC en estudiantes con alto y bajo desempeño académico en las áreas de lectura y matemáticas.

El documento se estructura de la siguiente forma, aparte de esta introducción, en la sección uno se presenta una revisión de literatura de los estudios sobre el tema; en la sección tres se expone el marco teórico del trabajo; la sección cuatro presenta la metodología y la fuente de datos a utilizar; en la sección cinco se presentan los resultados; y en las secciones seis y siete discuten los resultados y se ofrecen algunas conclusiones.

## 1. REVISIÓN DE LITERATURA

En general, el impacto del uso de las TIC sobre el rendimiento académico en el ámbito de país depende de cuatro factores: del contexto en el que se utilice (hogar o escuela), de la finalidad del uso (académico u ocioso), de la frecuencia con que se utilizan dichas herramientas tecnológicas y del grado de destreza o habilidad con las TIC del estudiante. Aunque en principio las TIC pueden mejorar el desempeño académico (dado que permiten el acceso a más información y facilitan la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades), es la configuración de estos cuatro factores los que definen la dirección y la intensidad del efecto. En general, la evidencia empírica con relación a dichos efectos es mixta.

Los primeros trabajos que utilizaron pruebas PISA realizadas entre 2000 y 2009 encontraron efectos positivos del uso de las TIC en el hogar (y en menor medida en

la escuela) sobre el rendimiento académico, principalmente en lectura y matemáticas, en todos los países participantes (Fuchs y Woessmann, 2004; Spiezia, 2010; Gamboa y Garcia, 2011). De acuerdo con Spiezia (2010), utilizar computador todos los días respecto de utilizarlo una vez a la semana tiene efectos diferenciales sobre el puntaje a lo largo de los países. Dentro del grupo de países que reporta los mayores efectos diferenciales se encuentra República Checa y Chile, con más de cincuenta puntos, mientras que dentro del grupo que reporta los menores efectos se encuentran Nueva Zelanda, Irlanda y Polonia, con diez puntos o menos.

Una segunda ola de estudios que utilizó las pruebas PISA de 2012 encontró, para todos los países participantes, efectos negativos del uso en la escuela y del uso en el hogar para trabajo escolar y efectos positivos del uso en el hogar para entretenimiento (Skryabin et al., 2015; Mediavilla y Escardíbul, 2015; Zhang y Liu, 2016; Petko et al., 2016). Para quince países de la Unión Europea, Agasisti et al. (2020) encontraron efectos negativos del uso en el hogar para trabajo escolar mientras que Eickelmann et al. (2016) reportaron efectos positivos en la escuela en matemáticas para Australia, Alemania, Países Bajos, Noruega y Singapur.

En esta misma línea y utilizando las pruebas PISA 2012, Posso (2016) estudia el caso de Australia, y encuentra que el uso en el hogar para entretenimiento tiene efectos positivos para videojuegos y negativos para redes sociales, mientras que Alderete et al. (2017), para España, encuentra efectos negativos en la escuela y positivos en el hogar con relación al trabajo escolar. En el caso de Argentina, Alderete y Formichella (2017) encuentran efectos positivos en los dos contextos.

Por último, existe una serie de estudios que evalúan el efecto en las pruebas PISA 2015. Considerando cuarenta y cuatro países, Hu et al. (2018) encuentran efectos negativos tanto en la escuela como en el hogar del uso para trabajo escolar, mientras que reportaron efectos positivos para uso en el hogar para entretenimiento y para autonomía con las TIC. En el caso de Uruguay, Formichella y Alderete (2018) encuentran efectos positivos en los dos contextos mientras que Martínez-Garrido (2018) para España encuentra solo efectos positivos en la escuela para trabajo escolar. Gubbels et al. (2020) encuentra para los países bajos efectos positivos para el uso en escuela y hogar para trabajo escolar y negativo con el nivel de competencias TIC.

De acuerdo con lo anterior, en un inicio el impacto de las TIC sobre el desempeño académico fue positivo para los estudios que utilizaron las pruebas PISA de principios de la década del 2000. Sin embargo, la literatura más reciente reporta efectos mixtos en el ámbito de países o regiones una vez se considera más en detalle el lugar de acceso, la finalidad y el grado de competencia en el manejo de dichas tecnologías.

Este trabajo pretende contribuir a esta literatura brindando evidencia sobre dichos efectos a partir de las pruebas PISA de 2018.

## 2. MARCO TEÓRICO

Conceptualmente, se parte de una producción educativa que representa la relación teórica entre un conjunto de insumos que contribuyen al proceso educativo y un producto asociado generalmente a un puntaje. Bajo este enfoque, el logro académico resulta de un proceso acumulativo que tiene en cuenta acciones del pasado y es medido principalmente a partir de pruebas estandarizadas.

De acuerdo con Carnoy (2006), los insumos de la función de producción se pueden dividir en tres grandes grupos: la escuela y la clase, la familia y el alumnado, y el contexto socio cultural. El primero relaciona la infraestructura física de la escuela, material didáctico y tecnológico, cantidad de alumnos por aula, la cantidad y calidad de docentes, tiempo de enseñanza y los directivos. El segundo involucra variables en el ámbito socioeconómico, cultural y formación de las familias, además de variables que caracterizan a los estudiantes como edad, sexo y raza. El tercero involucra variables relacionadas con el entorno, en donde está ubicada la escuela, que afectan la calidad del proceso educativo.

