

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ECONOMÍA

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES QUE  
PARTICIPAN EN LAS PRUEBAS PISA EN EL PERIODO 2000-2015

DIANA CRUZ

13/05/2020

## **Resumen:**

En este documento se analizan las determinantes del rendimiento educativo de estudiantes de países que rindieron las pruebas PISA durante el periodo 2000 - 2015, se lo realizó para poder explicar las diferencias entre las notas de los estudiantes, los temas evaluados fueron: matemáticas, lenguaje y ciencias naturales. Inicialmente, se realiza un análisis de componentes principales para transformar las tres materias en un índice principal, los datos son presentados por la OCDE. Luego se realiza un modelo multinivel lineal de tres niveles: país, escuela y estudiante; este método soluciona la correlación que existe entre las observaciones por encontrarse dentro de grupos y compartir características.

Se analizan las características socioeconómicas del hogar del estudiante y su familia, las cualidades de las escuelas donde asiste el estudiante y las características de los docentes que imparten clases, y variables que se relacionan con el nivel económico y de desarrollo de los países donde habitan los alumnos. Los principales resultados apuntan a: i) incentivar la lectura porque mejora las calificaciones; ii) manejar eficientemente el presupuesto de las escuelas para que no tengan escasez de personal calificado, iii) mejorar el control acerca de la asistencia de los profesores y autoridades; iv) incentivar a que las aulas no se encuentren aglomeradas por muchos estudiantes ya que afecta negativamente al aprendizaje; v) cerciorarse que los profesores sean certificados y tengan título de tercer nivel; vi) un estudiante que viva en un país con mayor crecimiento económico, es más probable que tenga una calificación más alta.

**Palabras Clave:** calidad educativa, análisis multinivel, rendimiento académico, varianza de factores, pruebas PISA

# 1. Índice

## Contenidos

1.	Índice .....	3
a.	Índice de tablas, ecuaciones e ilustraciones .....	5
2.	Agradecimientos.....	7
3.	Dedicatoria .....	7
4.	Introducción .....	8
	Relevancia del Tema:.....	10
	Pregunta General: .....	11
	Preguntas Específicas: .....	11
	Objetivo General .....	11
	Objetivos Específicos .....	11
5.	Fundamentación Teórica: Marco Conceptual .....	12
	Capital Humano.....	12
	Educación .....	15
	<b>Papel del Estado</b> .....	17
	<b>Conceptos teóricos de Economía de Educación</b> .....	18
	<b>Función de Producción de Educación</b> .....	20
	<b>Modelo teórico y aproximaciones empíricas</b> .....	20
	<b>Supuestos básicos e insumos educativos de función de producción de educación de Harris</b> .....	22
6.	PISA: Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes.....	25
	<b>Contraste con Estudios Previos</b> .....	27
7.	Estado del Arte .....	30
9.	Variables seleccionadas de pruebas PISA.....	35
10.	Datos de Panel.....	36
	Heterogeneidad no observada.....	37
11.	Análisis de Componentes Principales (ACP) .....	37
12.	Caracterización de población .....	38
	Variables estudiantes .....	38

Variables escuelas .....	47
Variables países .....	54
Dominios y habilidades evaluadas en PISA .....	57
13. Modelo Lineal de Multinivel.....	58
División de la Varianza.....	59
Modelo Lineal Multinivel para las Pruebas PISA.....	60
<b>Modelo Nulo</b> .....	60
<b>Modelo de Intercepto Aleatorio</b> .....	61
<b>Modelo Final</b> .....	63
a. Estimación de ACP para notas.....	64
14. Resultados .....	66
15. Limitaciones del Estudio.....	70
16. Conclusiones.....	71
17. Recomendaciones .....	73
18. Referencias .....	74
19. Anexos .....	80
Anexo 1.....	80
Anexo 2.....	82
Anexo 3.....	83
Anexo 4.....	83
Anexo 5.....	84
Anexo 6.....	85

## *a. Índice de tablas, ecuaciones e ilustraciones*

<b>Tabla 1:</b> Supuestos de la función de producción de educación del modelo de Harris .....	24
<b>Tabla 2:</b> Enfoque de pruebas PISA en el periodo 2000-2015 .....	27
<b>Tabla 3:</b> Variables seleccionadas de cuestionarios PISA 2000-2015.....	35
<b>Tabla 4:</b> Correlación entre variables macroeconómicas y componente de notas .....	56
<b>Tabla 5:</b> Correlación intraclase del modelo nulo.....	60
<b>Tabla 6:</b> Comparación entre modelos multinivel .....	62
<b>Tabla 7:</b> Frecuencia de observaciones por año de encuesta .....	63
<b>Tabla 8:</b> Correlación entre las materias que se evalúan en las pruebas PISA .....	65
<b>Tabla 9:</b> Correlación intraclase de niveles del modelo final .....	69
<b>Tabla 10:</b> Principales estadísticas de los países de acuerdo con su nivel de ingreso .....	69
<b>Tabla 11:</b> Variables seleccionadas para modelo de tres niveles lineales de rendimiento educativo .....	80
<b>Tabla 12:</b> Países seleccionados para análisis.....	82
<b>Tabla 13:</b> Regresión de modelo nulo.....	83
<b>Tabla 14:</b> Regresión de modelo de intercepto aleatorio .....	83
<b>Tabla 15:</b> Regresión de modelo de tres niveles lineales del rendimiento educativo de los estudiantes .....	84
<b>Tabla 16:</b> Resumen de componentes principales, la correlación y los vectores propios.....	85
<b>Tabla 17:</b> Resumen de componentes principales, la covarianza y los vectores propios .....	85
<b>Tabla 18:</b> Análisis de factores y la correlación .....	85
<b>Tabla 19:</b> Cargas factoriales y variaciones únicas.....	85
<b>Tabla 20:</b> Coeficientes de puntuación .....	86
<b>Tabla 21:</b> Correlación entre materias y componente principal seleccionado .....	86
<b>Tabla 22:</b> Coeficientes de puntuación .....	86
<b>Ecuación 1:</b> Valor presente de los ingresos de toda la vida de un individuo con s años de escolaridad....	21
<b>Ecuación 2:</b> Función de producción de la educación .....	22
<b>Ecuación 3:</b> Función de producción de la educación .....	33
<b>Ecuación 4:</b> Modelo de análisis de tres niveles lineales – modelo nulo.....	59
<b>Ecuación 5:</b> CPV de país, escuela y estudiante .....	59
<b>Ecuación 6:</b> Modelo de análisis de tres niveles lineales – modelo intercepto aleatorio.....	61
<b>Ecuación 7:</b> Modelo de análisis de tres niveles lineales – modelo final .....	64
<b>Ilustración 1:</b> Cambio anualizado del rendimiento entre 2003 y 2012 y puntuación media en matemáticas en el 2003 .....	27
<b>Ilustración 2:</b> Nivel educativo de los padres en el 2015 .....	39
<b>Ilustración 3:</b> Distribución de notas en matemáticas, lectura y ciencias para el año 2015 .....	40
<b>Ilustración 4:</b> Gusto por leer del estudiante vs. Número de libros que posee en la casa .....	41

<b>Ilustración 5:</b> Distribución de componente que resume las tres materias principales en el año 2015 y 2012 .....	41
<b>Ilustración 6:</b> Número de libros que poseen en casa dado el nivel educativo de la madre en el 2009 .....	43
<b>Ilustración 7:</b> Número de estudiantes distribuidos en países seleccionados en el 2006 .....	44
<b>Ilustración 8:</b> Índice de estado ocupacional dividido por sexo de estudiantes en el 2009 .....	45
<b>Ilustración 9:</b> Nivel educativo de madres y padres de estudiantes en el 2003 .....	45
<b>Ilustración 10:</b> Nivel educativo de madres y número de libros que poseen en la casa en el año 2000.....	47
<b>Ilustración 11:</b> Lugar en el que se encuentra escuela en el año 2015 .....	48
<b>Ilustración 12:</b> Número de computadoras y número de estudiantes en las escuelas en el 2012 .....	49
<b>Ilustración 13:</b> Número de escuelas privadas en países seleccionados para el 2009 .....	50
<b>Ilustración 14:</b> Número de escuelas públicas en países seleccionados para el 2009 .....	51
<b>Ilustración 15:</b> Número de alumnos por profesor de acuerdo con países seleccionados para el 2006 .....	52
<b>Ilustración 16:</b> Intervención de autoridades en el salario en el periodo 2000-2015 .....	53
<b>Ilustración 17:</b> Intervención de autoridades en el salario en el periodo 2000-2015 .....	54
<b>Ilustración 18:</b> Línea de regresión pronosticada general y las líneas pronosticadas para dos grupos.....	62
<b>Ilustración 19:</b> Gráfico de los valores propios para elegir componentes .....	65

## 2. Agradecimientos

Agradezco inicialmente a mis padres que siempre confiaran en mí, me dieron la fuerza y las herramientas para que pueda culminar mi carrera y me forme no solo como profesional sino como persona, además ellos siempre supieron que yo podía realizar grandes cosas.

A mi tutor de tesis que me apoyó en el tema y me dirigió durante todo el proceso, a mis lectores de la disertación en especial a Edwin Buenaño por su colaboración en buscar la metodología más eficiente para el problema que abordaba, además agradezco a mis profesores de carrera que plasmaron su conocimiento en mí y me inspiraron a que busque otras formas de aprendizaje por mi parte.

También quiero reconocer a todos aquellos que me han ayudado a poner estas ideas, muy por encima del nivel de simplicidad y en algo concreto.

## 3. Dedicatoria

Dedico plenamente esta tesis a mis padres que han sido una fuente de inspiración y un soporte durante toda mi vida. Les admiro a los dos por haber realizado una labor excelente como padres.

## 4. Introducción

De acuerdo a la OECD<sup>1</sup> (2019), 74 de 80 países que se inscribieron para que los estudiantes rindan las pruebas PISA proveen educación superior gratuita. La importancia del rol que juega el Estado en la provisión de este servicio es ciertamente por lo que se cree que la educación es un recurso importante en la formación del capital y del crecimiento económico. A medida que se ha aceptado la idea que el capital humano generaba crecimiento en la función de producción de los países, se ha tratado de buscar diferentes herramientas para medir el nivel de conocimiento que poseen los individuos; uno de los primeros hitos fue la estandarización de pruebas que midan el conocimiento de una forma general.

La educación tiene un papel esencial en el desarrollo de las personas ya que aporta con elementos fundamentales para que los individuos puedan ejercer sus derechos, libertades y puedan optimizar sus capacidades. Además, les permite acrecentar su calidad de vida a través de una mejora en los salarios y en la productividad, es decir se amplían sus opciones y oportunidades. (UNESCO, 2014)

Existen dos componentes relevantes para elaboración de políticas públicas que van a permitir evaluar la adquisición de conocimiento, el primero tiene que ver con el aumento del número de estudiantes involucrados en los sistemas educativos, el segundo se refiere a la creación de la medición educativa (Stufflebeam & Shinkfield, 1985). Dada la relevancia que cada país asume por tener ciudadanos instruidos, se han creado a lo largo del tiempo diferentes métodos para poder medir el nivel de conocimiento que poseen los estudiantes en el momento que están inmersos en el sistema educativo. El más utilizado es una prueba estandarizada para medir la capacidad de los individuos en determinado nivel de educación, tiene como meta recopilar información acerca de los logros en el aprendizaje de estudiantes y sobre los factores que envuelven dichos logros en tres materias: lenguaje, matemáticas y ciencias.

Las pruebas objetivas se convierten en el instrumento por excelencia para evaluar el avance de los alumnos, en el mejor de los casos acompañados de otros recursos, pero la mayoría de las veces como elemento único y decisivo. A partir de entonces, se registra una especie de isomorfismo entre evaluación y medición, y las pruebas dejan de ser un asunto local para convertirse en prácticas que en este momento tienen alcances nacionales o internacionales (Arzola Franco, 2017). La OECD busca un nuevo compromiso con los gobiernos para monitorear los resultados de los sistemas educativos en términos académicos, crearon el proyecto llamado PISA con grupos de expertos de cada país que garantizan que la evaluación sea válida internacionalmente, que se tome en cuenta el componente cultura y las mallas académicas (OECD, 1999).

---

<sup>1</sup> Organización para la Cooperación y el Desarrollo.

PISA<sup>2</sup> es el Programa de la OCDE para la Evaluación Internacional de Estudiantes, éste se la realiza cada 3 años a todos los estudiantes de 15 años de todo el mundo<sup>3</sup> en lectura, matemáticas y ciencias (OECD, 2003). La OCDE afirma que estas pruebas están diseñadas para evaluar qué tan bien los estudiantes dominan las materias clave para estar preparados para situaciones de la vida real en el mundo adulto. Se eligió los 15 años para realizar este examen porque en la mayoría de los países los estudiantes ya pueden decidir individualmente si desean o no continuar su educación. Por lo tanto, necesitan estar equipados para insertarse en el mercado laboral. Adicionalmente a estos exámenes, PISA recolecta información detallada de estudiantes, padres de familia y los profesores o autoridades de las escuelas a través de unos cuestionarios.

Con el objetivo de afianzar la comparabilidad de los resultados entre países, PISA debe evaluar poblaciones que sean semejantes. Pero los países discrepan en variables como su naturaleza y duración de los niveles educativos, y algunas otras variables adicionales inhiben la comparabilidad internacional. Para poder lograr esto, se estableció la edad en específico entre 15 años y 17 años de edad, independiente del tipo de institución en el que se encuentran envueltos, al grado al que van o si asisten a tiempo completo o parcial (se excluye a los individuos que no se encuentran inscritos en instituciones educativas) (OCDE, 2001). Esta prueba surge con el objetivo de buscar la creación de políticas educativas apropiadas para crear, mejorar la calidad del aprendizaje y que sirva como insumo para el progreso en los diferentes sistemas educativos a lo largo del mundo (OECD, 2003).

PISA evalúa a los estudiantes que han completado alrededor de 10 años de escolaridad obligatoria, además mide el rendimiento académico a nivel de países a lo largo del tiempo. Sin embargo, supervisa el rendimiento general de los estudiantes para que podamos observar si el rendimiento está mejorando, permaneciendo estable o disminuyendo con el tiempo. Esto nos permite visualizar el progreso hacia los objetivos educativos, cómo aumentar los logros y cómo reducir la inequidad.

La distribución se encuentra distribuida de la siguiente manera: se presenta la introducción donde se encuentra la problemática, relevancia del tema, pregunta general y preguntas específicas, y los objetivos los cuales se alcanza en el final del documento. Luego, se expone la fundamentación teórica donde se realiza una revisión acerca de los conceptos más relevantes acerca del capital humano, teorías de la educación y las pruebas PISA. En el estado del arte es donde se realiza comparaciones con disertaciones relacionadas a ésta, después se muestra la fundamentación empírica y los supuestos que se van a considerar para estimar el modelo. Finalmente, se muestran los resultados, conclusiones, recomendaciones y anexos.

---

<sup>2</sup> International Programme for Student Assessment (Programa Internacional para la Evaluación de los Estudiantes).

<sup>3</sup> Todos los países pueden tomarla, pero no todos se encuentran inscritos.

## *Relevancia del Tema:*

La relevancia de este tema radica en que se requiere de la creación de varias reformas para mejorar los sistemas educativos y garantizar que se brinde una buena calidad. Desde la perspectiva de los recursos humanos vistos como una forma de capital, se desea invertir en educación para así generar un aumento de productividad en las personas que va a repercutir sobre el crecimiento económico del país.

La educación está presente en gran parte del proceso de los individuos y va a influir sobre su desarrollo futuro. Así los estudios de Schady, Araujo, Peña , & López-Calva (2008), Mideros & Gassmann (2017), Matute & Deysi Patricia (2014), Ponce & Bedi (2008) y Cavas (2010) han demostrado la relación positiva que existe entre el nivel educativo y el desarrollo de las capacidades de los individuos. Es importante destacar que, esta generación de capacidades se da de manera independiente de acuerdo con cada país y esto va a generar divergencias entre los sistemas educativos.

Las diferencias que existe en los sistemas educativos, es decir, qué estudiante está aprendiendo y quién no lo está haciendo, una respuesta de la desigualdad de ingreso que veremos a futuro. El rápido avance tecnológico y el aumento paulatino de la competitividad son las principales características del mundo actual donde se obliga a que el conocimiento se encuentre en constante renovación para la realización de todos los procesos productivos que van a generar un crecimiento y desarrollo a largo plazo en las economías.

El proceso por el cual deben pasar los estudiantes para llegar al aprendizaje suele ser de carácter complejo y está influenciado por factores que se relacionan con las características de la escuela, del estudiante y de los padres. Es preciso que la sociedad conozca la relevancia de la educación y las externalidades que ésta brinda. El Estado es el ente responsable de garantizar este derecho universal a todos los niños, pero a su vez también existen otros actores importantes (profesores, empresarios, padres de familia, entre otros) que deben estar enfocados en el mismo objetivo. (ODS, 2015)

La educación es la base para mejorar la vida y el desarrollo sostenible. Para la UNESCO<sup>4</sup> (2015) la afirmación anterior es posible debido a que ellos perciben a la educación como una herramienta que fomenta cambios en el conocimiento, las habilidades, los valores y las actitudes que va a permitir que una sociedad tenga un desarrollo sostenible (que sea compatible con los recursos que dispone una sociedad) y que sea justa para todos. El objetivo de ésta es empoderar y equipar a las generaciones actuales y futuras para satisfacer sus necesidades utilizando un enfoque equilibrado e integrado de las dimensiones

---

<sup>4</sup> United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura).

económicas, sociales y ambientales del desarrollo sostenible. Además de mejorar la calidad de vida de las personas, el acceso a la educación inclusiva y equitativa puede ayudar a abastecer a la población local con las herramientas necesarias para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas más grandes del mundo (ODS, 2015).

### *Pregunta General:*

- ¿Cuáles son los determinantes del desempeño académico de los adolescentes de 15 años de los países que participan en las pruebas PISA durante el periodo 2000-2015?

### *Preguntas Específicas:*

- ¿En qué medida las características del docente<sup>5</sup> y el establecimiento influyen en el desempeño escolar del estudiante?
- ¿En qué medida las características del estudiante<sup>6</sup> influyen en el desempeño escolar del mismo?
- ¿En qué medida las características de los hogares<sup>7</sup> influyen en el desempeño escolar del estudiante?
- ¿De qué manera el gasto en educación como porcentaje del PIB repercute en el desempeño escolar del estudiante?

### *Objetivo General*

- Analizar los determinantes que van a afectar el desempeño académico de los adolescentes de 15 años de los países que participan en las pruebas PISA durante el periodo 2000-2015.

### *Objetivos Específicos*

- Determinar la relación que existe entre las características del establecimiento educativo y el desempeño escolar del estudiante.
- Establecer la correlación entre las características del estudiante y el desempeño escolar del mismo.
- Definir en qué medida las características de los hogares influyen en el desempeño escolar del estudiante.

---

<sup>5</sup> Está compuesto de un vector que recoge las características de las escuelas y el comportamiento de los docentes con los alumnos de cada país.

<sup>6</sup> Es un vector que contiene a las características del estudiante que van a contribuir a su aprendizaje.

<sup>7</sup> Vector compuesto por las características socioeconómicas de los hogares, de las cuales ellos no tienen elección.

- Establecer la relación entre gasto en educación como porcentaje del PIB y el desempeño escolar del estudiante.

## 5. *Fundamentación Teórica: Marco Conceptual*

Uno de los principales objetivos de los economistas es buscar el crecimiento económico mediante el uso de herramientas macroeconómicas. Estos mecanismos van a permitir disminuir una serie de problemas que inhiben el desarrollo de los países, se conoce que un elemento fundamental para el progreso de una nación es contar con una sociedad instruida que posea capital humano formado y que tenga acceso a una educación de alta calidad.

Igualmente, se estima que la difusión educativa conduce a una distribución más igualitaria del ingreso personal y que, de esta manera, la educación puede ser un mecanismo para corregir las tendencias observables en las etapas iniciales del desarrollo económico (Barkin, 1971). Para que este proceso se cumpla, se requiere de un Estado organizado que custodie por el bienestar de la sociedad y que busque una igualdad de oportunidades. Hay que tomar en cuenta que en los niños es en donde se debe enfatizar las políticas de desarrollo ya que ellos son el futuro del país.

En este capítulo se analizarán conceptos relacionados con la teoría de la educación, la formación de capital humano y cómo es el proceso de pruebas estandarizadas, de manera más específica: las pruebas PISA. Inicialmente se hablará acerca de distintos conceptos del desarrollo individual contrastando el aporte de algunos autores. La siguiente noción que se interpretará es la educación y cómo ésta puede llevar a aumentar la calidad de vida de los niños. A su vez, es necesario que el rol del Estado sea examinado debido a que la educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado (Asamblea Constituyente, 2008).

### *Capital Humano*

El concepto de educación surge en la teoría del capital humano que se basa en invertir en el conocimiento, destrezas, habilidades o aptitudes de una persona para incrementar el beneficio económico de ésta. Capital humano es una definición amplia que engloba a la educación, nutrición, salud, entorno del individuo y otros elementos es decir es el resultado de un proceso acumulativo de varios factores.

De manera previa se presenta una correlación entre la escolaridad y los ingresos de las personas, especialmente los que se encuentran asociados al mercado laboral. La educación (y capacitación) se

modela como una decisión de inversión individual que en el futuro va a recibir un retorno monetario en el mercado laboral generalmente en forma de mayores de ganancia de por vida. El conocimiento y las habilidades adquiridas a través de inversiones educativas aumentan la productividad de las personas. Con cada inversión, uno puede incurrir en costos en forma de gastos de bolsillo, ganancias no percibidas y costos psíquicos asociados con la presión de estudiar y realizar exámenes. (Brewer, Hentschke, & Eide, 2010)

El capital humano en la nueva economía es el motor del desarrollo organizacional, constituyendo la principal ventaja de las compañías para desenvolverse en sus entornos. En el sector social, este recurso adquiere características específicas que deben ser tratadas a través de modelos generales que permitan comprender el valor corporativo (aporte que da un trabajador al beneficio que va a generar la empresa) que representan y su función en el cumplimiento de las misiones particulares (Tinoco Bernal & Soler Mantilla, 2011). Entonces podemos ver que la mejora de la organización de las empresas y, de su crecimiento va a depender de una alta calidad de los recursos humanos que posean puesto que van a poner en marcha de la planificación, la innovación, la administración y el rendimiento de las compañías.

Inicialmente la inversión en capital humano tiene resultados de manera individual, es decir la persona comienza a ver los beneficios para ella misma en el salario. Luego tienen resultados medio a nivel de empresas. Por ejemplo, si un empleador capacita a los trabajadores entonces es muy probable que aumente su producción, mejore el proceso productivo o disminuyan sus costos. De una manera más agregada, en sí los hogares y empresas se ven beneficiados por esto y es por ello por lo que los países comienzan a ver frutos de esto.