En el modelo general descrito por Hanushek (1979), el logro académico individual está en función de las características familiares, de las características personales, de las características de la institución y de las habilidades innatas del individuo. En este contexto, las TIC hacen parte de los inputs escolares, en la medida que estas necesitan de un proceso de aprendizaje para lograr un mayor aprovechamiento de estas. Las habilidades que resultan del uso de las TIC pueden ser utilizadas para obtener mejores logros académicos. De acuerdo con lo anterior, el modelo teórico de la presente investigación vendría dado por:

$$\text{Rendimiento PISA}_i = f(T_i, P_i, F_i, I_i, E_i) \quad (1)$$

Donde la variable dependiente mide el rendimiento académico a través de los resultados en lectura y matemáticas de la prueba PISA 2018 y la principal variable explicativa  $T_i$ , es el vector de TIC que mide la intensidad de uso y el grado de habilidad TIC en la escuela y en el hogar. Asimismo,  $P_i$  es el vector de características personales,  $F_i$  de características familiares,  $I_i$  de características de la escuela y  $E_i$  hace referencia al entorno del estudiante.

En términos generales, el uso de las TIC tiene efectos positivos sobre el rendimiento académico. No obstante, el uso frecuente de las mismas puede

generar efectos negativos dada la sustitución de actividades académicas por actividades de entretenimiento (OECD, 2015). Asimismo, el nivel de habilidad puede establecer diferencias en los efectos en la intensidad de los diferentes tipos de uso de las TIC, donde quienes tengan mayores competencias obtendrán mayores beneficios de las TIC (Cepal, 2010). La evidencia nacional e internacional prueba esta hipótesis y resalta la importancia de este input como predictor del rendimiento académico.

Con relación a los demás inputs, el presente trabajo considera dentro de las características personales y familiares, el sexo del estudiante y un índice que describe el nivel social, económico y cultural de la familia. Dentro de las características de la escuela se incluye la naturaleza del colegio (público-privado), la formación de los profesores (máster), el número de estudiantes de la institución y el número de computadoras disponibles. Por último, el entorno es controlado por la región a la que pertenece el estudiante (Estados Unidos, América Latina, Asia, África o Europa).

Teniendo en cuenta la revisión de literatura, se espera que los hombres obtengan mayores puntajes en el área de matemáticas y que las mujeres sean mejores en lectura, así como lo evidencia Chica et. al. (2012). Por otra parte, de acuerdo con diferentes estudios como los realizados por Posada y Mendoza (2014), Jola (2011) y Chica et al. (2012), un mayor nivel socioeconómico y cultural de las familias de los estudiantes contribuye en la obtención de mejores resultados de las pruebas. De la misma forma, la literatura muestra que los colegios públicos y los que cuentan con un mayor número de estudiantes obtienen peores resultados (Cerquera, 2014). Además, un mayor nivel de formación de los profesores y una mayor disponibilidad de computadores se traduce en mayores puntajes. Finalmente, se espera que haya diferencias significativas entre regiones dadas las características de estas.

### **3. MÉTODO**

#### **3.1. Regresión cuantílica**

Para evaluar el efecto de la intensidad en el uso de las TIC y grado de habilidad TIC sobre el desempeño académico se estima un modelo de Regresión Cuantílica (RC). Este modelo permite evaluar la incidencia que tienen las variables explicativas sobre diferentes partes de la distribución de habilidades y no solo en la media como lo hace el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). De acuerdo con Koenker y Basset (1978), y Koenker y Hallock (2001), el impacto heterogéneo a lo largo de la distribución es la principal fortaleza del método, además de que ofrece mayor solidez ante valores atípicos dado que su estimación se basa en la minimización de

las desviaciones absolutas ponderadas con pesos asimétricos. En el marco de la RC, el modelo teórico descrito en la ecuación (1) estaría expresado de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento PISA}_\theta = x_i \beta_\theta + \mu_{\theta i} \quad [2]$$

Donde la variable dependiente Rendimiento PISA hace referencia al puntaje obtenido en la prueba para el cuantil  $\theta$ ;  $x_i$  representa la matriz de variables explicativas (que incluye la habilidad e intensidad de uso de las TIC por parte del estudiante),  $\beta_\theta$  el vector de efectos de cada variable explicativa sobre el rendimiento académico evaluado en el cuantil  $\theta$  y  $\mu_{\theta i}$  representa el término de perturbación del modelo. Los coeficientes estimados muestran cómo cambia la distribución condicional del cuantil ante un cambio marginal en una variable explicativa. Este efecto viene dado por:

$$\frac{\partial \text{Quant}_\theta(\text{Rendimiento en PISA}_i | x_i)}{\partial x_i} \beta_\theta \quad [3]$$

Por lo tanto, es posible obtener diferentes efectos de la intensidad de uso de las TIC y grado de habilidad TIC para los diferentes cuantiles de la distribución de habilidades. En este caso, se consideran por ejemplo los efectos diferenciales que tienen las TIC en la parte alta y baja de la distribución de puntajes.

### 3.2. Datos

La base de datos para este estudio proviene del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA), un proyecto desarrollado por la OCDE entre 1997 y 1999, aplicado desde el 2000 cada tres años, el cual busca evaluar la formación educativa de estudiantes de quince años pertenecientes a setenta y dos países y economías de todo el mundo. La prueba se aplica a la población que está finalizando la educación obligatoria con el propósito de evaluar los sistemas educativos y tomar decisiones sobre políticas públicas necesarias para mejorar la calidad educativa.

De acuerdo con PISA (2018), el número de estudiantes que presentaron la prueba en ese año ascendió a 612.004 estudiantes que representan alrededor de 27.750.190 de estudiantes alrededor del mundo. Para este estudio, y una vez depurada la base al eliminar aquellas observaciones para las cuales no había información para la totalidad de variables incluidas en la estimación, quedó una muestra de 190.882 observaciones representativa de 9.326.575 de estudiantes de cuarenta y tres países. En la muestra, el 57,86 % de los estudiantes son de Europa, el 24,52 % de Asia, el 2,63 % de África, el 1,78 % de América del Norte y el 13,21 % de América Latina.



### **3.3. Variables**

#### **3.3.1. Rendimiento Académico**

El rendimiento académico de los estudiantes se mide conforme a los resultados de las pruebas en el área de lectura y matemáticas de PISA 2018 presentadas tanto en papel como en computadora. Se consideran solo estas dos áreas del conocimiento dado que hacen referencia a las competencias básicas que son enseñadas en la escuela desde temprana edad a los estudiantes. Para efectos de la estimación, esta variable fue estandarizada con media cero y desviación estándar uno.

Los puntajes son expresados por medio de diez valores plausibles, los cuales representan los valores posibles que puede obtener un estudiante en la prueba, dadas sus respuestas y sus características de contexto. En este caso, el modelo planteado se debe replicar para cada uno de los valores plausibles, donde se calculan los parámetros del modelo en cada área como promedio de los resultados obtenidos en cada réplica.

#### **3.3.2. Intensidad de uso y habilidad TIC**

Los índices que permiten medir la intensidad de uso de las TIC calculados por PISA están diseñados sobre una serie de preguntas que indagan sobre las actividades específicas que realizan los estudiantes cuando tienen acceso a las TIC dentro y fuera de la escuela. Dentro de estas actividades se encuentra chatear, usar correo electrónico, usar redes sociales, navegar para trabajo escolar o por diversión, publicar o descargar trabajos, leer u obtener información, descargar música, juegos, películas, aplicaciones, realizar seguimiento de clase o jugar.

Del conjunto de índices disponibles de familiaridad del estudiante con las tecnologías el presente trabajo considera tres relacionados con el uso de las TIC y dos con el grado de habilidad frente a las TIC. En el primer caso, se considera el índice de uso en el hogar para trabajo escolar y ocio, así como el índice de uso en la escuela. En el segundo caso, se considera el índice de competencia y el índice de autonomía. Estos últimos son calculados a partir de unas preguntas que relaciona el grado de competencia y autonomía de los estudiantes con las TIC (tabla 1).

Tabla 1. Actividades que reflejan el grado de habilidad frente a las TIC

Competencia TIC	Autonomía TIC
Comodidad frente al uso de TIC desconocidas	Instalación propia de software
Consejo a otros para compra de TIC	Interés por buscar información de TIC
Comodidad de uso de TIC en el hogar	Uso independiente de TIC
Capacidad de solucionar problemas con TIC	Resuelve problemas por sí solo
Ayuda a solución de problemas de otros	Busca aplicaciones que necesita

Fuente: OECD (2017).

El valor de los índices de frecuencia de uso denota la periodicidad y variedad de uso de los dispositivos digitales considerando usuarios frecuentes a quienes utilizan por menos una vez a la semana los dispositivos digitales. Por su parte, el valor de los índices de familiaridad denota el grado de habilidad que poseen los estudiantes en relación con las TIC. Para efectos de la estimación, estos índices fueron re escalados en una escala entre 0 y 1, donde los valores cercanos a cero se consideran uso poco frecuente o bajo grado de habilidad.

El modelo econométrico incorpora efectos aditivos de cada índice de uso y efectos multiplicativos entre la intensidad de uso y los índices de habilidad con las TIC. Esta interacción permite estimar el efecto de la intensidad de uso sobre el desempeño académico considerando las destrezas en el manejo de las TIC (tabla 2). También se incorporan variables individuales (sexo), familiares (índice socioeconómico y cultural) y de institución (naturaleza de la institución, cantidad de profesores con título de máster, cantidad de estudiantes por institución, cantidad de computadoras para la enseñanza) presentadas en el marco teórico. Además, se incorpora un efecto fijo por región a la que pertenece el estudiante.