Solow (1956) se cuestionaba por qué algunos países son ricos (PIB alto) comparado con otros que son pobres (PIB bajo), entonces él deduce el modelo de crecimiento general el cual permite progresar a los países, está compuesto inicialmente de dos factores de producción: trabajo (provisto por las personas) y capital (bienes que permiten fabricar otros bienes o servicios). Además, añade otro factor llamado “A” (residuo de Solow) que se refiere a la productividad o eficiencia general de los factores, es decir las proporciones en la cual éstos deben ser combinados. (Mankiw, Romer, & Weil, 1992)

En el modelo de Solow-Swan (1956) se afirma que a corto plazo las economías van a poder crecer con un aumento en la fuerza laboral o un aumento del capital físico que se invierte en las empresas, aunque a largo plazo la tasa de crecimiento de las economías va a converger a la tasa de crecimiento del factor “A” y lastimosamente no se sabe qué determina su crecimiento o cuáles son sus componentes.

Solow y Swan buscaban los factores que determinen el crecimiento de los países, hasta ese entonces no se tomaba al conocimiento aplicado de las personas como un insumo, pero a medida que el tiempo avanzó,

los investigadores concernientes de este tema se dieron cuenta que una persona especializada en un trabajo o una actividad lo hacía de manera más eficiente debido a que usaba un menor tiempo y menos recursos entonces este tema comenzó a ser de interés para algunos especialistas.

Schultz (1961) afirma que inicialmente el capital humano sirve para explicar la porción residual del crecimiento económico (productividad de los factores) que no logra ser explicado por la fuerza laboral y el capital físico. A su vez, explica por qué las ganancias aumentan con la edad, pero en mayor proporción en las personas calificadas que en las no calificadas (menores niveles educativos): las personas calificadas están invirtiendo en capacitación general durante los primeros años y la pendiente de su retorno se vuelve mayor.

Schultz afirmaba que el retorno a la inversión en educación es mayor al retorno de las inversiones en activos físicos, esa es la razón por la cual él asevera que la educación no es un gasto sino una inversión con altas tasas de retornos. Él, junto a Becker, son de los primeros autores en acuñar el término “capital humano”, de esta forma logra aclarar las diferencias de salarios y productividad entre los distintos individuos y propone una manera de calcular el impacto de la inversión en capital humano en las personas, lo hace a través del gasto en educación.

Según Borjas (2013), el capital humano tiene retornos monetarios debido a que va a causar que en un mediano plazo incrementen los salarios de los individuos que han percibido educación. Estas dos variables (nivel educativo y salario) tienen una correlación positiva pero esta relación posee rendimientos decrecientes debido a que el conocimiento se deprecia a través del tiempo. Como cualquier otro factor de producción, el aumento tecnológico que causa que el capital humano se quede obsoleto y por un proceso de especialización en el cual mientras aumentan los años educativos las personas van aprendiendo destrezas más específicas y ya no se pueden insertar en cualquier sector de mercado laboral si no solo en un campo en específico.

Asimismo, el análisis del capital humano supone que la escolaridad aumenta los ingresos y la productividad principalmente al proporcionar conocimientos, habilidades y una forma de analizar los problemas (Becker, 2009). Becker trató de poner a las personas en el centro de la economía debido a que ellas son quienes aportan con el conocimiento para la creación de tecnologías que llevarán a la prosperidad a los países, entonces él destaca que se debe realizar una inversión en capital humano dirigida principalmente a la educación.

Invertir de manera general es un proceso a largo plazo debido a que se necesita de bastante tiempo para llegar a capacitar a un individuo y para que éste llegue a percibir los beneficios de la instrucción, es por todo lo mencionado previamente que se ve justificado que las personas reciban un buen nivel de

educación y hasta va más allá de eso, que vivan en un ambiente seguro, gocen de buena salud y tengan un nivel de vida adecuado que le asegure sus necesidades básicas. La combinación de varios factores que generen un entorno favorable va a incrementar las posibilidades que una persona mejore sus oportunidades en el mercado laboral.

## Educación

“La educación es un proceso humano y cultural complejo. Para establecer su propósito y su definición es necesario considerar la condición y naturaleza del hombre y de la cultura en su conjunto, en su totalidad, para lo cual cada particularidad tiene sentido por su vinculación e interdependencia con las demás y con el conjunto”. (León, 2007, pág. 20)

La educación tiene muchos beneficios no solo a nivel individual (explorando mejores oportunidades para sí mismo) sino también a nivel del país, una persona educada puede verse como un activo con altos retornos de inversión para cualquier país. La columna vertebral del desarrollo de un país es la educación porque se ha convertido en un buen indicador del nivel y la calidad de vida como del empleo, el status social, los ingresos y predice la prosperidad en las sociedades. (Vila, 2000, pág. 34)

Segun la teoría planteada por Hanushek & Woessmann (2007), la educación aumenta las calificaciones de los individuos y, por lo tanto, sus salarios. Esta perspectiva, llamada teoría del capital humano, considera que la inversión en las personas es semejante a la inversión en capital. Cuanto mayor es la inversión, mayor es su productividad (Stiglitz, 2000). Los beneficios privados son: una mejor salud, una menor mortalidad, eficiencia en la administración de los activos y una mayor felicidad. Los beneficios sociales incluyen un mayor proceso de democratización, estabilidad política, reducción de tasas de criminalidad y una mejora del bienestar global.

Para Joseph E. Stiglitz (2000), la educación es un bien que va a implementar el Estado ya que debe igualar las oportunidades de los individuos independientemente de su condición económica. Cada individuo va a invertir en su nivel de educación cuando su beneficio marginal (futuro salario) iguale a su costo marginal (costo de educación), por lo tanto los individuos que carecen de fondos propios no van a poder acceder al sistema educativo sin ayuda de la intervención estatal. Asimismo, al intervenir con el aprovisionamiento de la educación y capacitación de los individuos, va a asegurar que en un futuro las personas tengan una alta productividad y puedan aportar al crecimiento económico del país.

La educación no es un bien público puro. El coste marginal de educar a un niño más dista de ser cero; de hecho, los costes marginales y medios son (al menos a gran escala) aproximadamente iguales. Y no es difícil cobrar a un individuo por el uso de este servicio (Stiglitz, 2000). Es propicio enfatizar que el Estado busca que la educación llegue a todos los ciudadanos debido a las externalidades positivas que posee en el bienestar general de la sociedad a causa de que disminuye la pobreza e inequidad, se reducen las tasas de criminalidad, se fortalece la democracia en el país y de manera general mejoran los niveles agregados de salud y calidad de vida. (Brewer & Ehrenberg, 1994).

Como se mencionó previamente las externalidades es uno de los fundamentos para que el Estado se encargue de proveer instrucción a los ciudadanos, entre otras razones está la integración de las personas inmigrantes en el sistema educativo. Pero, lograr corregir estas externalidades solo se lo puede hacer mediante el análisis de los fallos de mercado. Por lo general, en la teoría de la asignación, se refiere al fracaso de un sistema idealizado de instituciones de mercado de precios para sostener actividades "deseables" o evitar actividades "indeseables" (Bator, 1958).

Se ha argumentado que en varias circunstancias en donde los mercados privados fallan en producir las cantidad óptimas de bienes o servicios. Algunos fallos de mercados se pueden identificar relacionados con la educación, tales como mercados imperfectos de capitales, información incompleta, externalidades y relación agente-principal. En el caso de los mercados imperfectos de capitales, la compra de educación está fuera del alcance de muchas familias que poseen escasos recursos y los mercados de crédito no ofrecen una solución efectiva, además los bancos no aceptarían la promesa de ganancias futuras (que provee la educación) como garantía (Stiglitz, 2000). Entonces las personas de ingresos bajos se quedan atrapados en un círculo de pobreza donde por no tener recursos no pueden seguir estudiando y al no seguir estudiando no van a tener más recursos, el rol del Estado es promover igualdad de oportunidades independientemente del nivel socioeconómico de los ciudadanos.

La información incompleta es cuando los hogares pueden no conocer la existencia de servicios en educación, o pueden no estar al tanto de los retornos privados a la educación, que tienen un largo período de gestación como resultado, tienden a invertir menos en educación (Stiglitz, 2000). Este fenómeno sucede cuando un agente posee más información que otro entonces el que conoce menos acerca de la situación tiende a comprar o adquirir una cantidad subóptima de ese bien, en este caso los años de escolaridad o el nivel de conocimiento.

Algunos de los beneficios de la educación se otorgan no solo a sus destinatarios directos sino también a la sociedad en general. La alfabetización, por ejemplo, reduce los costos de transacción entre individuos; la educación de las mujeres trae beneficios externos para el control de la fertilidad, la salud y nutrición infantil. Al decidir cuánto comprar, las personas solo comparan los beneficios personales y los costos personales (Stiglitz, 2000). Las externalidades es la situación en donde un tercero (fuera de la transacción) se beneficia o perjudica sin haber incurrido en el costo.

En general, en un hogar, los padres son la unidad de toma de decisiones relevantes y no el niño. Por ejemplo, en educación, la cuestión importante es el equilibrio percibido entre los costos y los beneficios para los padres de enviar a sus hijos a la escuela. Dado que solo una parte de los rendimientos de la escolarización recaerá en los padres, puede haber razones racionales para que los hogares inviertan poco en la escolarización, a pesar de sus retornos económicos aparentemente altos (Stiglitz, 2000). En este ejemplo presentado, los hijos al percibir este beneficio y no haber caído en ningún costo tienen la opción de destinar los fondos de esta inversión en otros elementos.

Simultáneamente existen otras tres razones por las cuales la educación es relevante. Primero, el stock de habilidades de un país es un tema central para el crecimiento económico en un entorno internacional altamente competitivo. Segundo, la distribución de ese capital humano es un determinante clave de la desigualdad de ingresos, cada vez más importante con una alta prima salarial por habilidades. Finalmente, el nexo que existe entre el capital humano de un individuo y su entorno es fundamental en la determinación de movilidad social y la perpetuación de las desventajas.

La efectividad de un sistema educativo influye en las habilidades que todos los ciudadanos adquieren. La estructura del sistema afecta en la distribución de estas destrezas; por ejemplo, si el sistema aumenta o disminuye la desigualdad de los resultados educativos. El sistema tiene que funcionar bien en un mundo de información imperfecta, con una variación sustancial en los atributos y entre los niños, lo que permite una diversidad de resultados, al tiempo que existen otros objetivos, como el bienestar y los derechos de los niños, los derechos de los padres y los procesos democráticos. (Burguess, 2016)

De los párrafos anteriores se puede concluir que el gobierno juega un papel importante cuando se trata de decisiones relacionadas con bienes públicos como salud, educación sobre seguridad y medio ambiente. Se puede ver que si los bienes públicos se dejan completamente en manos del sector privado, no producirían resultados beneficiosos. El principal motivo para obtener beneficios es que al sector privado no le importaría lo suficiente la calidad de la educación si no se relaciona con la rentabilidad. Además, no todos los sectores de la sociedad tendrán acceso a la misma calidad de educación. Por lo tanto, la intervención del gobierno es relevante para garantizar que el desarrollo económico ocurra de manera uniforme y consistente en el país. El gobierno podría desempeñar un papel más de vigilancia para lograr la eficiencia económica.

## **Papel del Estado**

La intervención del gobierno se refiere a la participación del gobierno en el diseño y la implementación de

políticas. En términos generales, la intervención gubernamental toma la forma de regulación. De manera general, se espera que este rol sea eficiente y eso solo se puede atribuir a la situación en la que nadie puede estar mejor sin que otra persona esté peor. Dicha eficiencia mejora la prosperidad al garantizar que los recursos se asignen y usen de la manera más productiva posible. (UK Essays, 2018)

Para North (1990), el Estado debe tener un rol característico en el que represente a las necesidades de la población en general, debe establecer una serie de reglas para así asegurarse que todos los agentes económicos participen. Él resalta primordialmente el papel de las instituciones y su función principal, como la búsqueda de una estructura estable que se encuentra en cambio permanente y que altera continuamente las elecciones de las personas.

Existe una necesidad de un ente coercitivo que se asegure que las instituciones y organismos busquen la eficiencia colectiva porque si no solo van a ver por intereses individuales que no llevará a un desarrollo económico. Este Estado debe ser más que solo un instrumento corrector o paliativo, sino que es dinamizador de la actividad económica, propicia la igualdad social y un marco institucional favorable a la participación de todas las personas en las tareas económicas y en la toma de decisiones. Es decir, crea un ambiente de oportunidades para todos los agentes.

## **Conceptos teóricos de Economía de Educación**

Se conoce que los trabajadores mejor educados tienen resultados más favorables en el mercado laboral que los individuos que poseen un menor nivel educativo. Además, una fuerza laboral educada es crítica para que la nación compita en una economía que remunera al conocimiento y a las habilidades. La economía de la educación se puede dividir en tres conceptos: capital humano, mercados y función de producción de la educación. (Brewer, Hentschke, & Eide, 2010)

En el caso de la educación, los economistas se interesan en cómo la sociedad va a organizarse y usar los recursos escasos para producir diferentes tipos de conocimiento y habilidades y cómo éstas están distribuidas entre los diferentes grupos de la sociedad. Los beneficios de la educación son acumulativos, se tiene acceso a mejores trabajos, una mayor probabilidad de ser empleado y una mejor salud.

A pesar de que la motivación de los individuos para continuar la escolarización puede ser diferente, y los costos y beneficios pueden ser muy variados dependiendo de la personalidad, las expectativas de rendimiento y otros rasgos, los economistas plantean la hipótesis de que cuanto más se adquiere educación, mayor son las ganancias obtenidas después de completar la escolarización. No solo existen beneficios monetarios sino también no monetarios, tanto privados como públicos asociados con la

escolaridad. Los beneficios no monetarios de manera individual son estabilidad laboral, una mejor salud, existe una mayor probabilidad de tener seguro de vida y beneficios de una pensión, y de manera general estos individuos tienen capital social y cultural que les permite la movilidad ascendente. (Brewer, Hentschke, & Eide, 2010)

El segundo concepto relacionado con la economía de la educación es la falla de los mercados. El gasto educativo lo realizan los individuos de acuerdo a su apreciación, al retorno esperado y a los costos que conlleva la educación. También este rubro puede consumir el gobierno como gasto público debido a las externalidades que esto genera, la función del gobierno es asignar recursos escasos con la función de maximizar los resultados que en este caso es el crecimiento de la economía del país. En las sociedades actuales de manera general, los recursos se asignan por los gobiernos o los mercados.

Un mercado es una colección de compradores y vendedores los cuales van a producir y vender bienes o servicios; la interacción de estos dos agentes permite la posibilidad de intercambio y por lo tanto la manera en la que se distribuyen los bienes entre los grupos de la sociedad. La transacción se facilita debido a un medio de intercambio denominado precio y la función de un mercado es ajustar el precio para acomodar los cambios en la oferta y la demanda como eficientemente sea posible. En si, la dinámica de los mercados significa un proceso continuo de ajustes que incluye escasez y excedentes, consumidores y productores entrando y saliendo del mercado. La manera en la que se analiza las asignaciones es mediante la eficiencia y cuando éste falla entonces se recurre a la intervención del Estado para que lo regule. (Brewer, Hentschke, & Eide, 2010)

Finalmente, el último concepto relacionado es la producción de los bienes y servicios, en este caso los economistas se cuestionan en cómo se va a producir la educación. Existen dos formas de ver esto: la primera es verla como una función de producción donde los insumos escolares generan un resultado, en este caso no se conoce con certeza que ocurre en el proceso y mientras que, el segundo enfoque se analiza la organización donde los individuos interactúan para lograr sus objetivos.

Los insumos que generalmente la teoría de la función de producción educativa menciona son: profesores, administradores, suministros y facilidades, mientras que el resultado es medido por el logro educativo de los estudiantes (conocimiento y habilidades). La relación entre estos dos factores suele medirse estadísticamente usando varias técnicas de regresión múltiples, el problema radica en que los insumos pueden ser difíciles de medirlos y si se los logra medir no suelen capturar las características más importantes. Por ejemplo, la manera en que los profesores interactúan con los estudiantes es relevante para el proceso de aprendizaje, pero las características que poseen los buenos profesores son complejas de capturar en una variable como los años de experiencia o una calificación. (Brewer, Hentschke, & Eide, 2010)

## **Función de Producción de Educación**

La función de producción de la educación se estima dentro del marco teórico de la función de producción de la microeconomía, ésta maximiza el resultado dada una dotación de un conjunto de insumos, pero en el caso de la educación no se busca maximizar el rendimiento académico de los individuos si no se espera conocer la forma en que los diferentes vectores van a afectar a nuestro resultado. (Hanushek E. A., 1979)

Según D. N. Harris (2010), la función de producción de la educación constituye la combinación de insumos que produce una serie de productos. En este tema, los productos se lo miden en notas académicas y tasas de graduación mientras que los insumos abarcan a los factores tanto escolares como familiares que influyen al producto.

La calidad educativa se ha estudiado tradicionalmente con la función de producción en donde los exámenes son la variable dependiente y los diferentes insumos educativos son las variables independientes. El proceso por el cual las habilidades cognitivas y no cognitivas son adquiridas se ve determinado por algunos factores. La función de producción realizada por Glewwe & Lambert (2010) representa este proceso como una relación matemática, los factores o insumos que van a determinar el aprendizaje se dividen en tres variables: escuela, el estudiante y el hogar.

## **Modelo teórico y aproximaciones empíricas**

La base central de la demanda de educación es el retorno del capital humano acumulado durante el tiempo que un individuo se encuentra dentro del sistema educativo o recibe algún tipo de formación. Principalmente, éste es un rendimiento financiero privado en forma de mayores ganancias, pero ahora hay un concepto mucho más amplio de ese rendimiento. (Becker, 2009)

El punto de partida para todos estos análisis es la función básica de ganancias de capital humano de Mincer (1974) y el trabajo de Becker (1964) que fue expuesto previamente. El modelo Mincer relaciona las ganancias de una persona con sus años de escolaridad y una función cuadrática de su experiencia en el mercado laboral.

El modelo de ganancias de cada año adicional de escolaridad o capacitación pospone el tiempo en el que el individuo recibe el salario y reduce el lapso de su vida laboral, en el caso que se retire a una edad predeterminada. Estos costos de tiempo más los desembolsos directos de dinero constituyen el costo total

de la inversión. Debido a estos costos, la inversión no se realiza a menos que aumente el nivel del flujo de ingresos. Por lo tanto, en el momento en que se realiza, el valor presente de los flujos de ganancias reales es igual solo a una tasa de descuento positiva que se refiere a la tasa interna de retorno de la inversión. (Mincer, 1974)

Inicialmente el autor analiza los efectos de las inversiones en la educación. Esto se realiza suponiendo que no se realicen más inversiones de capital humano después de la finalización de la escolaridad y también, en esta etapa, que el flujo de ingresos individuales es constante durante toda la vida laboral. También se excluyen los cambios en toda la economía que afectan la productividad individual y las ganancias durante el ciclo de vida.

Mincer (1974) propone el modelo de escolaridad, en el cual calcula los efectos del nivel de instrucción en los ingresos de los individuos. El supuesto primordial es que, si se posponen los ingresos debido a mayor escolaridad, se reduce el lapso de poder percibir el ingreso futuro. La siguiente fórmula muestra el valor presente de los ingresos de toda la vida de un individuo al comienzo de sus estudios y va a ser igual al ingreso anual de una persona con  $s$  años de escolaridad multiplicado por la sumatoria tomando en cuenta el tiempo de vida de trabajo y de estudios, de la tasa de descuento.

**Ecuación 1:** Valor presente de los ingresos de toda la vida de un individuo con  $s$  años de escolaridad

$$V_s = Y_s \sum_{t=s+1}^n \left(\frac{1}{1+r}\right)^t$$

**Fuente:** Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience and Earnings*. United States: National Bureau of Economic Research.

Las conclusiones que saca Jacob M. (1974) de sus estudios son que los ingresos aumentan de manera directa con la educación (aumentando así la productividad); se incrementan de manera directa con la experiencia, pero a una tasa decreciente (inversión disminuye a medida que la edad de jubilación se acerca); las personas jóvenes ganan menos que las adultas pero a través del tiempo esta tasa aumenta decrecientemente; los hombres ganan más que las mujeres; las tasas de desempleo son mayores para las personas con un menor nivel educativo y los países con más gente educada tienen mayores tasas de crecimiento.

Por otra parte, Harris (2010) expone una función de producción de la educación en la cual se asemeja a las funciones de producción neoclásicas en donde la suma de una serie de inputs da por resultado un producto. En este caso, el resultado es el rendimiento de los estudiantes y a continuación se presentan los insumos; donde  $A_{ij}$  es el rendimiento del estudiante  $i$  en la escuela  $j$ ,  $F_{ij}$  es el vector de las características del entorno familiar,  $I_{ij}$  es el vector con las características individuales del estudiante,  $S_{ij}$  es el vector de las características escolares y  $E_{ij}$  es el término de error del modelo que se va a estimar.

**Ecuación 2:** Función de producción de la educación

$$A_{ij} = \beta_F F_{ij} + \beta_I I_{ij} + \beta_S S_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

**Fuente:** Harris, D. N. (2010). Education Production Functions: Concepts. United States: Elsevier.

## **Supuestos básicos e insumos educativos de función de producción de educación de Harris**

En la teoría de la economía de la educación se tiene claro que existen ciertos factores relacionados con el ambiente del estudiante, los cuales van a afectar a su rendimiento en clases, a continuación se mencionan los siguientes. Los insumos escolares son la primera categoría, comunmente medido por los niveles de financiamiento, el tamaño de la clase, educación del profesor y experiencia y la disponibilidad de computadoras y libros de texto que la escuela posea (Harris, 2010).

La segunda categoría general que afecta a los resultados generados por la educación es la familia y otros inputs. La importancia de los insumos no relacionados con la escolaridad comenzó a tener relevancia con la publicación del Reporte Coleman (1990) en Estados Unidos, en éste se encontró que la variación en los resultados educativos se explica principalmente por la variación en el entorno familiar más que el entorno escolar (Harris, 2010).

Las variables relacionadas con el entorno familiar como la educación de los padres, los recursos educativos disponibles en casa (libros, computadoras, escritorio en donde escribir, etc.) usualmente afecta en una mayor proporción al desarrollo académico de los estudiantes (Hanushek & Luque, 2003). Sin embargo, suele existir evidencia con respecto a las variables tales como tamaño de clase, experiencia del profesor, educación de los profesores y sus salarios suelen ser muchas veces contradictorias. Solo ocho de treinta estudios realizados por Hanushek (1995) tienen como resultado coeficientes significativos apoyando a la reducción del número de estudiantes en la clase y otros ocho estudios tienen coeficientes con el signo opuesto. Asimismo, se ha encontrado evidencia incierta con respecto a la experiencia de los profesores y su salario pero la educación de los maestros suele tener coeficientes significativos y positivos para las notas de los individuos (Santos, 2007).