Tabla 2. Descripción de variables

Variables dependientes	Naturaleza	Escala
Valor plausible de puntaje en lectura	Cuantitativa	0 a 1
Valor plausible de puntaje en matemáticas	Cuantitativa	0 a 1
Variables TIC	Naturaleza	Escala
Índice de frecuencia de uso de TIC en la escuela	Cuantitativa	0 a 1
Índice de frecuencia de uso de TIC fuera de la escuela para trabajo escolar	Cuantitativa	0 a 1
Índice de frecuencia de uso de TIC fuera de la escuela para entretenimiento	Cuantitativa	0 a 1
Índice de grado de competencia y autonomía TIC	Cuantitativa	0 a 1

<b>Variab</b> les dependientes	<b>Naturaleza</b>	<b>Escala</b>
Interacción entre Índice de Habilidad y Frecuencia de uso TIC en la escuela	Cuantitativa	0 a 1
Interacción entre Índice de Habilidad y Frecuencia de uso TIC en el hogar para tareas	Cuantitativa	0 a 1
Interacción entre Índice de Habilidad y Frecuencia de uso TIC en el hogar para entretenimiento	Cuantitativa	0 a 1

Fuente: PISA (2018).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Estadísticas descriptivas

En la tabla 3 se presentan las estadísticas descriptivas del puntaje obtenido en las áreas de lectura y matemáticas. De acuerdo con esto, el promedio obtenido en estas dos áreas fue de 481 y 472 puntos respectivamente. Al parecer, los estudiantes tienen conocimientos y habilidades heterogéneas en estas áreas dado el nivel de dispersión de los puntajes, existiendo una mayor desviación en lectura que en matemáticas.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de puntajes por áreas

<b>Variable</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Lectura	190.418	481,2	2,64	102,2	68,3	875,4
Matemáticas	190.418	471,9	2,76	96,0	72,6	883,6

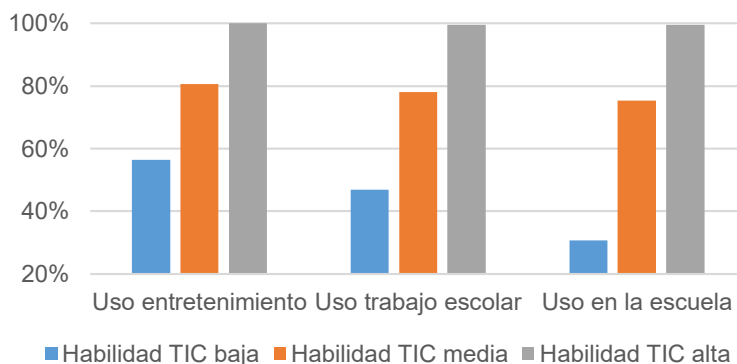
Fuente: elaboración propia.

Con relación al uso de las TIC, los estudiantes declararon utilizar con menor frecuencia dichas herramientas en la escuela, frente al hogar. Para caracterizar el uso que le dan los estudiantes a las TIC en la escuela y fuera de ella, se analiza la frecuencia con la que los estudiantes realizan diferentes actividades a través de diversos dispositivos digitales según su nivel de habilidades relacionadas con el manejo de las TIC. Dichas habilidades representan el nivel de apropiación con el que cuentan los estudiantes y son divididas en tres niveles: alto, medio y bajo. Por su parte, la frecuencia de uso va desde nunca o casi nunca usar, hasta usarlas todos los días, donde se considera uso frecuente usarlas como mínimo una o dos veces a la semana.

En la figura 1, se muestra la relación entre la frecuencia de uso y el grado de habilidad TIC. En general, se observa que son los estudiantes que cuentan con habilidades altas los que las utilizan con mayor frecuencia. Asimismo, se encuentra

que los estudiantes utilizan las TIC de manera frecuente para actividades más relacionadas con entretenimiento que para las actividades escolares.

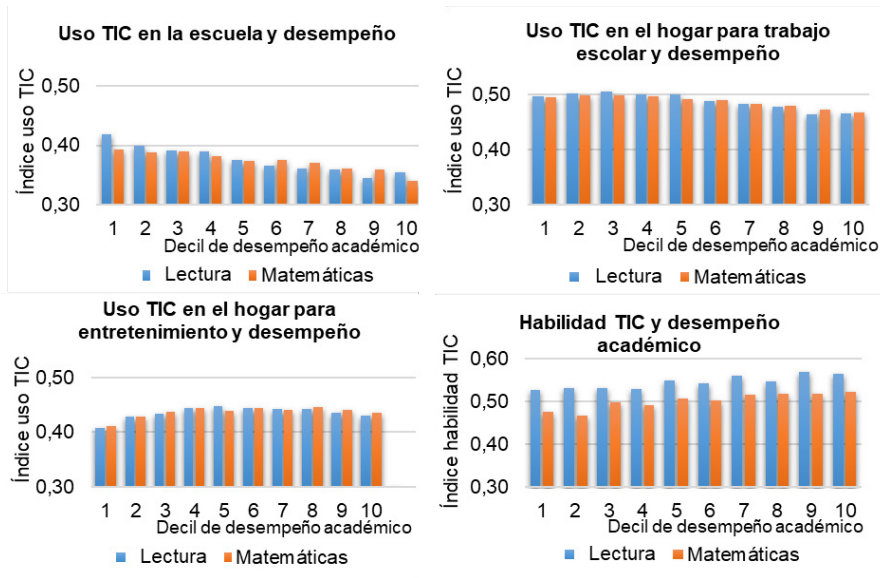
**Figura 1. Uso de las TIC y el grado de habilidad TIC**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se presenta una caracterización de los estudiantes considerando el uso y habilidad por decil de desempeño académico en las áreas consideradas. De acuerdo con la figura, son los estudiantes con menor desempeño académico los que las utilizan con mayor frecuencia en la escuela y en el hogar para trabajo escolar. De otro lado, el uso en el hogar para entretenimiento muestra tener una relación en forma de colina, es decir, que los estudiantes que más utilizan las TIC con este fin son aquellos con desempeño medio. Con relación al nivel de habilidad, no existen grandes diferencias entre los deciles de desempeño. A pesar de esto, aquellos que tienen mejor desempeño parecen contar con mejores habilidades TIC, reportando mayores efectos en el caso de lectura. Las estimaciones econométricas permitirán definir la importancia de que el estudiante tenga cierto nivel de destreza en el manejo de las TIC.

Figura 2. Caracterización de los estudiantes por decil de desempeño



Fuente: elaboración propia.

En conclusión, los estudiantes que presentaron la prueba PISA 2018 exhiben un mejor desempeño en lectura frente a matemáticas. Con relación al uso de las TIC, parece que los estudiantes las utilizan con mayor frecuencia en el hogar comparado con la escuela. Al caracterizar el uso se encuentra que los estudiantes que tienen un menor desempeño son los que las utilizan mayor tiempo en la escuela, mientras que son los que tienen habilidades medias los que más las utilizan en el hogar. Por último, el nivel de habilidad está asociado con el desempeño del estudiante, por lo tanto, a mayor desempeño mayor habilidad en el manejo de las TIC.

#### 4.2. Resultados econométricos

En la tabla 4 se presentan los resultados del modelo econométrico con relación al efecto de la interacción entre la intensidad de uso y grado de habilidad TIC sobre la distribución de puntajes en lectura y matemáticas. Por filas se presentan las estimaciones de acuerdo con el lugar de acceso (escuela y hogar) y nivel de habilidad (bajo, medio y alto), mientras que en las columnas se relaciona el área evaluada. Aunque en la tabla solo se presentan los efectos interacción, la especificación del modelo incluye variables control relacionadas con las características individuales, familiares y de institución comentadas en el marco teórico. Los coeficientes estimados son estadísticamente significativos y tienen los signos esperados.

Tabla 4. Efectos de la interacción entre el uso frecuente y grado de habilidad TIC sobre el desempeño académico

Habilidades bajas	Lectura					Matemáticas				
	c0,10	c0,25	c0,50	c0,75	c0,90	c0,10	c0,25	c0,50	c0,75	c0,90
En la escuela	-0,094*** (0,011)	0,115*** (0,010)	0,021* (0,008)	-0,141*** (0,007)	-0,101*** (0,008)	-0,056*** (0,004)	-0,065*** (0,006)	-0,084*** (0,006)	-0,089*** (0,008)	-0,228*** (0,004)
En el hogar para tareas	0,047*** (0,013)	-0,079*** (0,010)	0,234*** (0,008)	0,422*** (0,004)	0,086*** (0,006)	0,124*** (0,005)	0,058*** (0,006)	-0,117*** (0,006)	-0,071*** (0,008)	-0,175*** (0,007)
En el hogar para entretenimiento	-0,41*** (0,014)	-0,401*** (0,011)	-0,527*** (0,009)	-0,578*** (0,006)	-0,091*** (0,008)	-0,387*** (0,007)	-0,334*** (0,007)	-0,11*** (0,007)	-0,136*** (0,007)	0,047*** (0,006)
Habilidades medias	Lectura					Matemáticas				
	c0,10	c0,25	c0,50	c0,75	c0,90	c0,10	c0,25	c0,50	c0,75	c0,90
En la escuela	-0,188*** (0,003)	-0,229*** (0,004)	-0,248*** (0,005)	-0,284*** (0,003)	-0,209*** (0,004)	-0,032*** (0,003)	-0,097*** (0,003)	-0,184*** (0,004)	-0,195*** (0,003)	-0,123*** (0,005)
En el hogar para tareas	0,084*** (0,003)	0,055*** (0,005)	-0,124*** (0,005)	-0,204*** (0,004)	-0,177*** (0,004)	0,048*** (0,003)	-0,042*** (0,004)	-0,02*** (0,005)	-0,003 (0,005)	-0,158*** (0,007)
En el hogar para entretenimiento	0,341*** (0,004)	0,419*** (0,004)	0,577*** (0,005)	0,612*** (0,003)	0,442*** (0,004)	0,254*** (0,004)	0,365*** (0,004)	0,4*** (0,005)	0,371*** (0,004)	0,483*** (0,007)
Habilidades altas	Lectura					Matemáticas				
	c0,10	c0,25	c0,50	c0,75	c0,90	c0,10	c0,25	c0,50	c0,75	c0,90
En la escuela	0,229*** (0,003)	0,224*** (0,006)	0,297*** (0,004)	0,34*** (0,004)	0,278*** (0,004)	0,049*** (0,003)	0,142*** (0,005)	0,23*** (0,004)	0,229*** (0,003)	0,231*** (0,003)
En el hogar para tareas	-0,219*** (0,003)	-0,152*** (0,007)	-0,037*** (0,005)	0,071*** (0,004)	0,062*** (0,005)	-0,205*** (0,004)	-0,045*** (0,006)	0,018*** (0,005)	0,03*** (0,003)	0,154*** (0,006)
En el hogar para entretenimiento	-0,256*** (0,004)	-0,346*** (0,006)	-0,492*** (0,005)	-0,536*** (0,005)	-0,386*** (0,184)	-0,159*** (0,003)	-0,358*** (0,006)	-0,464*** (0,005)	-0,435*** (0,003)	-0,62*** (0,005)