Glewwe (2002) analiza críticamente la literatura disponible sobre habilidades cognitivas. Él considera cuatro estudios a Harbison y Hanushek (1992), Glewwe y Jacoby (1994), Glewwe et al. (1995) y a Geeta (1996) como los mejores en estimación de funciones de producción educativa. Los resultados de estos estudios sugieren que las características de la escuela, materiales de escritura y libros de texto, educación del maestro y los salarios del maestro son variables significativas.

Sin embargo, Glewwe (2002) critica fuertemente a la estimación econométrica de la función de producción educativa porque está sujeta a problemas de omisión de variables relevantes, produciendo parámetros estimados sesgados. Existe una alta probabilidad de omitir variables importantes porque tratar de determinar la eficiencia del aprendizaje y la calidad de la escuela son variables complejas de representar. Otro de los problemas de estimación son la selección de muestras (en muchos países en desarrollo, una alta proporción de los niños no van a la escuela o abandonan la escuela a una edad temprana), entonces esto genera una posible endogeneidad de los años de escolaridad, a su vez hay errores de medición en los regresores y dificultades en la especificación de la variable dependiente (Glewwe, 2002).

Un enfoque alternativo para estudiar los determinantes de la calidad escolar que tiene la intención de reducir algunos de los problemas econométricos inherentes al enfoque de la función de producción es el llamado modelo de valor agregado (Harris, 2010), en el cual la variable dependiente es la tasa de aprendizaje sobre un período de tiempo específico (el cambio en el puntaje de la prueba). Este modelo elimina una serie de variables confusas, incluida la historia previa de los aportes de los padres y la escuela, reduciendo la probabilidad de que los factores históricos omitidos introduzcan sesgos significativos (Rivkin, Hanushek, & Kain, 2005). Al usar una versión modificada de este enfoque con datos del Proyecto Escolar de Texas UTD; Rivkin, Hanushek y Kain (2005) encuentran que los maestros tienen efectos poderosos en el rendimiento en lectura y matemáticas, aunque poco de la variación se explica por características observables como la educación y la experiencia.

Hernandez-Zavala, Patrinos, Sakellariou and Shapiro (2006) usan la metodología de mínimos cuadrados ordinarios<sup>8</sup> para estimar la función de producción para México, Guatemala y Perú dividiéndola entre las personas con etnia indígena y las demás etnias. Encontraron que si un estudiante trabajaba (no solo afuera de su hogar sino también dentro con labores domésticas), tendría un rendimiento menor comparado con las jóvenes que no lo hacen. Tener más de diez libros en la casa o si algún miembro de la familia lee el periódico afecta positivamente al rendimiento de los estudiantes en el colegio. La educación de los padres a su vez tiene un signo positivo y significativo.

A nivel de la escuela, en los tres países (solo tomando en cuenta a las personas que no tienen etnia indígena), la experiencia de los profesores tiene un impacto significativo y positivo en los resultados de los exámenes. De manera específica, en Perú la autonomía de los profesores afectaba positivamente pero solo en los estudiantes indígenas. En Guatemala este resultado también se refleja en los estudiantes de las demás razas pero tiene un efecto negativo sobre los alumnos indígenas.

---

<sup>8</sup> Es una metodología que se utiliza en modelos lineales para ver la relación que existe entre variables, minimiza la suma de los residuales al cuadrado (Wooldridge, 2006).

A su vez, en el modelo de valor de agregado se analizan los supuestos básicos que asume Harris (2010) para facilitar el manejo de las variable no observables o de variables que son complejas de medir, los supuestos son los siguientes: independencia de edad, separabilidad aditiva, inputs familiares fijos y decaimiento geométrico.

**Tabla 1:** Supuestos de la función de producción de educación del modelo de Harris

<b>Supuesto</b>	<b>Detalle</b>	<b>Limitación o Argumentación</b>
1.- Independencia de Edad	El efecto de los insumos aplicados a los niños va a ser el mismo en cualquier nivel educativo que se encuentren. Es decir, un input que sea indispensable en la edad temprana como suplementos nutricionales para niños va a tener el mismo impacto en un adulto joven.	En la primera infancia una mejor nutrición tendrá un mayor efecto que en un estudiante bachiller (Glewwe, Jacoby, & Kingm, 2000). Existe dependencia de edad para conocer el impacto de un input sobre el desarrollo del individuo.
2.- Separabilidad Aditiva	Los efectos de los insumos no interactúan entre sí, es decir el entorno familiar no afecta al entorno escolar.	Los inputs tienen una alta correlación entre sí y es complicado separar el efecto. (Hill & Taylor, 2004)
3.- Inputs familiares fijos	Se espera que estos inputs sean fijos para poder ser combinados con la contribución fija de los estudiantes, esto se lo suele realizar debido a la poca disponibilidad de los datos.	Esta metodología facilita la falta de datos que suelen tener las encuestas (Perera & Liambi, 2009). Pero se debe tomar en cuenta que las características familiares varían.
4.- Decaimiento Geométrico	Los efectos de los inputs se declinan geoméricamente con el tiempo entre la aplicación del input y la efectividad que éste tiene sobre el logro académico estudiantil.	La efectividad de los insumos otorgados a los estudiantes va decayendo a medida que pase el tiempo. Los insumos que son más efectivos son los más cercanos al tiempo presente. (Blank, 2013)
<b>En el caso que se desee buscar causalidad entre los insumos y el resultado (rendimiento académico)</b>		
5.- Pruebas estandarizadas entre los intervalos	Los puntajes de las pruebas de los estudiantes son escalados entre intervalos tal que el cambio en una unidad en el puntaje signifique lo mismo en todas las partes de la escala.	Es complejo poder comparar entre distintas pruebas debido a que existen sesgos y variables que no se puedan combinar las cuales van a afectar a los resultados. (Herman & Golan, 2005)
6.- Efectividad uniforme de los insumos	Cada insumo escolar es igualmente efectivo para todos los tipos de estudiantes.	Las diferencias entre entornos escolares y familiares van a determinar que unos insumos sea mejor aprovechados por cierto tipo de estudiantes que otros. (Piñeros Jiménez & Rodríguez Pinzón, 1998)
7.- Asignación de los estudiantes basado en características fijas	A los estudiantes se les asignan los insumos escolares en cada periodo basado en características fijas a	De manera general, las características de los estudiantes suelen permanecer

Supuesto	Detalle	Limitación o Argumentación
	través de todos los periodos.	a través del tiempo. (Karp, 1990)

**Fuente:** Harris, D. N. (2010). Education Production Functions: Concepts. United States: Elsevier.

**Elaboración:** Propia

## 6. PISA: Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes

Usualmente las investigaciones que utilizan a los datos de las pruebas PISA publicado por la OCDE, suelen realizar sus modelos solo tomando en cuenta un año y un país debido a la complejidad del manejo de esta base de datos ya que cuenta con centenares de variables las cuales son cualitativas y cuantitativas. En esta sección se hará un breve resumen acerca de la evolución de las pruebas PISA a lo largo del periodo 2000-2015.

En el año 2000 inició este estudio evaluando las aptitudes para leer, en matemáticas y en ciencias; este estudio inició con 32 países (en su mayoría miembros de la OCDE). Las áreas que cubre PISA están definidas en términos de: el contenido o estructura del conocimiento que los estudiantes necesitan adquirir en cada área (como la familiaridad con conceptos científicos o tipos distintos de textos); los procesos que se requiere llevar a cabo (como obtener información escrita a partir de un texto); y los contextos en los cuales se aplican los conocimientos y aptitudes (como el tomar decisiones en relación con las circunstancias de la vida personal del individuo, o la comprensión de los asuntos mundiales) (OCDE, 2001).

Para el 2003, (véase Tabla 2) el enfoque de este año es la matemática. En el año anterior, la principal distinción del proceso era que se realizó un énfasis en tres tipos de lectura: recuperación de la información, interpretación, reflexión y evaluación. En el caso de las matemáticas, se evalúan las áreas de contenido tales como: cantidad, espacio y forma, cambio y relaciones e incertidumbre. Para ese entonces, las pruebas PISA realizan un progreso debido a que antes solo se analizaron los sentimientos del alumno referentes a la escuela pero en el 2003, se examinan la manera en que los estudiantes pueden solucionar problemas. El hecho que las pruebas sean cada tres años permite comparar las diferencias a través del tiempo y que los hacedores de políticas públicas puedan visualizar los efectos de las políticas y las mejoras del nivel educativo de los alumnos en general. (OCDE, 2004)

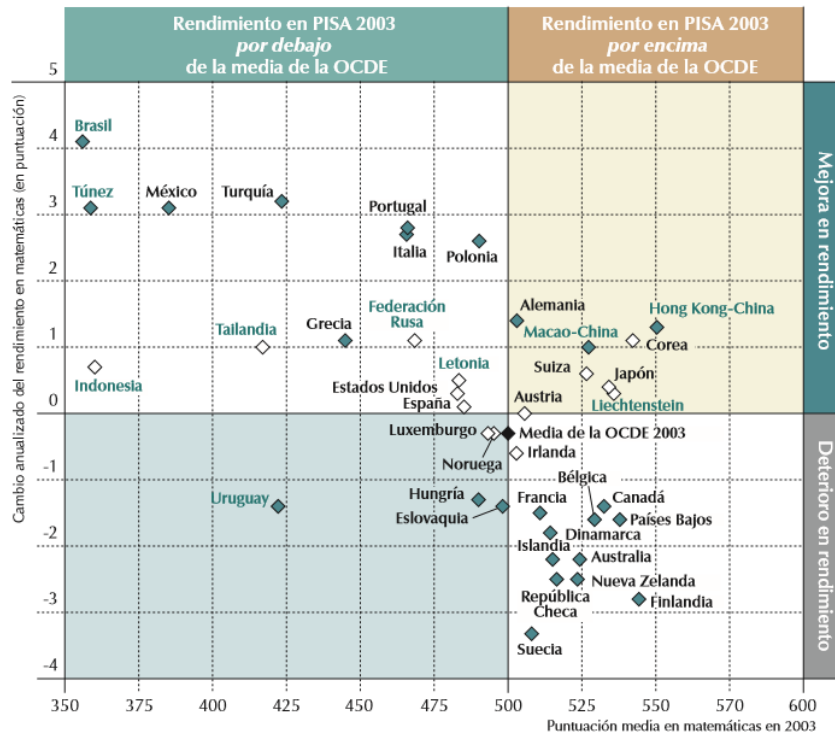
En el caso del 2006, se realizó una prueba escrita como se lo ha estado manejando previamente. En este informe se presentó de manera más detallada la manera en que se califican los exámenes, los resultados de PISA vienen en escalas de puntuación media de 500 y una desviación típica de 100 para las tres áreas de

evaluación. Como se muestra en la Tabla 2, la competencia científica tiene especial relevancia. PISA evalúa la competencia mediante unas unidades compuestas de un estímulo (tabla o gráfico) al que siguen una serie de tareas asociadas a ese estímulo común. Este rasgo característico tiene su importancia, pues permite una profundización mayor de la que se obtendría si cada una de las preguntas introdujera un contexto completamente nuevo. De este modo, el estudiante dispone de más tiempo para asimilar un material que luego puede ser utilizado para evaluar diversos aspectos de su rendimiento. (OCDE, 2007)

Mientras que en el 2009, como es el segundo año consecutivo que se analiza la lectura entonces se ve que existen mejoras de manera general y en gran medida éstas se dieron porque aumentó el nivel educativo del extremo inferior de la distribución del rendimiento, eso significa que en este periodo de nueve años se logró cerrar en alguna medida la brecha de la inequidad en conocimiento. En este año se evaluó la habilidad lectora, los conocimientos en lectura, las actitudes hacia ésta y las estrategias de aprendizaje en lectura. (OCDE, 2010)

Posteriormente en el 2012, los resultados demuestran que muchos países han mejorado su rendimiento, independientemente de su cultura o estatus socioeconómico (OCDE, 2013). Como se puede ver en la ilustración a continuación, existe movilidad en el aprendizaje es decir un gran número de países que tuvo un mal rendimiento mejoró para el 2012 pero a su vez el grupo de países que tuvo un alto puntaje en matemáticas empeoró para el último año. Pocos son los países que presentan persistencia a lo largo de ambos periodos analizados.

**Ilustración 1:** Cambio anualizado del rendimiento entre 2003 y 2012 y puntuación media en matemáticas en el 2003



**Fuente y Elaboración:** OCDE (2013)

Finalmente en el 2015, el estudio se centró en las ciencias, dejando la lectura, las matemáticas y la resolución colaborativa de problemas como áreas secundarias de la evaluación. PISA 2015 incluyó asimismo una evaluación de los conocimientos financieros de los jóvenes, cuya administración fue opcional para los países y economías (OCDE, 2016). Las pruebas PISA han sido diseñadas para evaluar a los estudiantes en tres áreas. No obstante, con la meta de comprender de una mejor forma a cada materia en el tiempo, los ciclos de PISA enfatizan un tema cada vez, como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 2:** Enfoque de pruebas PISA en el periodo 2000-2015

Año	Enfoque
2000	Lectura
2003	Matemáticas
2006	Ciencias
2009	Lectura
2012	Matemáticas
2015	Ciencias

**Fuente:** OCDE

**Elaboración:** Propia

## Contraste con Estudios Previos

Con el objetivo de anticipar los resultados, se realizó una revisión literaria de los informes de las pruebas PISA para saber cuáles variables fueron las más relevantes en el rendimiento escolar de los estudiantes para cada año, esta información fue presentada por la OCDE un año posterior a la fecha en la que los estudiantes rinden la prueba.

En el año 2000<sup>9</sup>, los principales resultados para el vector de variables del hogar son: tener padres con empleos menos prestigiosos afecta negativamente a la variable dependiente, padres con menores niveles educativos impacta de manera inversa al rendimiento educativo y, los recursos educativos y las posesiones culturales en el hogar se vinculan de manera positiva con la variable dependiente; del vector que contiene los factores educativos: asistir a una escuela cuyo nivel de clase en promedio es alto se relaciona positivamente con las notas que obtuvieron los individuos, los niños que pertenecían a escuelas con proporciones entre alumnos y maestros menores a diez tuvieron mejor notas que los demás, si alguien se encontraba en una escuela que tenga menos cantidad de alumnos era más propenso a tener buenas notas que un niño que no se identifique con esta situación, si una escuela posee una mayor cantidad de maestros con certificado universitario es más probable que las notas de esa escuela sean superior que las demás instituciones; para finalizar el vector que engloba al estudiante, la alta motivación y compromiso con el aprendizaje causan que los niños estudien más y de esa forma rindan mejor académicamente, las buenas estrategias de aprendizaje y la confianza en sí mismo representan actitudes positivas al estudio y se traducen en calificaciones superiores.

Para el 2003<sup>10</sup>, las variables más relevantes relacionadas al entorno familiar se correlacionan de manera directa con el rendimiento en las pruebas PISA y son: tener padres de alto estatus socioeconómico y nivel educativo, como se presentó en la evaluación anterior disponer de un mayor acceso a recursos escolares y culturales, hablar una lengua distinta en el hogar y recibir estimulación temprana; a su vez, los factores escolares que afectan de manera positiva a la variable dependiente son: buen ambiente escolar, alta disponibilidad de recursos escolares y gran preocupación de estudiantes por las malas relaciones entre alumnos y profesores; de igual manera, los componentes que forman parte de la percepción del estudiante van a tener como resultado buenas notas: buena percepción del estudiante sobre sí mismo y su profesor, ser estudiante extranjero con respecto al país en donde se realizó la evaluación y tener un alto índice de pertenencia de alumnos al centro, es decir que los alumnos se sienten cómodos estando en la escuela.

El tercer estudio PISA se lo empleó en 2006<sup>11</sup>, la conclusión a la cual llegan los académicos pertenecientes a la Organización Económica de Cooperación y Desarrollo es que los factores que más repercuten en las notas de las personas son los que afectan positivamente porque los negativos tienen un menor impacto, es por ello que las variables que se presentan a continuación se relacionan a de manera directa con un resultado académico exitoso. Para el vector de variables relacionadas al ambiente familiar están: conservar un mayor número de libros en el hogar, venir de padres con un buen nivel educativo, disponer de un

---

<sup>9</sup> (OCDE, 2001), Primeros Resultados del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) 2000 de la OCDE.

<sup>10</sup> (OCDE, 2004), Informe PISA del 2003: Aprender el mundo del mañana.

<sup>11</sup> (OCDE, 2007), Informe PISA del 2006: Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura.

menor número de hermanos y tener una mejor nutrición; entre el conjunto de componentes escolares se encuentran: poseer profesores que infunden criterios de tolerancia y valores similares, pertenecer a una escuela que destine más recursos a la infraestructura y tener decanos que se interesen en la metodología de los profesores; en el vector de las características del estudiante aparecen: la disponibilidad de adquirir conocimientos y habilidades y, la disposición de buscar información más allá de lo requerido.

A pesar que en el 2009<sup>12</sup> es el segundo año consecutivo que se enfatizó la lectura los constituyentes fueron distintos que los del año 2000. En el conjunto de propiedades enlazadas a su hogar se reconocen: los hijos de padres que les dedican más tiempo afecta positivamente a la variable dependiente, venir de un hogar que posee mayores ingresos impacta de manera directa al rendimiento educativo, tener un padre que se queda en casa acompañando al estudiante en las tareas se vincula de manera positiva con la variable dependiente; en el vector que concierne los factores educativos: participar en clases extracurriculares se relaciona positivamente con las notas que obtuvieron los individuos, los niños que contaban con libros de texto que despierten mayor interés en ellos tuvieron mejores notas que los demás, un niño que recibe métodos de enseñanza que fomenten la experimentación es más propenso a tener buenas notas que un niño que no se encuentre en esa situación; para finalizar el vector que engloba al estudiante, la tendencia positiva hacia las clases causa que los niños estudien con mayor ahínco y rindan mejor académicamente, el sentido de pertenencia y un mayor tiempo destinado al estudio fuera de la escuela representan situaciones positivas para el estudio y se traducen en calificaciones superiores.

El proyecto PISA 2012<sup>13</sup> presentó las variables con mayor repercusión en los estudiantes que rindieron la prueba internacional en ese año; con respecto al entorno familiar: los padres que tienen grandes expectativas de sus hijos y se involucran en el ámbito escolar, como los que colaboran con sus tareas, van a reforzar la confianza en ellos y eso hará que los niños presten más atención a sus clases; disponer de profesores titulados, tener una buena relación profesor-estudiante y tener maestros que además de dar clases brinden enseñanzas de vida favorecen el resultado educativo; de igual manera, los componentes que forman parte de la percepción del estudiante van a tener como resultado buenas notas: sentirse bien en la escuela y mostrarse abierto al aprendizaje mientras que, la falta de puntualidad del estudiante y el absentismo escolar van a impactar negativamente a la parte académica de los individuos.

El último estudio del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes fue publicado en el año 2015<sup>14</sup> en donde se presentaron los siguientes resultados: una mayor exposición temprana a la enseñanza, mayores recursos destinados a la educación y un buen entorno familiar son los pilares que componen el vector de las variables relacionadas al ambiente familiar y producen un resultado positivo en el rendimiento educativo; entre el conjunto de componentes escolares se encuentran: mayor asistencia a clases y encontrarse envuelto en algún club de la escuela se traducen en notas superiores para los estudiantes pero pertenecer a una escuela socioeconómica desfavorecida y el absentismo laboral por parte

---

<sup>12</sup> (OCDE, 2010), Informe PISA del 2009: Tendencias del aprendizaje y cambios en los rendimientos del estudiante.

<sup>13</sup> (OCDE, 2013), Informe PISA del 2012: Lo que los alumnos saben a los 15 años y lo que pueden hacer con lo que saben.

<sup>14</sup> (OCDE, 2016), Informe PISA del 2015: Resultados Clave.

de profesores y autoridades generan resultados negativos para la escuela y sus colegiales; en el vector de las características del estudiante aparecen: una gran cantidad de tiempo empleado en el estudio, motivación por estudiar y sentir que la educación es personalizada van a generar que los niños tengan buenas notas.

## 7. Estado del Arte

En la tesis “Estimación de la función de producción de la educación para el Ecuador mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios utilizando la base SERCE del 2006” se tiene como objetivo buscar los mecanismos que se relacionan con el proceso del aprendizaje de los niños y cómo se relacionan con el rendimiento académico de ellos (Grijalva Espinosa, 2015). Se estima mediante una función de producción de la educación que es la combinación de insumos y como resultado está el logro académico. Para esta estimación, se empleó la base de datos del Segundo Estudio Comparativo Internacional realizado por la Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura en América Latina y el Caribe.

El estudio mencionado previamente tuvo como resultados que la determinante que tiene una mayor repercusión en el logro educativo de los niños se va a relacionar con el ambiente socioeconómico de la familia y las capacidades innatas del niño, a su vez también se encontró una fuerte correlación con las características del profesor y su método de enseñanza.

Una disertación que desea buscar las razones por las cuales los niños van a las escuelas públicas en sus primeras etapas es de Barragán Orellana (2015), en la cual se establecen las cinco principales características socioeconómicas relacionadas con la probabilidad de que los niños a niveles iniciales asistan a una escuela pública. Para la realización de ésta, se utilizó un modelo probit y como insumo se uso la base de Datos de Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) generada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Los principales resultados que surgen de esta investigación son: con respecto al sexo, no existen muchas disparidades debido a que los hombres y las mujeres tienen mismas oportunidades y probabilidades de acceso; la pertenencia a un grupo étnico minoritario corresponde a una mayor participación en el sistema educativo inicial debido a que los programas en el 2013 estaban focalizados en los grupos vulnerables y a medida que aumenta la edad del infante, aumenta la probabilidad que se encuentre envuelto en un sistema educativo.

Con respecto a su contexto familiar, la variable “ presencia de hermanos menores de 18 años ” influye negativamente en la posibilidad de asistencia porque los padres entran en el dilema de a qué hijo enviar a

la escuela por los costos que esto conlleva; los hijos con madres que trabajan y presentan una estructura monoparental, tienen una mayor posibilidad de asistencia; el área rural demostró desventaja con respecto al área urbana para el acceso a la educación y, finalmente, los antecedentes familiares repercuten en esta decisión porque los hogares de ingresos medios y altos tienden a preocuparse e invertir en la educación de sus hijos con respecto a los estratos socioeconómicos bajos.

La investigación “Determinantes de la demanda por educación privada en Quito en el periodo 2000-2008” (Cobo Montalvo, 2009) se enfoca en el análisis de la educación privada de Quito y qué factores van a afectarla, así como las causas que llevan a los mismos a elegir un instituto privado. La unidad de análisis que se toma en cuenta es el colegio Hontanar y los determinantes que diferencian a los tipos de demanda. Las principales conclusiones es que la formación académica y los valores son los que más afectan a la demanda de escuelas privadas en Quito para ese periodo de tiempo. Los padres inicialmente buscan una institución que les aporte un buen nivel de conocimiento pero al unisono que les instruya en valores cívicos y sociales.