Nota: \*\*\* p-valor<0,01; \*\* p-valor<0,05; \* p-valor<0,10. Errores estándar en paréntesis.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, existen efectos heterogéneos del uso de las TIC sobre el rendimiento académico dependiendo del lugar de acceso y del nivel de habilidad que tenga el estudiante. Por ejemplo, para aquellos estudiantes que tienen habilidades medias y bajas con las TIC ubicados en la parte baja de la distribución de puntajes (cuantil 0,10), acceder desde la escuela, reporta un efecto negativo sobre rendimiento académico mientras que para aquellos que tienen una habilidad alta, reporta un efecto positivo. En el caso de lectura, el puntaje disminuye en 0,094

desviaciones estándar para aquellos con habilidad baja, y en 0,19 desviaciones estándar para los de habilidad media; mientras que aumenta en 0,23 desviaciones estándar para aquellos con habilidad alta. Este resultado se mantiene en general para las otras partes de la distribución de puntajes tanto en el caso de lectura como de matemáticas.

De otro lado, el uso frecuente de las TIC desde el hogar para realizar tareas reporta efectos positivos en la parte baja de la distribución de puntajes (cuantil 0,10) para aquellos estudiantes con habilidades bajas y medias tanto en lectura como en matemáticas, mientras que reporta efectos negativos para los cuantiles superiores en esos mismos niveles de habilidad (excepto en habilidad baja para lectura). Es decir, se observa en general un efecto que pasa de positivo a negativo a lo largo de la distribución de puntajes para los estudiantes con esos niveles de habilidad. Por el contrario, el uso en el hogar para tareas por parte de quienes tienen una habilidad alta está asociado inicialmente a un menor rendimiento para el cuantil inferior (-0,22 en lectura y -0,20 en matemáticas), pero a un mayor rendimiento para puntajes superiores (0,06 en lectura y 0,15 en matemáticas para el cuantil 0,90). En este caso, el efecto va de negativo a positivo a lo largo de la distribución.

Finalmente, el uso frecuente de TIC desde el hogar para entretenimiento reporta efectos negativos para los que tienen habilidad baja y alta en las dos áreas evaluadas, mientras que reporta efectos positivos para quienes tienen habilidades medias. En este caso, utilizar las TIC para entretenimiento está asociado a una caída en el rendimiento académico de -0,41 desviaciones estándar para los de habilidad baja y de -0,25 desviaciones estándar para los de habilidad alta; ambos en el cuantil 0,10 del área de lectura. Por el contrario, tener habilidades medias está asociado a incrementos en 0,34 desviaciones estándar para los de habilidad media en lectura. Estos patrones se mantienen para los otros cuantiles de la distribución de puntajes.

## **5. DISCUSIÓN**

Investigaciones previas han evidenciado que el acceso y uso de las TIC tiene efectos positivos sobre el rendimiento académico de los estudiantes. Sin embargo, algunas de ellas no consideran la forma en que son utilizadas las herramientas digitales, o las capacidades necesarias para que los estudiantes se beneficien del uso de las mismas. En el presente estudio se indagó sobre el papel de la frecuencia de uso y el grado de habilidad TIC por parte de los estudiantes en el desempeño en las áreas lectura y matemáticas evaluado en PISA 2018.

Las estimaciones muestran relaciones estadísticamente significativas y permiten evidenciar que los impactos del uso de las TIC están estrechamente relacionados con el grado de habilidad de TIC de los estudiantes. En primer lugar, el uso de las TIC en la escuela tiene efectos negativos sobre el rendimiento en lectura y matemáticas cuando los estudiantes tienen bajas habilidades y positivos cuando tienen altas habilidades.

Estos resultados se encuentran en línea con lo señalado por Gubbels et al. (2020), quienes evidencian que la relación entre competencias y desempeño académico es negativa. No obstante, se vuelve positiva cuando los estudiantes cuentan con un alto nivel de competencias TIC. Del mismo modo, de acuerdo con Alderete et al. (2017), el efecto negativo puede ser explicado por la educabilidad, donde la brecha digital puede generar una barrera adicional a los estudiantes que están en desventaja social. Por su parte, los impactos positivos están relacionados con lo planteado por la Cepal (2010), donde el hecho de contar con un mayor nivel de habilidad TIC refleja un mayor beneficio sobre el rendimiento académico.

Con relación al uso de TIC en el hogar para tareas, los efectos son mixtos para los diferentes grados de habilidad. De acuerdo con Agasisti et al. (2020), los efectos negativos pueden explicarse a partir de la obsolescencia de los equipos o software utilizados por los estudiantes, por pautas incorrectas o por la distracción que se puede presentar al momento de realizar la tarea, así como subestimar el tiempo en la realización de la tarea.

Considerando el uso en el hogar para entretenimiento, se encuentran efectos negativos para los extremos, es decir, para los estudiantes que tienen bajas y altas habilidades TIC, y efectos positivos para quienes tienen habilidades medias. El efecto positivo en entretenimiento se encuentra en línea con lo evidenciado por Mediavilla y Escardíbul (2015), así como con Posso (2016), quienes plantean que usar las TIC para entretenimiento mejora el rendimiento académico dado que la mayor familiaridad y dominio de las TIC desarrolla habilidades que contribuyen a la resolución de problemas y mejora de la memoria. En este caso, contar con habilidades medias en el manejo de las TIC permite aprovechar los beneficios del uso de las herramientas digitales para entretenimiento.

El presente estudio tiene varias limitaciones. Primero, se dificulta la identificación del efecto causal del uso y grado de habilidad TIC sobre el rendimiento académico, puesto que dichos efectos pueden estar mediados por factores inobservables. Segundo, el rendimiento académico en lectura y matemáticas junto con el uso de las TIC y el grado de habilidad TIC pueden ser recíprocos, lo que provoca problemas



de simultaneidad. Por último, se presentan problemas de endogeneidad dado que según Spiezia (2010), existe la posibilidad de que los estudiantes elijan la frecuencia de uso de las TIC. De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos son correlaciones entre las variables y no reflejan efectos causales.

## **6. CONCLUSIONES**

Las TIC han tenido efectos importantes en el proceso educativo. La incorporación de las TIC en la escuela como herramienta que modifica la enseñanza ha jugado un papel importante en el aprendizaje y el logro académico de los estudiantes. En este nuevo contexto surgen estrategias de política que permiten proveer a todos los estudiantes herramientas tecnológicas como fuente de acceso de oportunidades. Sin embargo, el simple acceso no garantiza el goce de dichas oportunidades puesto que es el uso de las TIC el que permite obtener beneficios de las mismas.

Considerando que los estudiantes tienen diferentes niveles de destreza en el manejo de las TIC, el presente trabajo evaluó el efecto de la intensidad de uso de las TIC en la escuela y en el hogar sobre el rendimiento académico en las áreas de lectura y matemáticas de los estudiantes que presentaron la prueba PISA 2018. La principal contribución del artículo es brindar evidencia empírica sobre el efecto diferencial que tienen las TIC en sobre el desempeño escolar, teniendo en cuenta el lugar de acceso y nivel de destreza en estas tecnologías con base en las pruebas PISA 2018. La estimación del efecto se realizó mediante un modelo de RC en el que se estudió el efecto de la intensidad de uso a lo largo de la distribución de habilidades para diferentes niveles de habilidad en las TIC.

De acuerdo con los resultados, los estudiantes que presentaron la prueba PISA 2018 muestran un mejor desempeño en el área de lectura respecto de matemáticas. Con relación al uso de las TIC, los estudiantes utilizan las TIC de forma más frecuente en el hogar en comparación con el uso en la escuela. El uso de las TIC en la escuela se caracteriza por enviar mensajes en línea, navegar por trabajo escolar y usar el correo electrónico. De otro lado, el uso de las TIC en el hogar se divide en el uso para entretenimiento y para trabajo escolar, realizando principalmente actividades como uso de redes sociales y actividades asociadas a la realización de la tarea respectivamente.

Los resultados econométricos sugieren efectos diferenciales de la intensidad de uso de acuerdo con el nivel de destreza TIC del estudiante. Para los estudiantes con bajas habilidades en el manejo de las TIC el uso para tareas tiene un efecto positivo pequeño, mientras que el uso para entretenimiento está asociado con

efectos negativos grandes. En el caso de estudiantes con habilidades medias en el manejo de TIC, el uso para tareas tiene efectos nulos o negativos sobre el desempeño, pero positivos cuando se utilizan para entretenimiento. Finalmente, para los estudiantes con altas habilidades en el manejo de las TIC, el uso para tareas en la escuela reporta resultados positivos mientras que exhibe resultados negativos cuando se usan para entretenimiento.

En términos de líneas de acción, se hace necesaria la implementación de estrategias pedagógicas que permitan la apropiación de las TIC por parte de los estudiantes, las cuales deben estar acompañadas de la labor docente, donde estos actores se deben caracterizar por tener completo conocimiento y apropiación de dichas herramientas, además de utilizarlas para la práctica o extensión de los contenidos temáticos de las diferentes áreas del conocimiento. Puesto que, como evidencia Sierra (2017), la apropiación de las TIC por parte de los docentes, en especial el uso pedagógico, genera mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes.

En esa misma línea, es necesaria la incorporación de programas que permitan que las TIC complementen la enseñanza tradicional en lugar de sustituirla. Donde se ofrezca una instrucción guiada, con el fin de evitar que la libertad de uso de las TIC impida la obtención de beneficios esperados por parte de estas herramientas. Linden (2008), muestra que cuando un programa se enfoca en incorporar las TIC como complemento de la clase, se obtienen mejoras en el desempeño académico dado que dichas herramientas refuerzan los temas vistos en clase y da paso a la práctica de lo aprendido. Por su parte Fang et al. (2008) sugieren que existen mayores efectos de los programas tecnológicos sobre el rendimiento académico si la instrucción es orientada por profesores capacitados en dichos programas.