Se evidencia que los principales factores que repercuten a la educación en Ecuador para el año 2003 son contundentes en la disertación de Llerena Pinto (2006), fue indudable que no existió una política educativa con enfoque de inclusión efectiva a causa de que los grupos minoritarios tienen dificultades en el acceso a la educación. La población rural se relaciona negativamente con la variable dependiente a su vez que la pobreza, en este sentido el costo de oportunidad juega un rol importante debido a que a medida que aumentan los años de las personas se vuelve más costoso la inserción en el sistema educativo porque pueden estar percibiendo un salario en el mercado laboral en vez de estar estudiando.

En la tesis de Pérez Benítez (2014), se tiene como propósito identificar qué variables van a definir el avance y la deserción escolar del nivel primario y secundario, se tiene como insumo la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. A breves rasgos, se usa la teoría de la educación y del capital humano, las externalidades de la educación, los determinantes de las decisiones en educación y la metodología del modelo econométrico Probit (la variable dependiente es el abandono escolar).

Las principales variables para el análisis de los resultados son: si se tiene una relación directa con el trabajo es decir éste incrementa la probabilidad de deserción escolar, si el individuo evaluado es soltero tiene una menor probabilidad de deserción, ser mujer aumenta la probabilidad de deserción, si se pertenece al área urbana existe una menor probabilidad de desertar a la educación, a medida que aumentan los años de escolaridad aumenta la probabilidad de deserción debido al costo de oportunidad que esto conlleva y no ser hijo del jefe de hogar incrementa la probabilidad de deserción a instituciones educativas.

## 8. Metodología

En esta sección del documento se describirá la herramienta metodológica que se va a usar para respaldar el argumento planteado en la sección de la introducción. Una vez revisada la literatura acerca de la relevancia de la educación para la generación de capacidades y para la acumulación del capital humano, es necesario contar con evidencia empírica para demostrar la hipótesis planteada. La lógica inductiva se define como un método para justificar la aceptación o rechazo de una hipótesis con un nivel de probabilidad que va a estar respaldado con la evidencia empírica que contribuya a ésta (Figueroa, 2012).

El método planteado por el autor va a ser inductivo debido a que la hipótesis que se plantea es: “Los estudiantes tienen bajas notas en las pruebas PISA debido a factores externos relacionados con su entorno escolar y a su hogar” (Ammermueller, 2004), se va a sustentar con una probabilidad, mientras exista un mayor número de argumentos es más probable que este caso se cumpla. En este documento se parte de unos supuestos que tienen como premisa la evidencia empírica de la hipótesis y se concluye la intensidad con la que los datos y el método la respaldan.

El alcance de esta investigación es descriptivo debido a que se considera un fenómeno, en este caso, el rendimiento académico de los estudiantes medido en notas como la prueba PISA, se ven afectados por factores externos a ellos y variables inobservables. Los conceptos que se contrarrestan en esta disertación son variables que miden el desenvolvimiento de los alumnos, variables que miden las características de los hogares y variables que resuman los atributos de los países.

Del mismo modo, se pretende buscar una inferencia correlacional, es decir asociar la relación lineal que existe entre ciertas determinantes relacionadas con el entorno de los estudiantes y su rendimiento en las pruebas PISA durante los años 2000-2015. No se habla acerca de causalidad debido a que existen variables no observables que no van a ser tomadas en cuenta en el modelo y van a repercutir en los resultados, como por ejemplo el costo de oportunidad de dejar de ir a clases para insertarse en el mercado laboral.

En trabajos similares a éste, la alternativa que se usa para determinar la calidad de educación e intenta reducir problemas econométricos inherentes a la función de producción se lo llama “Modelo de Valor Agregado” en donde la variable dependiente es la tasa de aprendizaje a lo largo de un periodo (el cambio en la nota). Los beneficios de este modelo es que elimina variables inobservables o difíciles de medir que influyen la historia previa de los insumos provistos por los padres y en las escuelas. En esta disertación, sí se podría usar este método debido a que se requiere de la comparación de las notas en prueba PISA a través del tiempo y se va a tomar como muestra los países, pero no se lo tomará en cuenta debido a que no corrige la correlación que existe entre las observaciones por encontrarse agrupadas.

Por otro lado, se suele utilizar el método de “Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)”, que es una herramienta para estimar los parámetros que no se conocen para un modelo de regresión lineal. Este método va a minimizar las distancias (se refiere a las áreas al ser elevadas al cuadrado) entre los valores provistos por el modelo y los valores en la realidad. Este modelo debe cumplir con cinco supuestos clásicos para poder aplicarlo: linealidad de los parámetros, no multicolinealidad perfecta, exogeneidad (no debe existir relación entre las variables independientes y el error de estimación), errores esféricos que relaciona a la homocedasticidad (misma varianza entre los errores de estimación) y no correlación serial (los errores no deben estar relacionados entre sí) y el error debe seguir una distribución normal. (Wooldridge, 2006)

No obstante, solo se puede analizar varias observaciones en un año determinado, es por ello por lo que a su vez se suele utilizar el estimador “Pooled” por MCO, sirve para tener un modelo lineal estático para datos de panel, el supuesto más importante es suponer que los errores son exógenos y es por ello por lo que deberán usarse errores estándar robustos. (Colin Cameron & Trivedi, 2005)

Para la realización de esta tesis, se va a utilizar datos de panel de los países que participan en las pruebas PISA, como ya se explicó antes las materias se van a resumir en un componente para así tener la variable dependiente y luego se efectuará un análisis multinivel lineal, que suele usarse comúnmente cuando se estudian conglomerados e individuos que se encuentran agrupados en un clúster. Así, inicialmente podemos ver el comportamiento de las determinantes de la educación con el aprendizaje de los estudiantes medido en notas de pruebas PISA.

En las ciencias sociales, médicas y biológicas, las estructuras multinivel o jerárquicas son la norma. Los ejemplos incluyen individuos anidados dentro de áreas geográficas o instituciones (por ejemplo, escuelas o empleadores), y observaciones repetidas en el tiempo sobre individuos. Cuando los individuos forman grupos, podemos esperar que dos individuos seleccionados al azar del mismo grupo tenderán a ser más parecidos que dos individuos seleccionados de diferentes grupos, eso rompe con el supuesto de independencia de las unidades (Steele, 2005). Es por ello por lo que este método analiza por nivel a las unidades y luego usa parámetros fijos para ser añadidos en los niveles más agregados.

Se pueden resumir las variables en tres grupos principales: características de los individuos o estudiantes, características de las escuelas, y características del país; y como variable independiente las notas que obtuvieron los adolescentes en matemática, lenguaje y ciencias reducidas en un componente. La función de producción de educación para estimar se la muestra en la siguiente fórmula:

**Ecuación 3:** Función de producción de la educación

$$R_{ij} = \beta_I I_{ij} + \beta_E E_{ij} + \beta_P P_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

**Fuente:** Harris, D. N. (2010). Education Production Functions: Concepts. United States: Elsevier.

**Elaboración:** Propia

Donde la  $R_{ij}$  es el desempeño académico del estudiante  $i$  en la país  $j$  medido en las pruebas PISA,  $E_{ij}$  es el vector que va contener las características de los individuos y sus familias,  $E_{ij}$  es el vector que contiene las características de las escuelas y profesores,  $P_{ij}$  es el vector con las características de los países,  $\varepsilon_{ij}$  es el término del error y  $\beta_E, \beta_P, \beta_I$  corresponde al vector que contiene a los parámetros que van a ser estimados.

Esta disertación desea ver las determinantes que repercuten en el rendimiento escolar de los adolescentes de 15 años en los países que dan las pruebas PISA en el periodo 2000-2015. Un estudio de caso se define como un estudio a profundidad de una sola unidad, en donde el investigador busca revelar características de un fenómeno similar de tipo más amplio (Gerrings, 2004). El tipo de estudio que se va a realizar es el tercero debido a que combina el análisis temporal (periodo 2000-2015) y el análisis dentro de las unidades (país, escuela y estudiante).

Esta disertación se va a basar en estudios empíricos acerca del análisis de las determinantes del rendimiento de los estudiantes en las pruebas PISA en distintos países. La población por estudiar son los países que rinden las pruebas PISA, de ahí se extrajo la muestra (escuelas de los países que rinden las pruebas PISA) y la unidad de análisis son los estudiantes de 15 años en los países que van a realizar las pruebas PISA durante el periodo 2000-2015.

Se eligieron esas unidades debido al método estadístico y econométrico que se requiere realizar que va a tratar de medir el rendimiento en la población establecida, tratando de eliminar el sesgo que causan las demás. Lamentablemente este experimento solo toma en cuenta las variables observables y medibles que nos otorga la disponibilidad de los datos. Es decir, van a existir causas exógenas que van a afectar a que los resultados se cumplan siempre, pero en los supuestos del modelo se establecerá en qué condiciones se podrá lograr llegar a esa conclusión.

El tipo de investigación que se va a realizar es cuantitativo ya que busca respaldar la hipótesis previamente planteada con datos como sistemas de datos y el uso de una herramienta de análisis estadístico y econométrico. Este método es de análisis de panel de datos en el cual no se busca una relación causal sino una correlación entre las determinantes y el rendimiento académico. La limitación de este estudio radica en que el análisis solo se puede realizar con variables observables cuantificables y a las cuales se tenga acceso en las bases de datos.

De manera más específica, dado que PISA tiene un diseño complejo de dos muestras estratificadas, se debe utilizar a su vez las ponderaciones equilibradas proporcionadas en los datos para compensar las diferencias en las probabilidades de selección de los estudiantes. Estas estimaciones proporcionan el efecto de cada una de las variables independientes en la media condicional de la distribución de las puntuaciones (Santos, 2007). Para el estudio de esta disertación se partió de la base de datos que provee la OCDE en la que se encuentra los resultados de las pruebas PISA cada 3 años a partir del 2000 para los países que aceptaron ser evaluados con este método.

Hasta el 2012, existían cinco archivos de datos principales: el archivo de datos del cuestionario del estudiante (que también incluye estimaciones del rendimiento de los estudiantes y los datos de los padres-cuestionarios), un archivo de datos de elementos cognitivos, el archivo de datos del cuestionario escolar, el archivo de datos del cuestionario del profesor y un archivo con datos de temporización del cuestionario.

A su vez, en la evaluación para 2018 se incorporó contenido de educación financiera que comprende las áreas de conocimiento y comprensión que debe ser utilizado para realizar una tarea particular. Las cuatro áreas de contenido para PISA: dinero y transacciones, planificación y gestión financiera, riesgo y la recompensa, y el panorama financiero. Debido a que aún no existe la disponibilidad de estos datos no se evaluará este tema en la disertación.

## 9. Variables seleccionadas de pruebas PISA

El análisis que se hace en este escrito es de quince años, entonces inicialmente solo se toman en cuenta las variables que han permanecido a través de todo este periodo o con variables equivalentes. De los cinco cuestionarios globales que provee PISA, se escogió el del estudiante y de la escuela debido a que son los únicos que se toman en todos los países por los tres lustros consecutivos, el cuestionario de padres, el del profesor y el cognitivo se suele tomar cada seis años. Con respecto a los países se realizó un trabajo similar ya que se seleccionó los países que dieron en todos los años mencionados la prueba y el resultado dio treinta y ocho países. Seguidamente se muestran las variables seleccionadas para los dos cuestionarios mencionados previamente.

**Tabla 3:** Variables seleccionadas de cuestionarios PISA 2000-2015

<b>Cuestionario Estudiante</b>	<b>Cuestionario de la Escuela</b>
País en donde el alumno rindió el examen	País en donde el alumno rindió el examen
ID Escuela donde alumno dio examen	ID Escuela donde alumno dio examen
ID Estudiante que rindió el examen	Número total de niños
Grado al que pertenece el estudiante	Escuela pública o privada
Mes de nacimiento del estudiante	Número de computadoras disponibles

<b>Cuestionario Estudiante</b>	<b>Cuestionario de la Escuela</b>
Año nacimiento del estudiante	Escasez de personal educativo
Sexo del estudiante	Ratio estudiantes profesor
Grado educativo más alto de la madre	Proporción de profesores con título de tercer nivel
Grado educativo más alto del padre	Proporción de profesores certificados
Número de libros en la casa del estudiante	Proporción de niñas
Se habla el idioma del país u otro en casa	Lugar de escuela
El estudiante disfruta leer	Año en el que el estudiante hace la encuesta
<b>Recursos educativos en casa</b>	
Índice el estado ocupacional más alto de los padres	
Año en el que el estudiante rindió la encuesta	

**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

A su vez, se seleccionaron una serie de variables de los países para poder así comparar resultados de estudiantes, de escuelas y de países y poder afirmar si existe una correlación entre estas tres unidades de análisis. Las variables a nivel de países que se eligieron son las siguientes: gasto educativo como porcentaje del PIB, tasa de crecimiento del PIB, PIB per cápita PPA (paridad de poder adquisitivo), PIB PPA, gasto en salud como porcentaje del PIB, índice de desarrollo humano, inflación y el tipo de país según el nivel de ingreso clasificado por el Banco Mundial.

## **10. Datos de Panel**

Los datos que provee la OCDE para PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiante) se generan cada tres años porque cada prueba se toma en ese lapso, e inicialmente comenzó con un grupo de países que a lo largo del periodo 2000-2015 han ido incrementando. La unidad de medida que presentan son los estudiantes, pero para poder realizar un análisis en el tiempo se escala a nivel de países debido a que los estudiantes no permanecen en el tiempo ni tampoco las escuelas.

El término “datos de panel” se usa para una variedad de situaciones en econometría. Se refiere a cualquier conjunto de datos que tiene observaciones repetidas en el tiempo de los mismos individuos. Los individuos pueden ser considerados: trabajadores, casas, firmas, industrias, regiones, o países, etc. Existe un mayor interés en los datos que tienen como unidad a los países debido a que pueden presentar variación exógena en las instituciones o políticas entonces eso hace más simple identificar parámetros de interés económico. La facilidad que brinda los análisis con datos de panel es la posibilidad de seguir a los mismos individuos en el tiempo que facilita el análisis de los efectos dinámicos y el control de la heterogeneidad inobservada. (Arellano, 2004)

## *Heterogeneidad no observada*

El interés econométrico que presentan los datos de panel, de manera especial en aplicaciones microeconómicas, se resume en dos tipos de motivaciones: controlar la heterogeneidad inobservada que se mantiene fija en el tiempo en los modelos de corte transversal. La segunda como manera de descomponer los elementos de la varianza y de manera más general, hacer un estudio dinámico de poblaciones transversales. (Arellano, 2004)

Existen muchas instancias en donde esperamos correlación entre las variables observables y no observables. El ejemplo más utilizado es el problema simultáneo de la oferta y demanda dado la agregación del tiempo y el equilibrio de mercado. La regresión de la cantidad en el precio no puede ser interpretada como una ecuación de demanda debido a que se espera un cambio inobservable exógeno que no solamente va a afectar al consumidor, pero también a los precios del lado de la oferta (Arellano, 2004).

Otro problema es el error de medición: si la variable explicativa que se puede observar no es una variable a la cual los agentes responden, pero el término inobservable en la ecuación de interés va a contener el error de medición el cual se va a estar correlacionado con el regresor (Wooldridge, 2006). Finalmente, puede haber una correlación entre la heterogeneidad inobservada, suele darse por variables omitidas entonces las variables independientes podrían estar relacionadas con los errores y los coeficientes de los regresores y va a sesgar los estimadores resultantes y los efectos de éstos.

Generalmente, la econometría responde a estos problemas con regresiones múltiples y modelos de variables instrumentales pero la falta de datos en las variables condicionales o en los instrumentos no permite alcanzar un buen análisis. Para poder tener buenos estimadores (de manera consecutiva resultados óptimos) se deben cumplir tres propiedades y son las siguientes: Inssegadez, consistencia y mínima varianza (Wooldridge, 2006).

## ***11. Análisis de Componentes Principales (ACP)***

El análisis de componentes principales es una de las técnicas más utilizadas en la estadística multivariada, el objetivo es extraer la información importante de las bases de datos y expresar eso en una serie de

variables ortogonales llamadas componentes principales, es decir resume toda la información en categorías y eso disminuye la dimensión de las bases de datos. (Abdi & Williams, 2010)

La finalidad de esta herramienta es extraer la mayor información posible de las bases de datos, comprimir el tamaño de información mediante la selección y analizar la estructura de las observaciones y las variables. Para poder obtener todo esto, ACP da como resultado a los componentes principales que son combinaciones lineales de las variables originales. El primer componente principal debe tener la mayor varianza posible, el segundo componente tiene la restricción de ser ortogonal al primer componente y tener la mayor inercia posible. Los demás componentes se van calculando de la misma manera. Estas nuevas categorías pueden interpretarse geoméricamente como proyecciones de las observaciones en el componente principal (Abdi & Williams, 2010).

La manera para interpretar los componentes se refleja a través de su varianza o de la proporción del total de la varianza explicada por ese factor (componente). Debido a que solo la información importante debe extraerse de la matriz de datos, es importante conocer cuántos componentes deben considerarse. Un primer procedimiento es graficar los valores propios de acuerdo con su tamaño y ver si hay un punto en este gráfico, a menudo llamado codo, tal que la pendiente del gráfico va de empinada a plana y se debe mantener los componentes que se encuentran antes del codo. Otra manera es mantener los componentes cuyo valor propio es mayor que el promedio (Abdi & Williams, 2010).

## ***12. Caracterización de población***

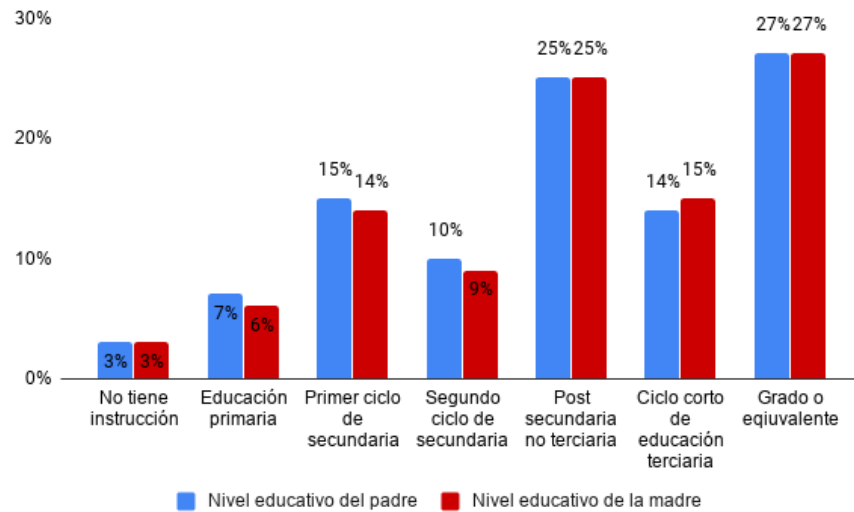
En esta sección del informe, se presentan las principales características sociodemográficas acerca de los estudiantes, de las escuelas y variables macroeconómicas de los países. Se va a describir acerca de las particularidades de cada unidad.

### ***Variables estudiantes***

Para el año 2015, los 38 países que se eligieron representan el 58% de la muestra total para ese año. Considerando el sexo, se mantiene equitativo en 50% para ambos, es decir la muestra seleccionó de manera proporcional al número de niñas y niños. En el caso de la educación de las madres, el 25% de ellas completaron el bachillerato al menos frente a un 3% que no tiene ningún tipo de escolaridad; de la misma manera, los padres que finalizaron el bachillerato son el porcentaje más representativo con 24% en comparación al 3% de progenitores que no tiene nivel de instrucción. Adicionalmente, el 29% de los

estudiantes poseen de 26 a 100 libros en su hogar y únicamente el 16% de los estudiantes tiene más de 100 libros.

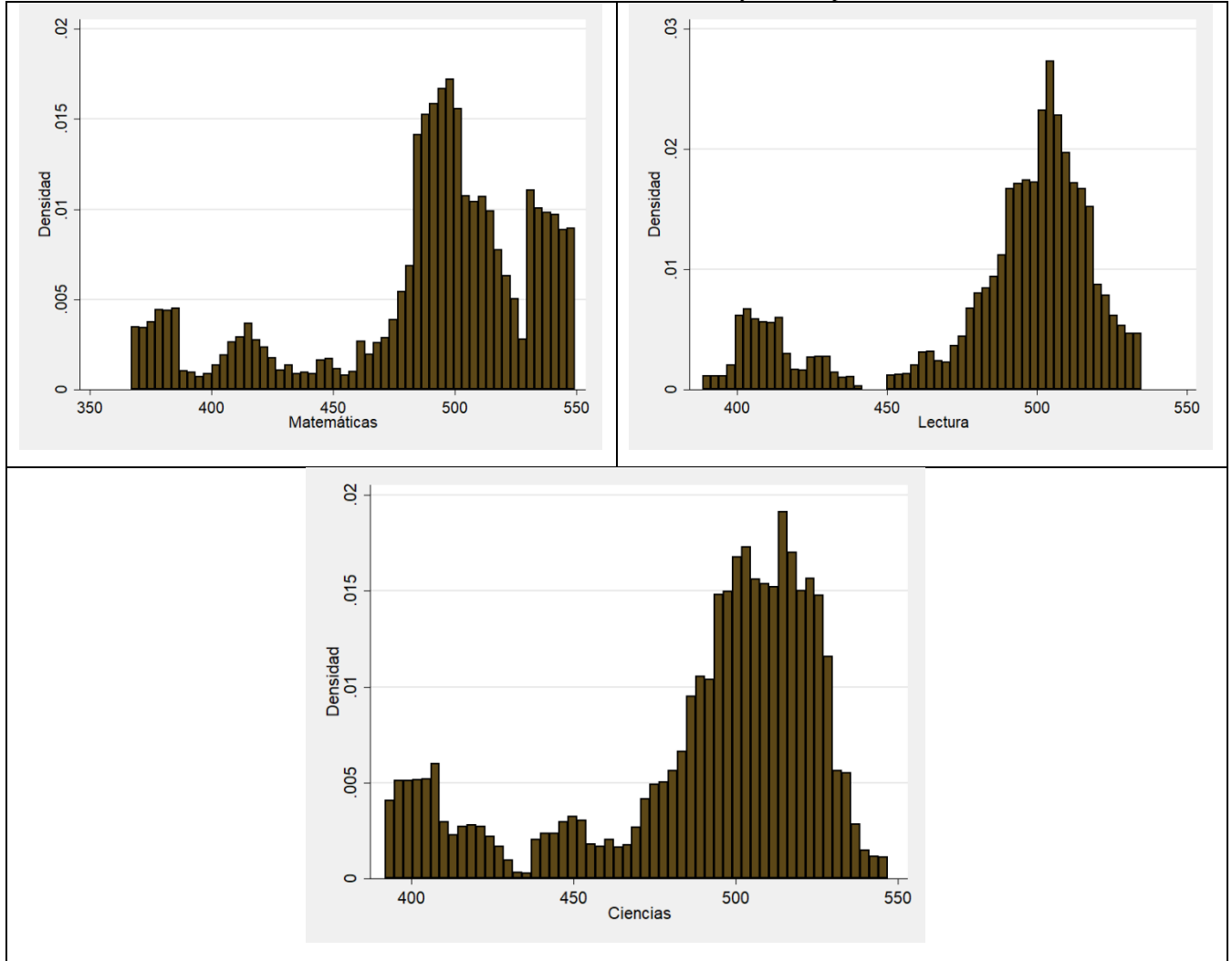
**Ilustración 2:** Nivel educativo de los padres en el 2015



**Fuentes:** OCDE PISA (2015)  
**Elaboración:** Propia

En el 11% de hogares se habla un idioma internacional, es decir un idioma alternativo al oficial del país en el cual se rindió la prueba PISA. El 57% de los niños están de acuerdo con que leer es una actividad recreativa y placentera para ellos frente a un 43% que están totalmente desacuerdo y prefieren realizar cualquier otro tipo de actividad en su tiempo libre que leer un libro. Con respecto a las notas, se puede ver en el siguiente gráfico la distribución de las tres materias principales y el componente el cual resume todas; las distribuciones de notas son asimétricas hacia la derecha y su media es alrededor de 500 puntos. Finalmente, la distribución de la edad en meses varía desde los 15 años hasta los 17 que es el plazo en el cual permite la Organización para la Cooperación y Desarrollo.

**Ilustración 3:** Distribución de notas en matemáticas, lectura y ciencias para el año 2015

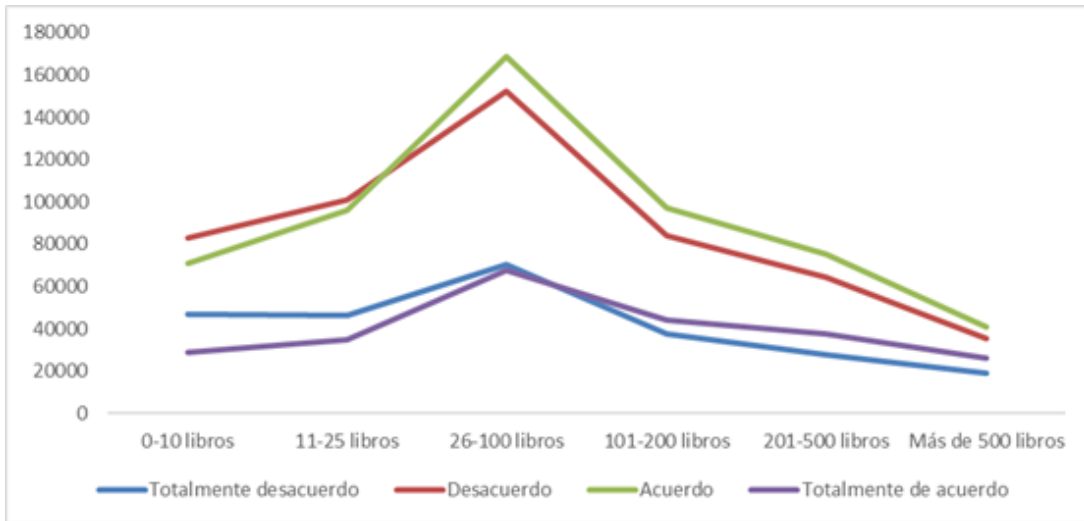


**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

En el año 2012, la prevalencia de mujeres que realizaron el examen PISA es la misma que la de los hombres con un cincuenta por ciento. Respecto a las madres que tienen bachillerato, alrededor del 50% de ellas está con una pareja que a su vez culminó este nivel de instrucción, existe una correlación entre estas dos variables del 60% es decir, las parejas tienden a formarse según el nivel de instrucción que tienen; la categoría que prevalece para ambos padres es la post - secundaria no terciaria que provee un ambiente de aprendizaje para entrar al mercado laboral tal como lo hace educación terciaria pero el nivel de complejidad y adquisición de habilidades es menor. Los estudiantes que disgustan de leer son el 36%, siendo las mujeres el sexo prevaleciente de esta afirmación de los estudiantes que les gusta leer, poseen de 200 a 500 libros mientras los que no disfrutaron de esto tienen de 26 a 100 de libros; en la siguiente ilustración se puede concluir que, a mayor gusto por la lectura, mayor número de textos se van a tener en el hogar.

**Ilustración 4:** Gusto por leer del estudiante vs. Número de libros que posee en la casa

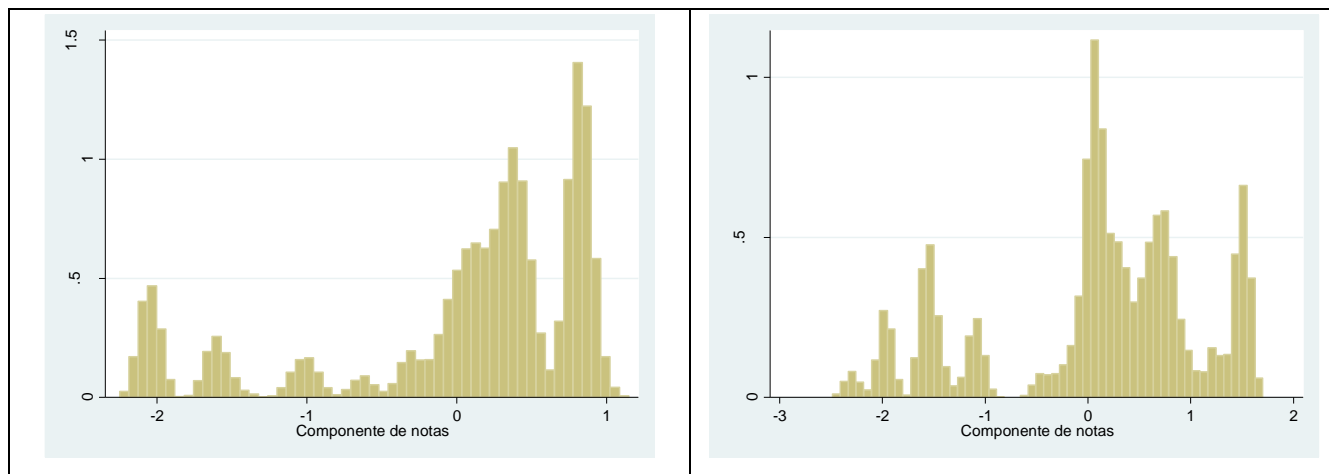


**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

Aproximadamente el 88% de estudiantes habla solamente el idioma oriundo en casa mientras que el porcentaje restante es bilingüe. Los recursos educativos (medido como índice acerca de posesión de instrumentos que van a favorecer el aprendizaje del alumno como un escritorio o un lugar silencioso para estudiar) tiene una correlación positiva del 24% con el número de libros que se poseen en el hogar. Concerniente a las notas, se puede ver que en el periodo de tres años entre las pruebas PISA cambia distribución, pero se mantiene la media en 500.

**Ilustración 5:** Distribución de componente que resume las tres materias principales en el año 2015 y 2012

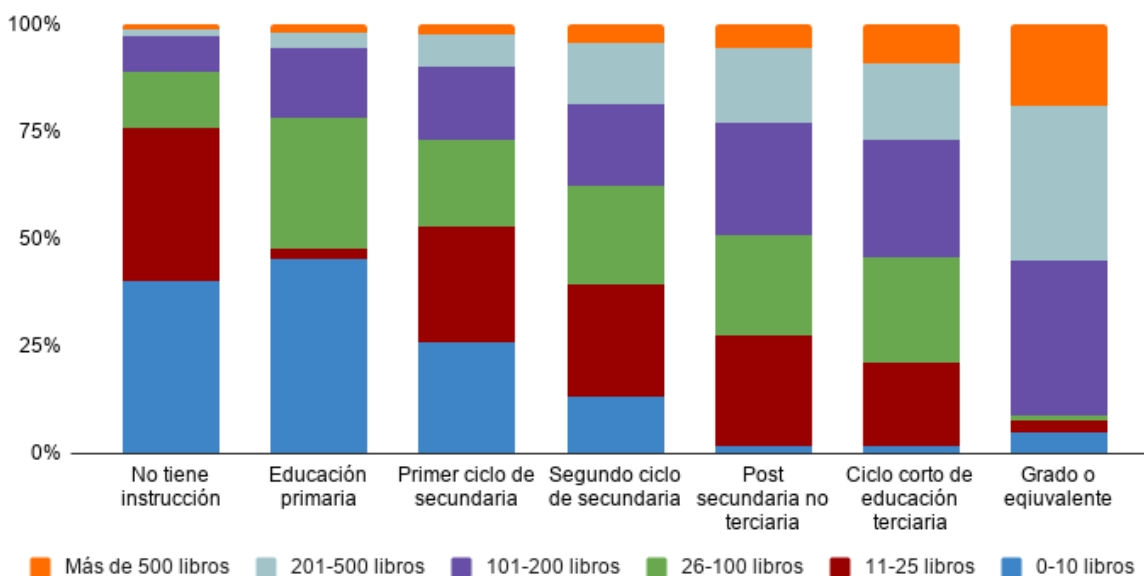


**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

Para la siguiente convocatoria de las pruebas PISA realizada en el año 2009, es equitativa la distribución en el variable sexo para el tema educativo. Existe una correlación del 39% entre el nivel de instrucción de las madres y el número de libros que existen en los hogares de los niños, la relación es positiva es decir en los niveles educativos más bajos poseen una cantidad menor a 100 libros, mientras que en los estratos altos prevalece de 200 a 500 libros; en las familias donde los padres han alcanzado un alto nivel educativo tienden a tener una cultura lectora y transmiten estos conocimientos a los niños.

**Ilustración 6:** Número de libros que poseen en casa dado el nivel educativo de la madre en el 2009



**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

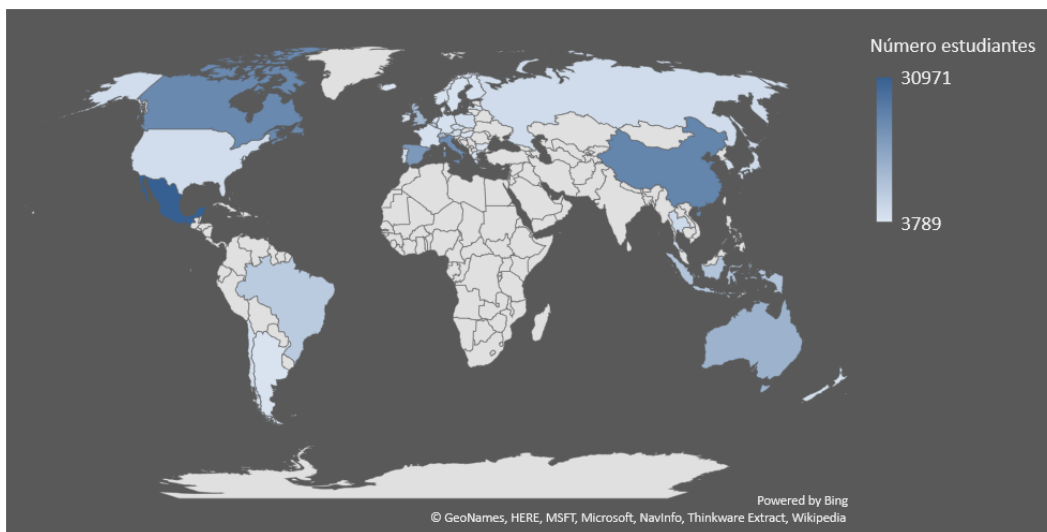
Hay un índice denominado HISEI<sup>15</sup>, el cual captura los atributos de la ocupación que pueden transformar el nivel educativo de los padres en ingreso, se elige el índice más alto entre el padre y la madre; existe una correlación del 12% entre este índice y el grado de estudiante, cabe recalcar que no todos los estudiantes se encuentran en el mismo rango educativo, es decir es más probable que el niño pase los años escolares sin ningún problema mientras mejor sea el trabajo que tengan sus padres debido a que eso requirió un mayor nivel de instrucción. De la misma manera, el índice de estado ocupacional tiene una relación directa con el componente que resume las tres materias de los niños, se puede entender tras la misma lógica que si los padres tienen mejores trabajos pueden gastar en mejores recursos educativos para sus hijos.

Para el año 2006, se realizó un gráfico de la cantidad de estudiantes que se seleccionó en cada país para que realicen las pruebas, los países de color azul son los seleccionados para la realización de esta disertación y mientras el tono sea más oscuro significa que existe un mayor número de alumnos dentro de ese país. Entre México, China, Canadá, Italia y España forman casi el 40% del total de los estudiantes seleccionados, mientras que el 74% de los 38 países seleccionados solo aporta en 1-2% al total de estudiantes.

<sup>15</sup> Highest International Socio-Economic Index of Occupational Status o El Índice Internacional Socioeconómico de Estatus Ocupacional

Considerando que el sexo, se mantiene ecuánime en 50% para ambos, es decir se escogió de manera proporcional al número de niñas y niños. Por su parte, el 70% de madres culminaron por lo menos la etapa educativa de bachillerato frente a un 5% que no tiene ningún tipo de escolaridad; de la misma manera, los padres que acabaron el bachillerato son el porcentaje más representativo con 71% en comparación al 5% de progenitores que no sujeta nivel de aprendizaje. Adicionalmente, el 30% de los estudiantes poseen de 26 a 100 libros en su hogar y el 40% de los estudiantes tiene más de 100 libros.

**Ilustración 7:** Número de estudiantes distribuidos en países seleccionados en el 2006



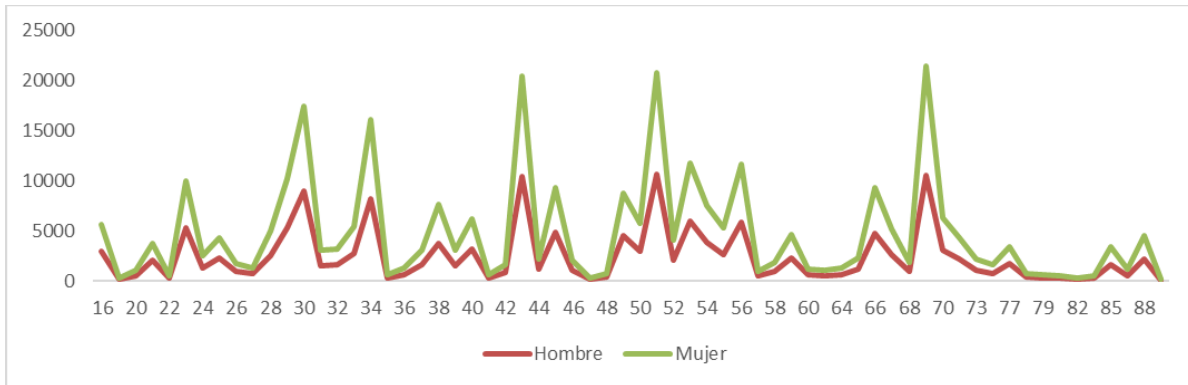
**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

Aproximadamente, en el 12% de hogares se habla un idioma internacional distinto al oficial en el país en el cual se realizó el examen PISA. El 44% de los alumnos concuerdan con que la lectura es una actividad amena y divertida frente a un 56% que están totalmente desacuerdo y antepone otro tipo de actividad en su tiempo libre. Con respecto a las notas, hay una relación positiva entre el componente que resume a las notas y la variable previamente mencionada (si al estudiante le gusta leer), entonces cuando los niños eligen leer por gusto van a mantenerse informados y eso repercute indirectamente en sus notas.

Se puede ver en el siguiente gráfico la distribución de las tres materias principales y el componente el cual resume todas; las distribuciones de notas son asimétricas hacia la derecha y su media es alrededor de 500 puntos. El índice de estado ocupacional de acuerdo con el sexo se presenta en el siguiente gráfico, la distribución no es continua y tiene algunos picos donde se condensan los valores máximos, los padres de las niñas tienen mejores trabajos que los familiares de los niños varones.

**Ilustración 8:** Índice de estado ocupacional dividido por sexo de estudiantes en el 2009

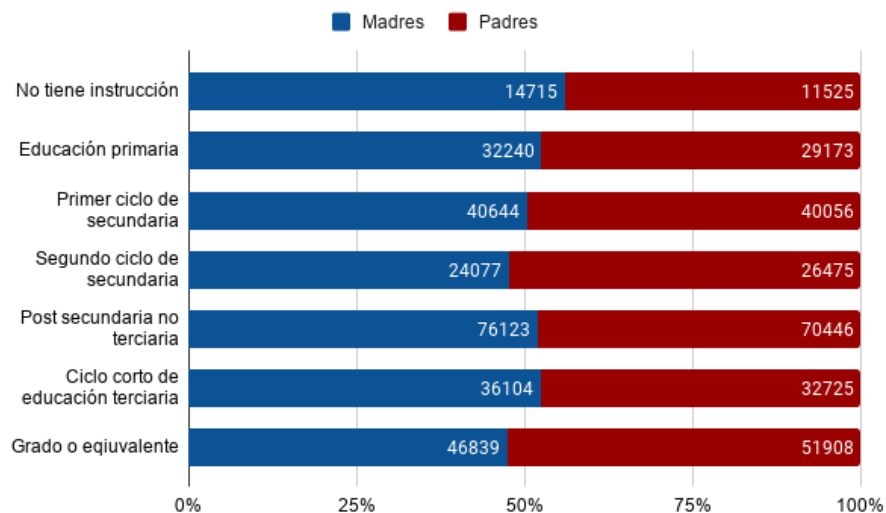


**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

Para el 2003, se mantiene equiparado el porcentaje de mujeres y hombres que realizaron los exámenes internacionales. Respecto al nivel educativo, en el gráfico presentado a continuación podemos divisar que mientras aumenta el nivel educativo, existe un mayor número de frecuencia de observaciones en los grupos, grosso modo un 70% de los padres en el 2003 tiene un título por lo menos de bachiller. Se dividió a los estudiantes por edades medidas en años y surgen tres grupos: 15,16 y 17 años; los de 16 y 17 años son quienes más prefieren leer, pero de manera global casi el 60% de los estudiantes prefiere leer de manera espontánea y la minoría restante opta por efectuar algún otro tipo de diligencia en su tiempo de ocio. A su vez, los adolescentes entre 16 y 17 son los que tienen una mayor cantidad de libros en su casa, el 40% tiene más de 100 libros mientras que para los jóvenes de 15 años no es primordial la tenencia de textos.

**Ilustración 9:** Nivel educativo de madres y padres de estudiantes en el 2003



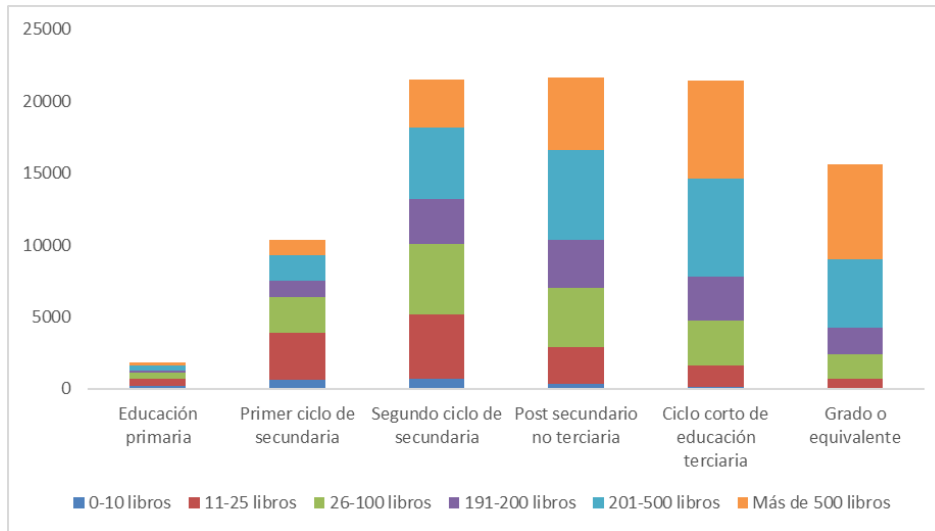
**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

Aproximadamente el 92% de estudiantes dialoga en la lengua nativa en su casa mientras que el porcentaje restante es bilingüe. El índice que resume a los recursos educativos medido como la tenencia de herramientas o mecanismos que van a mejorar las enseñanzas del estudiante como libros de texto, calculadora, diccionarios, etc., tiene una relación del 15% con el componente que resume a las notas en los 6 años analizados, eso significa que mientras se tenga un mejor ambiente y los instrumentos necesarios los niños van a poder asimilar de mejor forma lo aprendido en clases. Pero para el año 2003 arroja una correlación de -18% es decir tener recursos educativos en casa disminuía la probabilidad de tener buenas notas.

Para la convocatoria inicial de las pruebas PISA realizada en el año 2000, existe una relación del 35% entre el nivel educativo de las progenitoras y el número de libros que tienen los niños en los hogares, la relación al ser positiva quiere decir que en los niveles educativos más bajos poseen una cantidad menor a 100 libros, mientras que en los estratos altos prevalece de 200 a 500 libros; esto puede darse porque al tener un mayor nivel educativo tienen mejores trabajos y mejores ingresos por eso pueden adquirir una mayor cantidad de libros y de la misma forma valoran más estos bienes.

**Ilustración 10:** Nivel educativo de madres y número de libros que poseen en la casa en el año 2000



**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

El índice de estado ocupacional tiene una correlación del 50% con el nivel educativo de ambos padres, eso refuerza la afirmación que se dijo en el párrafo anterior debido a que mientras los mejores puestos de trabajo van a tener las personas más especializadas y que hayan seguido un mayor camino en el sistema educativo. La relación de este índice con el grado en el que se encuentra el estudiante es del 13% esto implica que las familias mejor acomodadas van a tener más dinero para invertir en una gama de herramientas (mejor alimentación, educación más cara, profesores privados, etc.) que va a dar como resultado en que el niño pase de grado sin problema alguno. Finalmente, el último argumento es que el índice de estado ocupacional tiene una relación directa del 12% con el componente que resume las 3 materias de los niños, se puede entender tras la misma lógica que si los padres tienen mejores trabajos pueden gastar en mejores recursos educativos para sus hijos.

## Variables escuelas

En el año 2015 se reporta que el 8% de las escuelas en las cuales se realizaron las pruebas PISA se encuentran en una villa<sup>16</sup>, el 20% se localiza en un pueblo pequeño<sup>17</sup>, este mismo dato se repite para los residentes de grandes ciudades<sup>18</sup>, un 23% habita en las ciudades<sup>19</sup> y el 30% en un pueblo<sup>20</sup>. De las escuelas públicas, el 86% de ellas no permite que los directores o profesores intervengan en el establecimiento de

<sup>16</sup> Existen menos de 3000 habitantes.

<sup>17</sup> Tiene entre 15 000 a 100 000 habitantes.