## REFERENCIAS

- Agasisti, T., Gil-Izquierdo, M. y Han, S. W. (2020). ICT Use at home for school-related tasks: what is the effect on a student's achievement? Empirical evidence from OECD PISA data. *Education Economics*, 28(6), 601–620. <https://doi.org/10.1080/09645292.2020.1822787>
- Alderete, M. V., Di Meglio, G. y Formichella, M. M. (2017). Acceso a las TIC y rendimiento educativo: ¿una relación potenciada por su uso? Un análisis para España. *Revista Educacion*, 377, 54-81.
- Carnoy, M. (2006). *Economía de la Educación*. Editorial UOC.
- Cerquera, O. (2014). Estado del Arte del Rendimiento Académico en la Educación Media. *Rhéc*, 17(1).
- Chica, S., Galvis, D. y Ramírez, A. (2012). Determinantes del rendimiento académico en Colombia: Pruebas ICFES Saber 11º, 2009. *Revista Universidad Eafit*, 4(160). 48-72.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2010). *Monitoreo del Plan eLAC2010: Avances y desafíos de la Sociedad de la Información en América Latina y el Caribe*. Documento de proyecto Cepal.
- Eickelmann, B., Gerick, J. y Koop, C. (2016). ICT use in mathematics lessons and the mathematics achievement of secondary school students by international comparison: Which role do school level factors play? *Education and Information Technologies*, 22(4), 1527–1551.
- Fang, H., Linden, L. L. y MacLeod, M. (2008). *How to Teach English in India: Testing the Relative Productivity of Instruction Methods within the Pratham English Language Education Program*. Columbia University; Working Paper.
- Formichella, M. M. y Alderete, M. V. (2018). TIC en la escuela y rendimiento educativo: el efecto mediador del uso de las TIC en el hogar. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 9(1), 75-93. <https://doi.org/10.18861/cied.2018.9.1.2822>
- Fuchs, T. y Woessmann, L. (2004). *Computers and Student Learning: Bivariate and Multivariate Evidence on the Availability and Use of Computers at Home and at School*. CESIFO Working Paper. <http://SSRN.com/abstract=619101>
- Gamboa, L. y García, A. (2011). *Access to computer and academic achievement. Where is it best: at home or at school?* Center for Studies on inequality and development. *Discussion paper*, (47).
- Gubbels, J., Swart, N. M. y Groen, M. A. (2020). Everything in moderation: ICT and reading performance of Dutch 15-year-olds. *Large-scale Assessments Education*, 8(1). <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2018.v4i2.4956>
- Harris, M. (2015). The educational digital divide: A research synthesis of digital inequity in education. <https://mattharrisedd.com/wp-content/uploads/2015/07/The-Educational-Digital-Divide-Matt-Harris-Ed.D..pdf>
- Hanushek, E. A. (1979). Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions. *The Journal of Human Resources*, 14(3), 351-388.
- Hu, X., Gong, Y., Lai, C. y Leung, F. K. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 125, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.021>
- International Telecommunication Union (ITU). (2018). *Measuring the information society report. Executive summary 2018*. Statistical reports. ITU Publications, Geneva. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICTOI-2018-SUM-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICTOI-2018-SUM-PDF-E.pdf)
- Jola, A. (2011). Determinantes de la calidad de la educación media en Colombia: un análisis de los resultados PISA 2006 y del plan sectorial "Revolución Educativa". *Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social*, XLI(1), 25-61.
- Koenker R. y Bassett G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33-50.
- Koenker, R. y Hallock, K. (2001). Quantile Regression. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4): 143-156.
- Linden, L. L. (2008). *Complement or Substitute? The Effect of Technology on Student Achievement in India*. Columbia University; Working Paper.

- Martínez-Garrido, C. (2018). Impacto del uso de los recursos tecnológicos en el rendimiento académico. *Innoeduca, International Journal of Technology and Educational Innovation*, 4(2), 138. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2018.v4i2.4956>
- Mediavilla, M. y Escardíbul, J. O. (2015). El efecto de las TIC en la adquisición de competencias. Un análisis de género y titularidad de centro en las evaluaciones por ordenador. *Review of Public Economics*, 212, 67-96.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, PISA. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2016). *Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills*. OECD Skills Studies. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264258051-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2017). *PISA 2015 Technical Report*. OECD Publishing. <http://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2015-technical-report-final.pdf>
- Petko, D., Cantieni, A. y Prasse, D. (2016). Perceived Quality of Educational Technology Matters: A Secondary Analysis of Students' ICT Use, ICT-Related Attitudes, and PISA 2012 Test Scores. *Journal of Educational Computing Research*, 54(8), 1070–1091. <https://doi.org/10.1177/0735633116649373>
- Posada J. y Mendoza F. (2014). Determinantes del logro académico de los estudiantes de grado 11 en el periodo 2008 – 2010. Una perspectiva de género y región. Estudios sobre calidad de la educación en Colombia. *Working paper*. ICFES.
- Posso, A. (2016). Internet Usage and Educational Outcomes Among 15-Year-Old Australian Students. *International Journal of Communication*, 10, 3851–3876.
- Sierra, L. L. (2017). Maestros, apropiación de TICs y desempeño escolar en Colombia (Teachers, ICT Appropriation and School Performance in Colombia). [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3047310](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3047310)
- Skryabin, M., Zhang, J., Liu, L. y Zhang, D. (2015). How the ICT development level and usage influence student achievement in reading, mathematics, and science. *Computers & Education*, 85, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.004>
- Spiezia, V. (2010). Does Computer Use Increase Educational Achievements? Student-level Evidence from PISA. *OECD Journal: Economic Studies* 2010, (1),1-22.
- Zhang, D. y Liu, L. (2016). How Does ICT Use Influence Students' Achievements in Math and Science Over Time? Evidence from PISA 2000 to 2012. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2431-2449. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1297a>