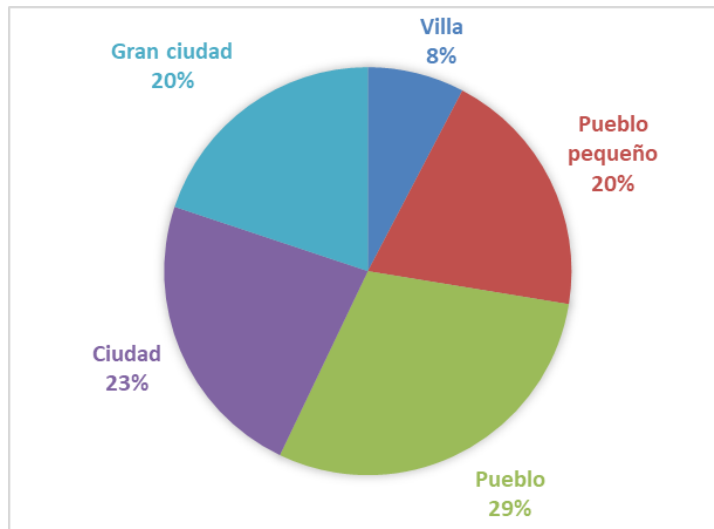
<sup>18</sup> Comprende más de 1 000 000 de personas.

<sup>19</sup> Entre 100 000 y 1 000 000 de pobladores.

<sup>20</sup> De 3000 a 15 000 moradores.

salarios mientras que el 14% si lo accede; por otra parte, en las escuelas privadas, el 55% de estas instituciones no permite que las autoridades intervengan en los temas salariales.

**Ilustración 11:** Lugar en el que se encuentra escuela en el año 2015

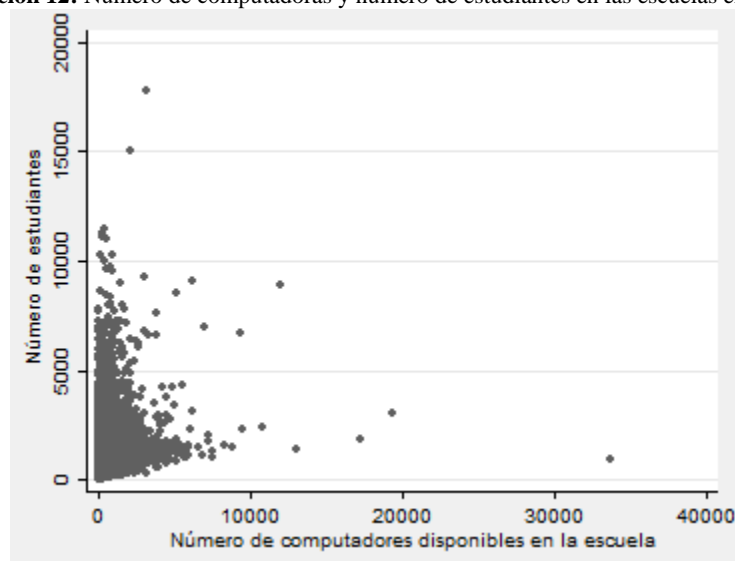


**Fuentes:** OCDE PISA  
**Elaboración:** Propia

La media de la variable escasez de personal educativo para el año 2015 es de 0,01 con una desviación estándar de 0,001. Este índice se creó en función a cuatro variables: falta de personal educativo, personal inadecuado o poco calificado, la no asistencia a clases del personal y personal de apoyo poco calificado; valores más altos en el índice indican una mayor escasez de personal educativo. Esta variable se correlaciona de manera negativa con la proporción de profesores certificados y la proporción de profesores con título universitario, mientras los profesores no sean certificados o no posean un título de tercer nivel va a reforzar que el índice sea mayor porque se relaciona con una menor calidad educativa.

Del total de escuelas a las cuales se les realizó la prueba PISA en el 2012, existe un mayor número de niñas en ciertas escuelas, pero a nivel global no hace la diferencia porque el sexo femenino representa el 50%. El número de computadoras se relaciona en un 34% con el número de estudiantes, el caso óptimo sería el 100% para que así cada estudiante pueda tener su propia computadora y arraigarse en el proceso del aprendizaje de una mejor forma. La ratio de estudiante profesor sigue una distribución normal con media de 15,17, desviación estándar de 9,04 y va de 0 a 100; como la mediana es 13,33 es asimétrica hacia la derecha.

**Ilustración 12:** Número de computadoras y número de estudiantes en las escuelas en el 2012



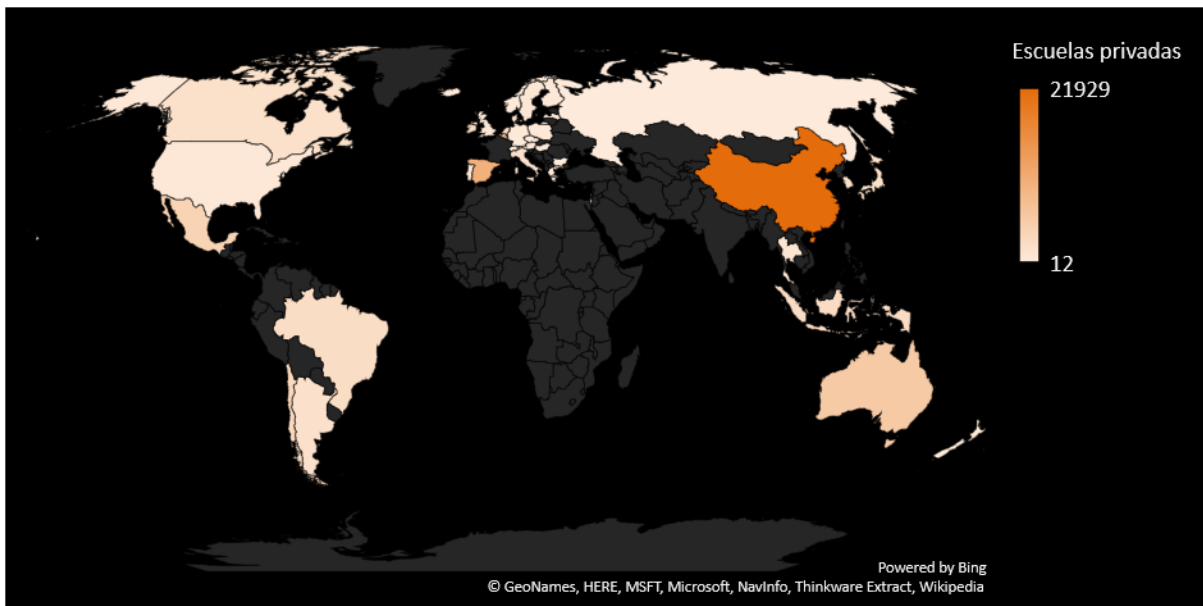
**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

La proporción de niñas para ese año tiene una media de 0,5 con una desviación estándar de 0,16 como ya se ha presentado en párrafos anteriores para todos los años, se encuentran en el análisis el mismo número de niñas que de niños. Existe una correlación negativa entre la proporción de profesores con certificados y la proporción de profesores con título universitario; a primera instancia se sabe que es más probable que una persona con título universitario es más propensa a certificarse porque tiene acceso a esta información y es presumible que tenga el financiamiento para hacerlo, pero en este año estas dos variables funcionaron como bienes sustitutos es decir los profesores que no tenían título prefirieron buscar otro tipo de educación como son las certificaciones.

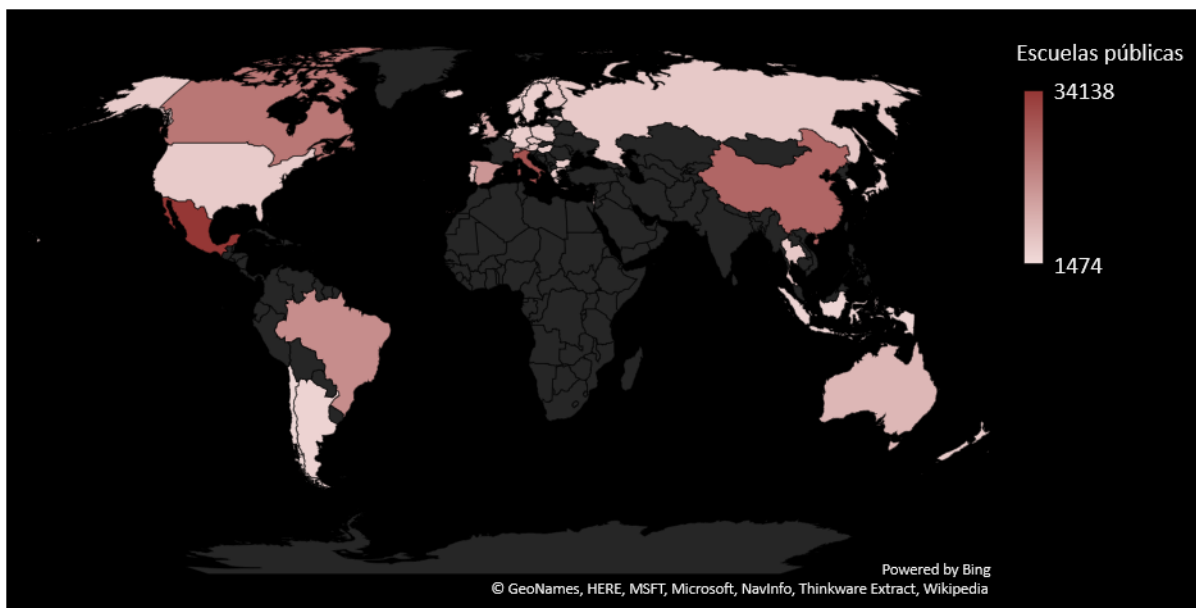
Por lo que concierne al tipo de escuela para el año 2009, se presenta el país y el número de escuelas públicas y privadas que tiene cada uno. La muestra que se obtuvo se conforma de un 65% de países de ingreso alto, 34% de países de ingreso mediano alto y 1% de países de ingreso mediano bajo. De las escuelas públicas; México, Italia, China y Canadá son quienes poseen alrededor del 40% de este tipo de educación. Mientras que, España, Bélgica y Australia poseen alrededor del 30% de todas las escuelas privadas.

**Ilustración 13:** Número de escuelas privadas en países seleccionados para el 2009



**Fuentes:** OCDE PISA  
**Elaboración:** Propia

**Ilustración 14:** Número de escuelas públicas en países seleccionados para el 2009



**Fuentes:** OCDE PISA  
**Elaboración:** Propia

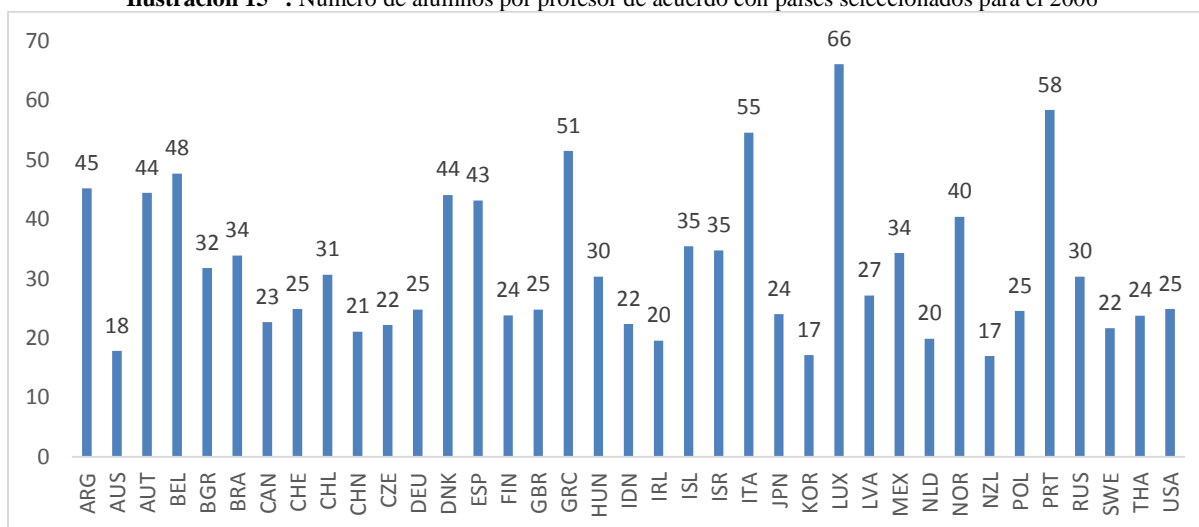
Los lugares en donde se encuentra la mayoría de las escuelas públicas (32%) es en un pueblo, seguido por el 23% en un pueblo pequeño, el 22% en ciudades, el 13% en ciudades y menos del 10% en villas. Por otra parte, la pluralidad (36%) de instituciones privadas se localizan en las grandes ciudades, el 27% pertenecen a las ciudades, los pueblos contienen el 22% de este tipo de instituciones, en los pueblos pequeños solamente existe el 11% y en las villas hay un 4%.

Para el año 2006, la relación que existe entre la escasez de personal educativo y el número de computadoras es de -4%, eso significa que mientras los profesores sean de menor calidad o sigan faltando a clases van a solicitar un menor número de computadoras. De una manera similar, existe una relación inversa (-5%) entre el índice que indica la carencia de personal en el colegio con el establecimiento del salario, eso puede inferirse porque los trabajadores menos calificados no encuentran algún tipo de interés en esta solicitud. Al hacer un análisis global se puede concluir que la escasez de personal sucede con mayor proporción (37%) en los países con menores ingresos.

Existe una correlación negativa entre la proporción de profesores certificados y la ratio estudiante profesor, la media de esta última variable para el 2006 es de 33 eso quiere decir que cada profesor en promedio está a cargo de 33 alumnos; este valor es el máximo para todos los años que suele estar entre 11 a 20 alumnos por profesor. En consideración al número de estudiantes, esta variable tiene un efecto directo en la escasez de personal educativo, eso representa que los colegios con mayor número de niños

son en los que menos vigilancia existe y es por ello por lo que los profesores se ausentan en mayor cantidad. Finalmente, en el gráfico a continuación se visualiza el promedio del número de estudiantes por profesor de acuerdo con cada país; Luxemburgo, Portugal, Italia y Grecia tienen más de 50 niños por pedagogo; mientras que, Australia, Corea y Nueva Zelanda tienen en su cargo un número menor a 20 estudiantes.

**Ilustración 15<sup>21</sup>:** Número de alumnos por profesor de acuerdo con países seleccionados para el 2006



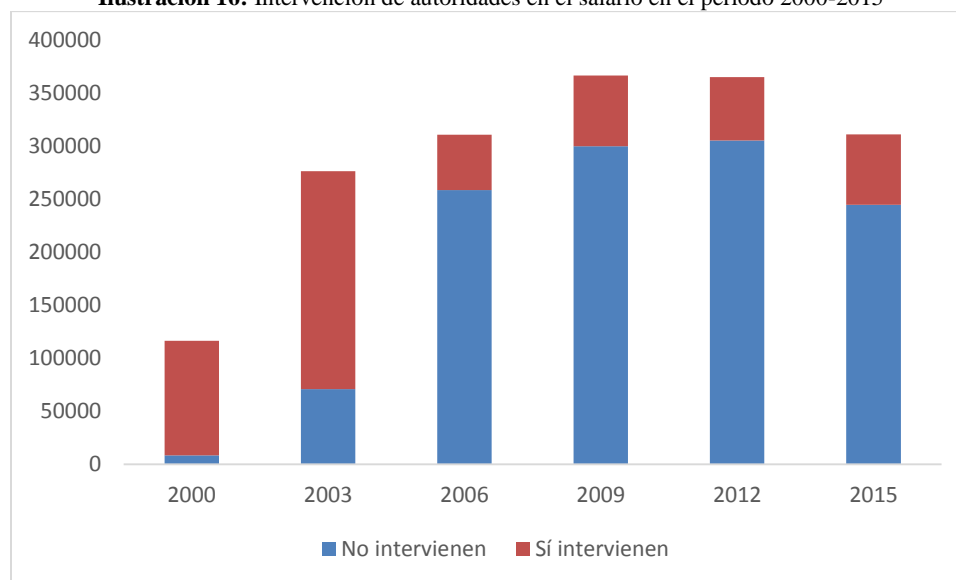
**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

En el año 2003, fue uno de los periodos en donde un mayor número de profesores y directores pudieron intervenir en la determinación del salario y vemos la repercusión en la correlación positiva (13%) entre esta variable y el componente que resume las notas, por lo que autoridades más involucradas van a trabajar de una manera más eficiente y eso repercutirá en la calidad de educativa que se puede medir a través de las notas. En cuestión de sexo, el número de niños y niñas se mantiene equiparable, además el número de computadoras mantiene una relación directa positiva de un 44%, eso es un buen indicador porque casi cada computadora es usada por dos estudiantes. Para concluir, la ratio estudiante profesor es de 22 lo cual es un buen indicador porque para una autoridad veintidós estudiantes es un número óptimo para impartir enseñanzas.

<sup>21</sup> ARG: Argentina, AUS: Australia, AUT: Austria, BEL: Bélgica, BGR: Bulgaria, BRA: Brasil, CAN: Canadá, CHE: Suiza, CHL: Chile, CHN: China, CZE: República Checa, DEU: Alemania, DNK: Dinamarca, ESP: España, FIN: Finlandia, GBR: Reino Unido, GRC: Grecia, HUN: Hungría, IDN: Indonesia, IRL: Irlanda, ISL: Islandia, ISR: Israel, ITA: Italia, JPN: Japón, KOR: Corea del Sur, LUX: Luxemburgo, LVA: Letonia, MEX: México, NLD: Países Bajos, NOR: Noruega, NZL: Nueva Zelanda, POL: Polonia, PRT: Portugal, RUS: Rusia, SWE: Suecia, THA: Tailandia, USA: Estados Unidos.

**Ilustración 16:** Intervención de autoridades en el salario en el periodo 2000-2015



**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

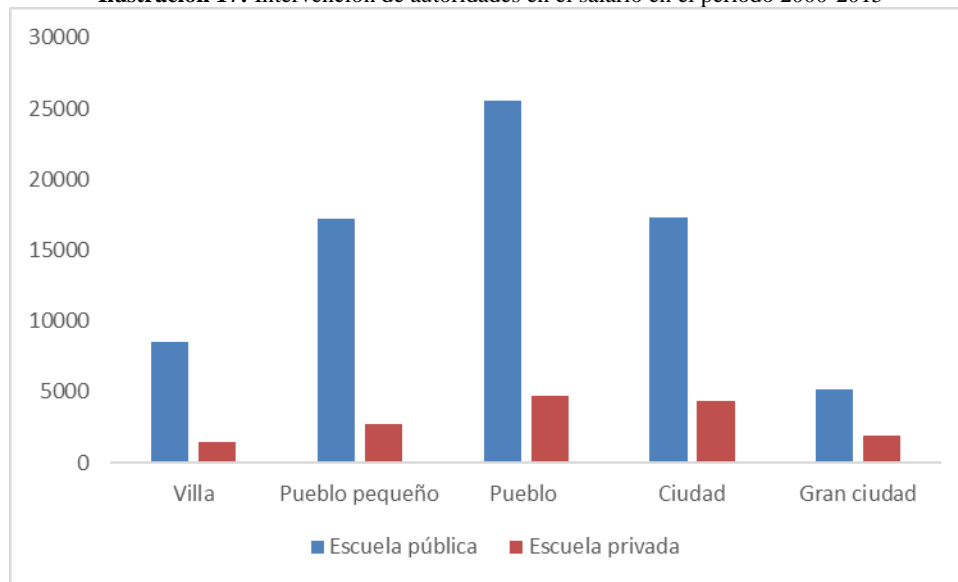
Considerando la proporción de niñas con respecto al total de alumnos por escuela, tiene una media de 0,5 con una desviación estándar de 0,17; en las escuelas privadas existe una mayor proporción de niñas que en las públicas con 6 puntos porcentuales de diferencia; en los pueblos pequeños, pueblos y ciudades es en donde las niñas acumulan un mayor porcentaje que en los demás lugares. Para finalizar, hay una relación positiva del 27% entre la proporción de profesores con certificados y la proporción de profesores con título universitario debido a que al tener un mayor acceso que las personas sin universidad van a seguir certificándose mientras que una persona que no tiene título de tercer nivel es compleja que consiga trabajo solo mediante certificados.

La primera prueba que se realizó del informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes fue en el 2000, el 85% de las escuelas en este año eran públicas y el 15% de origen privado; para este año la intervención de las autoridades fue una variable relevante porque de las escuelas públicas, el 91% de establecimientos permitieron que sus directores y profesores instituyan el sueldo, de la misma manera en las escuelas privadas, el 97% de éstas accede a escuchar las opiniones de las autoridades para tomar decisiones salariales.

Los lugares en donde se encuentra la mayor parte de las asociaciones públicas (35%) es en los pueblos, de manera consecutiva el 23% en una ciudad y el mismo porcentaje en pueblos pequeños, el 13% en villas y el 7% en grandes ciudades. Por otra parte, la mayoría (31%) de instituciones privadas se localizan en

pueblos, el 29% pertenecen a las ciudades, los pueblos pequeños contienen el 18% de este tipo de instituciones, en las grandes ciudades simplemente existe el 13% y en las villas hay un 10%. Por último, el índice de escasez de recursos educativos tiene una relación negativa con la proporción de profesores con título de tercer nivel y la proporción de profesores con certificado, debido a que lugares con un mayor índice quiere decir que no tienen los recursos para contratar profesionales con mayor educación.

**Ilustración 17:** Intervención de autoridades en el salario en el periodo 2000-2015



**Fuentes:** OCDE PISA  
**Elaboración:** Propia

## Variables países

Las variables macroeconómicas que se eligieron a nivel de país fueron las siguientes: inflación, índice de desarrollo humano (IDH), gasto en salud como porcentaje del PIB, gasto en educación como porcentaje del PIB, PIB per cápita con paridad de poder adquisitivo, PIB con paridad de poder adquisitivo, tasa de crecimiento del PIB y tipo de país de acuerdo con el nivel de ingreso. Se añadieron estos componentes debido a que existe evidencia que un país que tenga mejores condiciones económicas va a implicar que sus estudiantes incrementen sus notas y esto al ser un ciclo va a permitir que los países aumenten su crecimiento económico (Hanushek & Peterson, 2014).

La variable inicial que se utilizó fue el PIB medido en paridad de poder adquisitivo (PPA), como se conoce, el PIB es el valor total de producción corriente de bienes y servicios finales dentro de un territorio

nacional en un periodo de tiempo dado, normalmente un trimestre o un año, esta producción está valorizada a precios de mercado (Larrain B. & Sachs, 2002); se utilizó PPA para así poder realizar la comparación a nivel de países porque esto permite convertir a dólares todas las monedas internacionales, la tipo de cambio PPA es la tasa a la cual la moneda de un país tendría que convertirse a la de otro para comprar la misma cantidad de bienes y servicios en cada país (Callen, 2008).

Otra métrica que se utiliza para medir el crecimiento de los países es el PIB per cápita, que es el PIB dividido para la población que tiene el país de esta forma se hace un símil de cuánto del PIB percibe cada persona. Realizar un análisis con PIB per cápita en vez de PIB ya es un avance, un mejor avance sería calcular la mediana del ingreso familiar porque, aunque el PIB per cápita crezca no necesariamente significa que las personas están mejorando su estilo de vida, todo ese crecimiento puede irse a un grupo de personas de altos ingresos. La mediana de los ingresos es un mejor indicador acerca de la realidad de la mayoría de las personas, pero debido a la falta de datos usamos el PIB per cápita.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) estableció el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual está compuesto por tres componentes: el nivel de vida, la longevidad y conocimiento. El nivel de vida está medido por el PIB per cápita real ajustado con la paridad de poder adquisitivo, la longevidad se la cuantifica con la expectativa de vida y el conocimiento se lo mensura a través de una combinación de la alfabetización adulta y la media de los años de escolaridad (United Nations Development Programme, 1994).

El gasto público en salud y en educación está expresado como porcentajes del PIB de cada país. El desembolso educativo del gobierno general (corriente, de capital y transferencias) incluye gastos financiados por transferencias de fuentes internacionales al gobierno. El gobierno general suele referirse a los gobiernos locales, regionales y centrales. Mientras que, el nivel de gasto educativo se lo estima de los gastos de salud actuales incluyen bienes y servicios de salud consumidos durante cada año. Este indicador no incluye gastos de capital en salud como edificios, maquinaria, TI<sup>22</sup> y existencias de vacunas para emergencias o brotes (Banco Mundial, 2000).

La inflación es una variable que mide el aumento generalizado del nivel de los precios dentro de un territorio. Esta medición es importante porque a veces el crecimiento económico no solamente suele darse por el aumento de cantidad de bienes y servicios sino por el incremento de los precios de los bienes. Uno de los índices más comunes es el Índice de Precios al Consumidor (IPC) o el Deflactor de Precios de Consumo (DPC). Finalmente, la tasa de crecimiento de los países es el cambio anual del PIB como porcentaje, esta medida suele usarse para ver expansiones o recesiones en las economías. (Larrain B. & Sachs, 2002)

---

<sup>22</sup> Tecnologías de la información.

**Tabla 4:** Correlación entre variables macroeconómicas y componente de notas

<b>Variab</b> les	<b>Gasto educación</b>	<b><math>\Delta</math> PIB/PIB</b>	<b>PIB (PPA)</b>	<b>PIB pc (PPA)</b>	<b>Gasto salud</b>	<b>IDH</b>	<b><math>\pi</math></b>	<b>Notas</b>
<b>Gasto educación</b>	1,00	-0,49	-0,63	0,53	0,59	0,65	0,01	-0,08
<b><math>\Delta</math> PIB/PIB</b>	-0,49	1,00	0,39	-0,30	-0,48	-0,41	0,03	0,14
<b>PIB (PPA)</b>	-0,63	0,39	1,00	-0,35	-0,26	-0,41	-0,11	0,34
<b>PIB pc (PPA)</b>	0,53	-0,30	-0,35	1,00	0,69	0,85	-0,29	0,36
<b>Gasto salud</b>	0,59	-0,48	-0,26	0,69	1,00	0,81	-0,26	0,25
<b>IDH</b>	0,65	-0,41	-0,41	0,85	0,81	1,00	-0,32	0,41
<b><math>\pi</math></b>	0,01	0,03	-0,11	-0,29	-0,26	-0,32	1,00	-0,42
<b>Notas</b>	-0,08	0,14	0,34	0,36	0,25	0,41	-0,42	1,00

**Fuentes:** Banco Mundial

**Elaboración:** Propia

La tabla anterior es la matriz de correlaciones entre las variables macroeconómicas y el componente que resume a las notas. El PIB (PPA) nos da un resultado ambiguo cuando se lo relaciona con el gasto educativo como porcentaje del PIB porque inicialmente se conoce que la relación es positiva ya que los países con mejores ingresos se creería que van a gastar más en educación; en otros documentos han llegado al mismo resultado (Véase: Artige & Cavenaile, 2019; Zhang, 1996). Tiene una relación positiva con la tasa de crecimiento de los países contrario a lo que dice la teoría que los países con menor PIB crecen a mayores tasas (Barro & Sala-i-Martin, 2004), esto se puede dar debido a que en la muestra el 68% son países de ingreso alto entonces para este tipo de países tener ingresos altos va a relacionar en un 39% con la tasa de crecimiento del PIB.

Con respecto al PIB per cápita tiene una relación negativa (-35%) porque la tasa de crecimiento de población de los países de alto ingreso ha comenzado a disminuir a la vez que la tasa de natalidad. Tal como el caso de educación, el gasto en salud tiene una relación inversa de 26% para países de altos ingresos como los de la OCDE, de hecho el gasto que se realiza puede no ser simplemente impulsado por el crecimiento económico sino por vías más complejas relacionadas al sistema de salud y a su eficacia (World Health Organization, 2011; Boussalem, Boussalem, & Taiba, 2014).

Se puede inferir que el IDH tiene una mejor aproximación al PIB per cápita que al PIB debido a que con el primero tiene una correlación del 85% mientras que con el segundo tiene una relación inversa del 41%. De la misma forma, se relaciona directamente con los gastos que realiza el sector público en capital humano

tanto en educación (65%) como en salud (81%). Esta variable tiene un mayor grado de asociación con el componente de notas con una correlación positiva del 41%.

Cuando hablamos de inflación, los resultados que esperaríamos es que tenga relación negativa con las demás variables debido a que disminuye el poder adquisitivo de las personas, eso hace que se reduzca el ahorro, la demanda de consumo y si el panorama no mejora también puede mermar la oferta (Banco Central de Honduras, 2016). Los gastos públicos en bienes necesarios (como educación y salud) al aumentar la inflación deberían aumentar tal como es el caso de educación pero en el caso de salud disminuye como si existiera un efecto sustitución, al aumentar los precios se prefiere destinar en otro bien que en el sistema de salud.

### *Dominios y habilidades evaluadas en PISA*

Existe la necesidad de explicar que las pruebas PISA no son exámenes de conocimiento específico de cada escuela, más bien se miden las habilidades que los jóvenes deben tener desarrolladas para esa edad relacionadas a la resolución de problemas cotidianos. Frente a esta explicación, se eligieron tres materias (matemáticas, lectura y ciencias naturales) las cuales engloban las aptitudes necesarias de las personas.

En el caso de lectura, no se busca necesariamente conocer si las personas pueden o no leer en un sentido técnico. La visión se basa en que, si los estudiantes pueden construir, ampliar y reflexionar acerca del significado de lo que han leído a través de un amplio rango de textos asociados con una variedad de situaciones tanto escolares como externas. La lectura ya no se la considera una habilidad que solamente se la adquiría en la infancia durante los primeros años de escuela sino se lo mira como un conglomerado progresivo de conocimiento, habilidades y estrategias que los individuos construyen a través de su vida en varios contextos e interactuando con otros (OECD, 1999).

El dominio de matemáticas se preocupa de evaluar la capacidad de los alumnos en aprovechar las competencias matemáticas para enfrentar los desafíos del futuro. Estas competencias se basan en analizar, razones y comunicar ideas de manera efectiva mediante el planteamiento, formulación y resolución de problemas matemáticos en una variedad de conceptos y situaciones. Para OCDE (1999), es la capacidad de un individuo en identificar y entender el rol que tiene en el mundo, tener criterios matemáticos bien formados y de unir a las matemáticas con las necesidades actuales y futuras de un individuo siendo éste reflectivo y curioso.

Una importante habilidad que requieren tener las personas jóvenes es deducir conclusiones apropiadas y cautelosas de evidencia e información presentada, criticar argumentos expuestos por otros de los hechos

presentados y saber distinguir opiniones de hipótesis basadas en evidencia. La ciencia tiene un rol particular porque provee la racionalidad para probar ideas y teorías frente a la evidencia real; esto no quiere decir que la ciencia excluya la creatividad e imaginación (OECD, 1999).

### 13. Modelo Lineal de Multinivel

Los modelos multinivel se han desarrollado para analizar datos jerárquicamente estructurados. Estos modelos proponen una estructura de análisis dentro de la cual se pueden reconocer los distintos niveles en los que se articulan los datos, estando cada subnivel representado por su propio modelo (Draper, 1995).

Cada uno de estos subniveles expresan la relación entre las variables dentro de un determinado nivel y especifica cómo las variables de ese nivel influyen en las relaciones que se establecen en otros niveles. El análisis multinivel es una metodología para el análisis de datos con patrones complejos de variabilidad, enfocada a fuentes anidadas de variabilidad. Una jerarquía consiste en un nivel básico de observaciones anidadas o agrupadas dentro de un nivel de agrupamiento de orden superior (doctores dentro de hospitales, estudiantes dentro de escuelas, empleados dentro de sus trabajos); el nivel básico se suele denominar micro nivel y el nivel superior macro nivel. (Gaviria & Castro, 2005)

La auto correlación o correlación intraclase expresa el grado de homogeneidad interna de los grupos, siendo así una medida de similitud entre las unidades de modelo individual y de las diferencias entre las unidades de nivel macro. Estos datos al estar agrupados tienden naturalmente a parecerse entre sí; si todos los alumnos de una escuela fueran iguales, la información que nos proporcionarían mil alumnos sería igual a la de uno. (Gaviria & Castro, 2005)

En nuestro análisis consideramos un modelo con tres niveles: países (nivel 3), escuelas (nivel 2) y estudiantes (nivel 1), se toma en cuenta un modelo lineal acerca de los factores que repercuten en el rendimiento académico medido en los resultados de las pruebas PISA que dieron los estudiantes en distintos países durante el periodo 2000-2015. Los efectos de la escuela y los países se incorporaron mediante la introducción de los efectos aleatorios en los niveles 2 y 3 respectivamente.  $R_{ijk}$  es el rendimiento del estudiante  $i=1, \dots, 947450$ , en la escuela  $j=1, \dots, 15307$ , dentro del país  $k=1, \dots, 38$ .

En un modelo de tres niveles separamos los residuos en tres componentes, correspondientes a los tres niveles de la estructura de nuestros datos. Denotamos a los residuos de los grupos, también llamados efectos aleatorios de grupo, como  $b_k$  como los residuos de los países,  $u_{jk}$  a los residuos de las escuelas y

$\varepsilon_{ijk}$  a los residuos de los individuos. La extensión de tres niveles que permite incorporar los efectos de los grupos está dada por:

**Ecuación 4:** Modelo de análisis de tres niveles lineales – modelo nulo

$$R_{ijk} = \beta_0 + b_k + u_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

**Fuente:** Draper, D. (1995). Inference and Hierarchical Modeling in the Social Sciences. American Educational Research Association.

Se debe considerar que  $b_k \sim \text{iid}^{23} N(0, \sigma_3^2)$ ,  $u_{jk} \sim \text{iid} N(0, \sigma_2^2)$  and  $\varepsilon_{ijk} \sim \text{iid} N(0, \sigma_1^2)$  siendo  $b_k$ ,  $u_{jk}$ ,  $\varepsilon_{ijk}$  independientes;  $\beta_0$  es la nota que en promedio se espera que tengan los países en los exámenes PISA. Entonces la varianza total se divide en tres componentes: la varianza dentro de los países  $\sigma_3^2$ , la varianza dentro de las escuelas  $\sigma_2^2$  y la varianza entre grupos o de los estudiantes  $\sigma_1^2$ . (Steele, 2005)

## División de la Varianza

Una de las principales motivaciones para utilizar modelos multinivel es que generalmente hay inherentemente grupos de observaciones dentro de un conjunto de datos que provienen de una fuente común. Es por ello por lo que dos observaciones que se observan aleatoriamente dentro de esta fuente en particular generalmente no son independientes, y es importante modelar esta dependencia. La técnica de los modelos multinivel explica esta dependencia al dividir la varianza total en la base de datos, habiendo ajustado cualquier covariable, en la variación debida a los recursos de una unidad de nivel superior y a la variante de nivel 1 que resta. (Goldstein, Browne, & Rasbash, 2015)

El coeficiente de partición de la varianza mide la proporción de la varianza total que se debe a las diferencias entre los grupos. El rango del CPV es de 0 (no existe diferencias entre los grupos) a 1 (no existe diferencia dentro de los grupos). Esta forma nos permite ver la importancia de cada nivel en la variable dependiente, el que posea un mayor nivel de variabilidad va a explicar con más fuerza el por qué las observaciones del rendimiento de los estudiantes tienen variabilidad. (Draper, 1995)

**Ecuación 5:** CPV de país, escuela y estudiante

$$CPV(\text{país}) = \frac{\sigma_3^2}{\sigma_3^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2}$$

<sup>23</sup> Independiente e idénticamente distribuida

$$CPV (escuela) = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_3^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2}$$

$$CPV (estudiante) = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_3^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2}$$

**Fuente:** Draper, D. (1995). Inference and Hierarchical Modeling in the Social Sciences. American Educational Research Association.

## Modelo Lineal Multinivel para las Pruebas PISA

### Modelo Nulo

Inicialmente se realiza el modelo de intercepción aleatoria que corresponde a  $R_{ijk} = \beta_0 + b_k + u_{jk} + \varepsilon_{ijk}$  en donde funciona como el modelo planteado previamente. Donde  $R_{ijk}$  es la nota del estudiante  $i$  en la escuela  $j$  dentro del país  $k$ ,  $\beta_0$  es la media general en todos los países,  $b_k$  es el efecto del país  $k$  en rendimiento,  $u_{jk}$  es el efecto de la escuela  $j$  en el país  $k$  en el rendimiento y  $\varepsilon_{ijk}$  es el residuo del estudiante (Draper, 1995). Como se mencionó previamente todos los residuos siguen una distribución normal con media cero y varianza sigma cuadrado.

Se presenta el modelo ejecutado en STATA en el Anexo 3 donde nos da como resultado que el promedio de la nota en la prueba PISA de todos los países es de -0,02 puntos sobre 1000, este no es un buen resultado debido a que faltan aún varios factores por considerar en el modelo. Al sumar la varianza total de los niveles nos da como resultado 0,72 de ahí podemos concluir que el 92% de variabilidad está explicado por las diferencias entre los países, el 4% está explicado entre las diferencias de escuelas e igualmente el 4% de las diferencias entre estudiantes explican la varianza de las notas en las pruebas PISA.

La prueba de razón de verosimilitud es una prueba de hipótesis que te ayuda a elegir el mejor modelo entre dos modelos anidados (Fitzmaurice, Laird, & Ware, 2004), la razón de verosimilitud entre un modelo de un nivel y el de tres es de 2461. Teniendo en cuenta que el 5% de la distribución chi-cuadrado en una diferencia es 3,84 existe evidencia suficiente para demostrar el efecto de países y escuelas sobre el rendimiento educativo.

**Tabla 5:** Correlación intraclase del modelo nulo

Nivel	Correlación intraclase	Desviación estándar	[Intervalo Confianza 95%]	
País	0,9129002	0,0182466	0,8698692	0,9426401

<b>Escuela de cada País</b>	0,9561159	0,0091912	0,9341334	0,9709897
-----------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fuentes: OECD PISA

Elaboración: Propia

En la tabla previa podemos observar la correlación intraclase de los países y de las escuelas dentro de cada país. La fila del país muestra la correlación entre los alumnos de un país, es del 91%; el segundo indicador son las escuelas dentro de países que aporta el 4% de correlación a la relación total. Se concluye que el método utilizado es el correcto porque las unidades de análisis no son independientes, si se hace el análisis como si lo fueran se puede llevar a que los errores estándar se subestimen y eso va a sobrestimar la significación estadística del modelo.

## Modelo de Intercepto Aleatorio

Ahora vamos a extender el modelo de efectos de grupo añadiendo una variable explicativa para el primer nivel: año en el que se tomó la encuesta PISA. Al añadir esta variable vamos a reducir la varianza del primer nivel y la total pero la varianza del segundo nivel va a permanecer inmóvil, aumentar o disminuir de acuerdo a como la variable independiente difiera a través de las unidades del segundo nivel. El modelo suele llamarse de esta manera porque al intercepto de la línea de regresión de los grupos se le permite variar aleatoriamente a través de los grupos. Eso significa que el intercepto puede tomar diferentes valores en la distribución.

**Ecuación 6:** Modelo de análisis de tres niveles lineales – modelo intercepto aleatorio

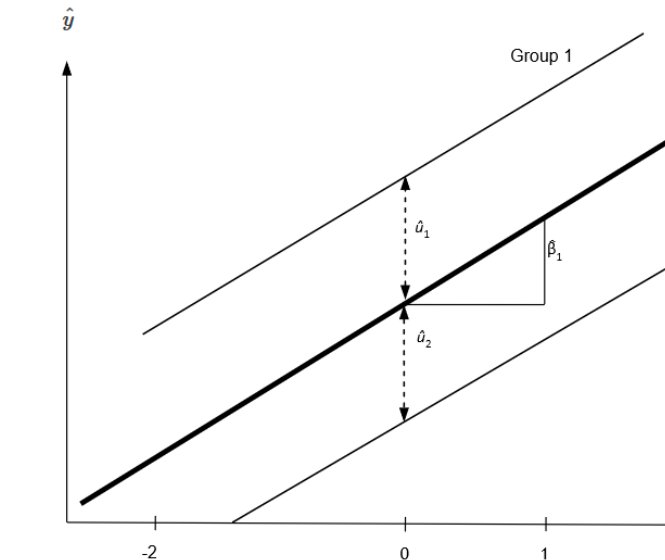
$$R_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 X_{ijk} + b_k + u_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

**Fuente:** Draper, D. (1995). Inference and Hierarchical Modeling in the Social Sciences. American Educational Research Association.

En este modelo la relación entre la variable dependiente (rendimiento educativo) y  $X$  es representada por una línea recta con intercepto  $\beta_0$  y una pendiente  $\beta_1$ . Hay que tomar en cuenta que el intercepto para un grupo en específico  $k$  es  $\beta_0 + b_k + u_{jk}$ . Un modelo multinivel puede ser concebido por dos componentes: una parte fija que especifica la relación entre la media del rendimiento educativo y las variables explicativas, y una parte aleatoria que contiene los residuos de los tres niveles. La parte fija de la ecuación anterior es  $\beta_0 + \beta_1 X_{ijk}$ , y la parte aleatoria es  $b_k + u_{jk} + \varepsilon_{ijk}$  con parámetros aleatorios que son  $\sigma^2_3$ ,  $\sigma^2_2$ ,  $\sigma^2_1$ . (Draper, 1995)

La parte fija se va extendiendo de acuerdo con cuántos predictores se añadan, mientras que la parte aleatoria se extiende al permitir que el efecto de uno o más predictores varíe entre grupos o al permitir que la varianza dentro del grupo dependa de variables explicativas. En la ilustración posterior podemos ver que para el grupo 1, los residuos son mayores que la media de todos los grupos, mientras que el segundo grupo se encuentra debajo de ésta. (Draper, 1995)

**Ilustración 18:** Línea de regresión pronosticada general y las líneas pronosticadas para dos grupos



**Fuentes y Elaboración:** Universidad de Bristol

La ecuación de la línea de regresión ajustada promedio (entre países) es de:  $Compnotas_{ijk} = -4,93 + 0,002 añoenc_{ijk}$ . En el siguiente cuadro comparativo podemos analizar la diferencia entre los dos modelos iniciales planteados; al añadir la variable año de encuesta en la que el estudiante realizó el examen, se puede ver que la media disminuye y el error estándar se incrementa, al añadir esta variable vemos que la variabilidad disminuye en un porcentaje mínimo eso quiere decir que el nuevo componente está explicando en un mayor porcentaje el rendimiento educativo que en el modelo nulo.

**Tabla 6:** Comparación entre modelos multinivel

Parámetro	Modelo Nulo		Modelo Intercepto Aleatorio	
	Estimador	Error estándar	Estimador	Error estándar
$\beta_0$	-0,0245971	0,1315113	-4,93344	0,1495249
$\beta_1$	-	-	0,0024467	0,0000354
$\sigma_3^2$ (país)	0,6571375	0,1507612	0,6578958	0,1509353
$\sigma_2^2$ (escuela)	0,0311082	0,0003167	0,0313766	0,0003194
$\sigma_1^2$ (estudiantes)	0,0315893	0,0000336	0,0315011	0,0000335

**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

Volviendo a los resultados y comparando con los resultados para el modelo nulo podemos ver que la adición de la cohorte ha reducido la cantidad de variación tanto a nivel de estudiante, mientras que a nivel de país y escuela ésta ha aumentado. La reducción en la variación entre alumnos sugiere que la distribución de ellos por cohorte difiere, encontramos que, agrupando a todos los países, las proporciones en cada cohorte fueron la que se presentan a continuación en la Tabla 7.

**Tabla 7:** Frecuencia de observaciones por año de encuesta

<b>Año encuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>2000</b>	116642	6,47%
<b>2003</b>	282622	15,67%
<b>2006</b>	320460	17,76%
<b>2009</b>	375414	20,81%
<b>2012</b>	373951	20,73%
<b>2015</b>	334940	18,57%
<b>Total</b>	1804029	100%

**Fuentes:** OCDE PISA

**Elaboración:** Propia

## Modelo Final

Previa a la explicación del modelo final, se realiza una aclaración acerca de las variables finalmente seleccionadas. Posteriormente se mencionó que se trabajarían las variables presentadas en la Tabla 3 referente a las escuelas y estudiantes y Tabla 4 relacionada con las variables macroeconómicas. Para las variables de estudiantes se eliminaron las siguientes: mes y año de nacimiento debido a que el rango ser de 15 a 17 no existía mucha variabilidad dentro de la variable, el sexo del estudiante al ser equitativo no representa variación alguna ni se presentó como una variable de interés, el grado educativo más alto de mamá y el grado educativo más alto de papá se resume en el índice de estado ocupacional más alto de los padres que resumen el puesto que ocupan, el nivel educativo que tienen y la expectativa del estudiante acerca del trabajo que puede llegar a tener.

Para el caso de las variables escolares se descartan las siguientes variables: número de computadoras disponibles debido a que la distribución de esta variable está sesgada a la izquierda ya que la moda es 0 y al incluirla en el modelo arrojaba un signo negativo que no iba con la lógica de la teoría educativa, se eliminó el número total de niños y la proporción de niñas debido a que no generaban información adicional al modelo como la variable sexo.

Finalmente, en las variables macroeconómicas se descartaron: la tasa del crecimiento del PIB debido a su multicolinealidad con el PIB y PIB pc, asimismo se eliminó el PIB por esta misma razón; el IDH podía ser resumido con gasto educativo, el gasto en salud y el PIB pc es por ello por lo que se le quitó.

Se procede a presentar el modelo final con el que se evaluarán los resultados, las conclusiones y recomendaciones. En el Anexo 1 se encuentran descritas las variables seleccionadas del modelo final a detalle y en el Anexo 2 los países que se tomaron en cuenta. El modelo final para determinar el rendimiento educativo en los estudiantes que dieron las pruebas PISA en el periodo 2000 a 2015 responde a la siguiente educación:

**Ecuación 7:** Modelo de análisis de tres niveles lineales – modelo final

$$\begin{aligned}
 R_{ijk} = & \beta_0 + \beta_1 \text{compnotas}_{ijk} + \beta_2 \text{hasta10lib}_{ijk} + \beta_3 \text{oncea25lib}_{ijk} + \beta_4 \text{cien1a200lib}_{ijk} \\
 & + \beta_5 \text{dos1a500lib}_{ijk} + \beta_6 \text{indestadoocupa}_{ijk} + \beta_7 \text{edadmeses}_{ijk} + \beta_8 \text{recuedu}_{ijk} \\
 & + \beta_9 \text{idiomaint}_{ijk} + \beta_{10} \text{gustaleer1}_{ijk} + \beta_{11} \text{niños}_{jk} + \beta_{12} \text{escedu}_{jk} \\
 & + \beta_{13} \text{propprofit}_{jk} + \beta_{14} \text{propprofcert}_{jk} + \beta_{15} \text{propnina}_{jk} + \beta_{16} \text{villa}_{jk} \\
 & + \beta_{17} \text{pueblopeq}_{jk} + \beta_{18} \text{pueblo}_{jk} + \beta_{19} \text{ciudad}_{jk} + \beta_{20} \text{granciudad}_{jk} + \beta_{21} \text{tipesc}_{jk} \\
 & + \beta_{22} \text{pordebnivel}_{jk} + \beta_{23} \text{porencnivel}_{jk} + \beta_{24} \text{educación}_k + \beta_{25} \text{pibpcppa}_k \\
 & + \beta_{26} \text{salud}_k + \beta_{27} \text{inflación}_k + \beta_{28} \text{añoenc} + b_k + u_{jk} + \varepsilon_{ijk}
 \end{aligned}$$

**Fuente:** Draper, D. (1995). Inference and Hierarchical Modeling in the Social Sciences. American Educational Research Association.

Donde  $R_{ijk}$  es la nota del estudiante  $i$  en la escuela  $j$  dentro del país  $k$ ,  $\beta_0$  es la media general en todos los países,  $b_k$  es el efecto del país  $k$  en rendimiento,  $u_{jk}$  es el efecto de la escuela  $j$  en el país  $k$  en el rendimiento y  $\varepsilon_{ijk}$  es el residuo del estudiante. Se utilizó el paquete de datos estadísticos STATA para realizarlo. En la sección de resultados se visualiza las interacciones de las variables con el rendimiento educativo.

### *a. Estimación de ACP para notas*

En el literal 13 se explicó la teoría de cómo estimar un Análisis de Componentes Principales, a continuación, se presenta la metodología que se utilizó para poder formar un solo componente que resuma las tres materias principales que se evalúan para PISA: Matemáticas, Lenguaje y Ciencias. Se utilizó el paquete estadístico STATA para la realización de este procedimiento.

**Tabla 8:** Correlación entre las materias que se evalúan en las pruebas PISA

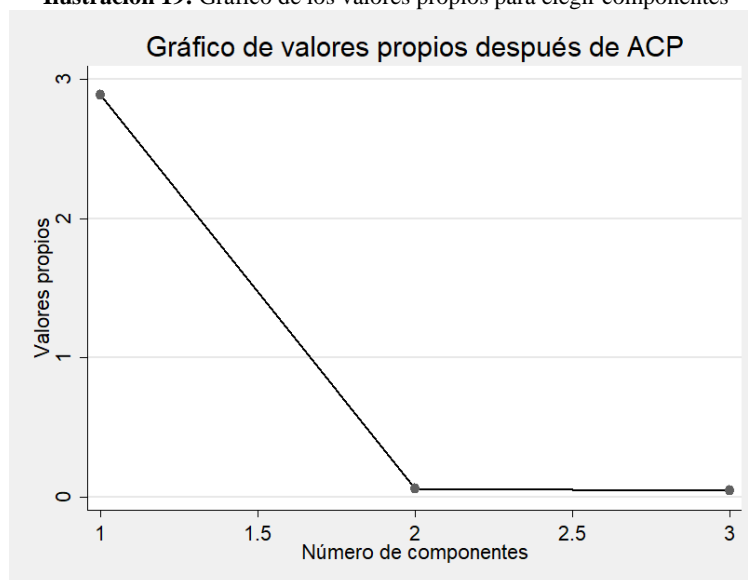
Materia	Matemáticas	Lectura	Ciencias
Matemáticas	1,00	0,9371	0,9471
Lectura	0,9371	1,00	0,9451
Ciencias	0,9471	0,9451	1,00

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

Se estimó la correlación entre las variables para saber si un ACP es una buena metodología y cómo podemos deducir alrededor del 93% de correlación contienen las tres materias entonces este método si es efectivo debido a que el objetivo del ACP es lidiar con variables altamente correlacionadas así que en vez de eliminar dos materias o sacar un promedio, se realiza este proceso. En el Anexo 6 se presentan dos métodos para poder estimar el análisis uno mediante valores propios y otro por covarianzas, dándonos el mismo resultado. Al realizar el ACP, nos dice que se debe elegir el número de componentes que contengan mayor varianza, el primer componente resume el 96% de la varianza de las tres variables mientras que los demás tienen el 2% y el 1%. Entonces se elige solo un componente para poder tomar esto como la variable independiente del modelo presentado previamente. También podemos visualizar en el siguiente gráfico que elegir solo un componente es correcto porque ahí se utiliza la “regla del codo”, vemos que se quiebra al llegar al segundo componente porque la varianza que aporta es ya ínfima.

**Ilustración 19:** Gráfico de los valores propios para elegir componentes



## 14. Resultados

En el Anexo 5 se presenta el modelo y los principales resultados del modelo en el programa STATA. El número de observaciones es de 947.450 se eliminaron varias observaciones porque para realizar este modelo se descartan las observaciones que tengan datos perdidos. Existen 38 países los cuales se encuentran descritos en el Anexo 2 y 15.307 escuelas que fueron consideradas para esta muestra.

Dentro de las variables que describen a las características de los estudiantes se encuentran: el número de libros, se le convirtió en una variable categórica tomando como referencia a la categoría “veintiséis a cien libros” debido a que es la categoría más representativa, con respecto a los estudiantes que poseen en sus hogares veintiséis a cien libros, los alumnos que tienen hasta 10 libros en promedio van a tener 0,00005 puntos menos en las pruebas PISA. A su vez, existe una relación negativa cuando se compara la variable de referencia con estudiantes que poseen de once a veinticinco libros debido a que ellos van a tener 0,001 puntos menos. Sin embargo, cuando los libros en casa son mayores a cien para las dos categorías superiores, la relación se vuelve positiva en alrededor de 0,001 puntos adicionales con respecto a los alumnos con veintiséis a cien libros.

Para conocer el nivel educativo de los padres se realizó un índice que resume: el trabajo principal de la mamá, el trabajo principal del papá y qué trabajo espera tener el estudiante a la edad de 30 años. Mientras el índice sea mayor va a significar que los padres tienen un mejor trabajo con más responsabilidades y con un mayor salario, además las expectativas del hijo son mejores en conseguir un buen trabajo; a medida que los padres tienen un mejor empleo el rendimiento educativo de los hijos medido en las notas de la prueba PISA aumentará en 0,00005 puntos.

Los recursos educativos en el hogar es un índice que comprende las siguientes variables: un escritorio, un lugar silencioso donde estudiar, un computador que pueda usar para deberes, un software educativo, libros que apoyen el estudio, libros técnicos específicos de las materias que recibe el alumno y un diccionario. A medida que incrementa el indicador de recursos educativos en 1%, la nota del estudiante aumentará en promedio en 0,004 puntos. En el caso del idioma que se habla en la casa del joven, con respecto a los jóvenes que solo hablan un idioma los que son bilingües o hablan más idiomas van a tener 0,01 puntos adicionales.

Además, se añadió una variable para saber si al estudiante le gusta leer los libros que posee en su casa o los que le envían en su escuela, existían cuatro categorías como respuesta a la siguiente afirmación “El estudiante disfruta de la lectura en su tiempo libre”: totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, de acuerdo o totalmente de acuerdo. Se agrupó en dos categorías: los estudiantes que estaban de acuerdo y los que no concordaban con la aseveración; con respecto a las personas que les gusta la lectura, a las personas que no les gusta la lectura en promedio tendrán 0,01 puntos menos en la prueba.

Por otra parte, la variable de grado inicialmente era numérica desde 7 al 13 que fueron las respuestas permitidas a los estudiantes, se las agrupó en tres categorías: por debajo del nivel, en el nivel y por encima del nivel teniendo como referencia al nivel 9 y 10 como la categoría correcta donde los estudiantes de 15 años deben encontrarse. Con respecto a los alumnos que se encuentran en el nivel, los estudiantes por debajo del nivel en promedio se espera que ellos tengan 0,01 puntos menos, Mientras que con los jóvenes que se encuentran por arriba del nivel, se espera que tengan una nota adicional a la categoría de referencia en 0,03 puntos.

Con respecto a las variables escolares que aglomeran características de alumnos; la escasez de personal educativo es un índice que se midió en el cuestionario realizado a las escuelas al preguntar a los directores si la falta o la calidad de enseñar y ayudar al personal dificulta la capacidad de proporcionar instrucción en la escuela. La media de este indicador es cero, los valores positivos reflejan las percepciones de los directores de que la escasez de personal educativo obstaculiza la capacidad de enseñar con respecto que el promedio de la OCDE; los valores negativos indican que la escuela los directores creen que la escasez dificulta la capacidad de proporcionar instrucción en una menor medida. A medida que el índice de escasez aumenta en un punto, la nota del estudiante disminuye en promedio en 0,005 puntos.

En cuanto al ratio estudiante profesor, es una medida de ver de cuántos estudiantes están a cargo un profesor. Está relacionado de manera indirecta con el rendimiento académico debido a que a medida que la ratio aumenta (existen más alumnos por cada maestro) en una unidad adicional, en promedio se espera que un adolescente obtenga 0,001 puntos menos. En lo que respecta a los profesores; si el porcentaje de profesores que tienen certificados es mayor, aumenta en 0,008 puntos la calificación de los estudiantes en los exámenes PISA, a su vez existe una relación positiva con la proporción de profesores con certificado.

Con relación al lugar donde se encuentra la escuela se convirtió en variable categórica de acuerdo con el número de habitantes por territorio y se presenta las siguientes: villa, pueblo pequeño, pueblo, ciudad y gran ciudad. Se tomó como referencia la categoría ciudad, y se espera en promedio que si un estudiante no es ciudadano va a tener un puntaje adicional en las pruebas internacionales. El tipo de escuela se clasifica en dos: públicas y privadas; con respecto a los estudiantes que se encuentran en las escuelas públicas, un alumno que pertenece a una institución privada va a tener 0,02 puntos menos en los exámenes.

Po último, para las variables que se encuentran en el tercer nivel; por cada dólar adicional en el PIB per cápita PPA se espera que en promedio un estudiante incremente su nota en 0,00002 puntos. Asimismo, se mantiene la relación directa entre el gasto en salud medido como porcentaje del PIB y el rendimiento de los estudiantes, por cada uno por ciento que incremente el gasto en salud medido como porcentaje del PIB se espera que en promedio el estudiante tenga 0,03 puntos adicionales.

Por otra parte, el gasto educativo proporciona un resultado negativo como se esperaba las aclaraciones se las hicieron previamente es debido a que los gastos no suelen ser bien enfocados en las áreas indicadas y es debido a ello que no se obtienen los resultados esperados. Si la inflación de un país se incrementa en un punto porcentual, va a repercutir en que un alumno tenga en promedio 0,01 puntos adicionales en la prueba internacional. Además, se añadió la variable año de encuesta para corregir las diferencias que existen entre cada cuestionario y para ver la evolución de las escuelas y los países en su calidad educativa, a medida que el tiempo incrementa, se espera que los estudiantes en promedio tengan 0,013 puntos adicionales.

Finalmente, la constante del modelo nos dice que se espera que un individuo que tienen en su hogar de veintiséis a cien libros, sus padres no tienen empleo, no tiene recursos educativos en su hogar, solo hablan su idioma nativo, les gusta la lectura, se encuentran en el grado correspondiente a su edad, la escasez de recursos educativos se encuentra en la media, en su escuela el profesor está a cargo del mínimo de estudiantes, no posee profesores con título de tercer grado ni certificado de enseñanza, su institución educativa se encuentra en la ciudad, su escuela es pública, en su país el PIB per cápita es nulo, no existe gasto en educación ni salud y la inflación es cero; se espera que tenga en promedio - 25 puntos.

Hay que considerar que las siguientes variables: el estudiante posee hasta 10 libros en casa, el alumno tiene de 201 a 500 libros en su hogar y la escuela del joven se encuentra dentro de un pueblo pequeño no son significativas para el modelo, es decir estas variables independientes no poseen ningún efecto sobre las notas que logran los estudiantes con estándares internacionales. Por ende, las demás variables sí afectan o repercuten en la variable dependiente.

La sección superior nos dio el resultado de la parte fija del modelo, para poder analizar la parte variable debemos centrarnos en el cuadro inferior. Con respecto a la variabilidad por cada nivel, para los países la varianza del intercepto aleatorio es de 1,31; 0,21 para el intercepto que resume las variables de las escuelas y 0,28 para el intercepto que sintetiza a los estudiantes y sus características. La mayor variabilidad (73%) en notas se explica por las diferencias que existen entre los países, es decir, las políticas macroeconómicas van a afectar en mayor proporción a las notas de los alumnos que las microdecisiones realizadas en las escuelas o que las diferencias que existen dentro de los hogares de los estudiantes.

Al analizar la correlación intraclase mostrada en la siguiente imagen de los niveles nos dio como resultado que el modelo que utilizamos es el apropiado debido a que la variación que existe entre las notas de los alumnos queda explicada en un 96% por las diferencias que presentan los países y de manera más específica las variables presentadas: gasto en educación, gasto en salud, PIB per cápita PPA y la tasa de inflación.

**Tabla 9:** Correlación intraclase de niveles del modelo final

<b>Nivel</b>	<b>Correlación intraclase</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>[Intervalo Confianza 95%]</b>	
<b>País</b>	0,963783	0,0080108	0,9443556	0,9765957
<b>Escuela de cada País</b>	0,9793023	0,004577	0,9601466	0,9866052

**Fuentes:** OCDE PISA  
**Elaboración:** Propia

De acuerdo con la clasificación de países según el Banco Mundial, esta clasificación se encuentra realizada según el Producto Interno Bruto per cápita en dólares estadounidenses en valor corriente, existe una relación directa entre el Nivel de ingreso y la nota con la que el estudiante logra en las pruebas PISA. En la tabla a continuación, se muestra el nivel de ingreso de cada país, la media de la nota que los estudiantes obtuvieron, la desviación estándar de ellos, la mediana para conocer la distribución de la muestra y el porcentaje de países que se encuentran dentro de cada grupo. Se visualiza que la distribución de los países de ingreso alto es simétrica y posee las mejores notas de toda la base de datos, esto puede ser debido a que contiene más de la mitad de todas las observaciones; seguido de los países de ingreso mediano alto que tiene una distribución con cuatro modas y es sesgada a la izquierda; y, los países de ingreso mediano bajo tienen las menores notas con una distribución ampliamente sesgada a la izquierda, casi la mayoría de sus datos se encuentran allí.

**Tabla 10:** Principales estadísticas de los países de acuerdo con su nivel de ingreso

<b>Tipo país</b>	<b>Media de nota</b>	<b>DE<sup>24</sup> de nota</b>	<b>Mediana</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Ingreso Alto</b>	0.33	0.49	0.32	67.70%
<b>Ingreso Mediano Alto</b>	-0.57	1.36	-1.34	29.93%
<b>Ingreso Mediano Bajo</b>	-2.09	0.2	-2.13	2.37%

**Fuentes:** OCDE PISA  
**Elaboración:** Propia

<sup>24</sup> Desviación estándar.

## **15. Limitaciones del Estudio**

Las principales limitaciones que tuvo esta disertación fueron las siguientes: inicialmente no se pudo analizar a más países debido a que no había datos de éstos y solo se realizó en su mayoría análisis de países de ingreso alto, es por ello por lo que la población suele ser treinta y ocho países que son los que inicialmente admitieron que esta evaluación internacional se la brinde a sus estudiantes. Entonces los estimadores no pueden generalizarse a todos los países porque si no estarían sobrestimados para lugares con producto interno bruto bajo. Además, para futuras investigaciones sería interesante tener la habilidad previa del estudiante antes de la escuela, es decir hacerle un examen antes y al finalizar en la institución educativa para ver el valor añadido que aporta la escuela en el rendimiento académico del alumno.

También, el problema es que los cuestionarios cambian a medida que pasa el tiempo entonces es complejo realizar un seguimiento a todas las variables, solamente se puede examinar a las variables que tienen permanencia en el tiempo cuando se desea trabajar con datos de panel, pero se incluyó la variable del tiempo para tratar de corregir este posible sesgo. Del mismo modo, a medida que el tiempo transcurre, las escuelas los preparan de mejor forma a los estudiantes para que ellos tengan mejores notas en pruebas específicas eso no necesariamente va a reflejar la calidad de la institución o el nivel educativo del país.

Una crítica que se realiza a las pruebas PISA es que estas pruebas estandarizadas miden el conocimiento de manera general y este es un proceso acumulativo que se va adquiriendo desde edades muy tempranas entonces este rendimiento académico va a ser un proceso que va a depender de los insumos que le otorguen los propios hogares, por ejemplo, estimulación temprana, buena nutrición, un ambiente seguro en casa, entre otros que están directamente ligados el nivel de ingreso de los padres de familia. (Gertler, y otros, 2013)

Por otra parte, el método general de medición de las pruebas PISA es distinto en cada evaluación, entonces es inevitable que existan errores en el muestreo y en las mediciones. Por eso ampliaron el intervalo de confianza para las comparaciones entre periodos, y sólo deben tenerse en cuenta los cambios que se designen como significativos desde el punto de vista estadístico (OCDE, 2004). Al añadir nuevas variables y nuevos cuestionarios, las métricas van variando un poco cada periodo, pero se mantienen los indicadores principales para realizar el análisis.

Cuando hablamos de reformas o políticas, se debe tomar en cuenta que los sistemas educativos suelen tomarse bastante tiempo en reestructurarse e implementar los cambios, es por ello por lo que las reformas requieren tiempo. A su vez, a partir de que la enseñanza se haya cambiado, va a pasar un lapso de tiempo

hasta que se vean esos cambios en el alumno. Y, por último, solo se evalúa cuando se termina la educación obligatoria de modo que los resultados son la educación acumulada de 8 a 10 años y no solo el dominio del programa en el que se encuentran durante el año de la prueba.

La adquisición de conocimientos específicos es importante para el rendimiento y las calificaciones en la escuela, pero la prueba no se centra en estas aptitudes porque son complejas de medirlas. Existe una serie de habilidades de carácter amplio que se requiere que los alumnos desarrollen; entre ellas están: la comunicación, la adaptabilidad, la flexibilidad y la utilización de las tecnologías de la información. Estas destrezas se desarrollan en diversas áreas curriculares y, por tanto, han de ser evaluadas con un enfoque transversal amplio (OCDE, 2007).

En modelos lineales, la varianza se ve resumida en R cuadrado que es proporción de varianza modelada por las variables independientes. En modelos multiniveles existe varianza inexplicada en varios niveles, eso hace que este proceso sea más complejo de analizar o determinar, R cuadrado asume que se están analizando modelos lineales entonces no se lo puede estimar para los modelos multiniveles mayores a dos niveles.

## **16. Conclusiones**

En este documento se aplicó un modelo multinivel a las pruebas PISA presentadas por la OCDE en el periodo 2000 a 2015 acerca de 38 países de ingresos altos y medianos, se encontró patrones similares cuando se les agrupó de acuerdo al nivel del PIB. De manera más específica, el objetivo planteado fue demostrar los factores que se relacionan con el rendimiento educativo, los resultados pueden ser interesantes para fines políticos, dada la creciente necesidad de proporcionar evidencias sobre los resultados y sus determinantes en los sistemas educativos internacionales.

Entre las variables que poseen una mayor significancia en el rendimiento educativo se encuentran: el gasto educativo medido como porcentaje del PIB de cada país, el PIB per cápita PPA, el año de encuesta en el que los estudiantes rindieron la prueba y la inflación. El orden de importancia de las variables de acuerdo a cuánto le afectan al rendimiento académico es: variables a nivel de país (96%), variables a nivel de estudiante (2%) y variables a nivel de escuela (1%). Estos resultados son complejos porque las variables más difíciles de modificar son las macroeconómicas debido a que poseen una mayor interrelación con otros componentes y dependen de varios agentes económicos, pero aun así se puede mejorar la calidad de escuelas y condiciones de vida de las personas.

Con respecto a las preguntas planteadas inicialmente, se concluye que la medida que afecta en su mayoría al desempeño escolar del estudiante no tiene que ver con factores endógenos como el ámbito familiar o factores cercanos como el ambiente escolar sino más bien se van a ver relacionados con componentes macroeconómicos de los cuales ni ellos ni sus familias tienen poder de acción. En la metodología se planteó la siguiente hipótesis “Los estudiantes tienen bajas notas en las pruebas PISA debido a factores externos relacionados con su entorno escolar y a su hogar” y ésta se rechaza debido a que previamente se mostró suficiente evidencia que las características escolares y familiares sí afectan a las notas, aunque se toma en consideración que también repercute sobre ellos las variables macroeconómicas.

Para las condiciones relacionadas al hogar, la tenencia de libros va a implicar una mejor nota en el estudiante; el trabajo que tengan los padres va a influir de manera directa en la nota, es decir mientras mejor sea el trabajo de los padres tendrán un mejor sueldo y van a influenciar no solo en las notas sino en las expectativas que tiene el estudiante sobre él mismo y su desenvolvimiento; cuando en el hogar de un estudiante se habla más de un idioma, es decir si él o sus padres son bilingües va a tener una mejor nota que un individuo que solo hable una lengua.

La equidad educativa se alcanza cuando todos los individuos, sin importar sus circunstancias personales o sociales como género, etnia o ambiente familiar, alcanzan como mínimo un nivel básico de habilidades (OECD, 2012). En los resultados, se descubre que en los sistemas educativos de los países de ingreso mediano alto y alto no se caracterizan por desigualdades de género ni desigualdades sociales. Pero los resultados siguen siendo favorables para los individuos que provienen de familias con mayores recursos económicos.

En el caso de la política educativa que puede ayudar a incrementar las notas de los estudiantes, los resultados apuntan a incentivar a la lectura en los adolescentes debido a que está ampliamente correlacionada a la materia de lenguaje y causa que sus notas sean mejores en ese ámbito; mejorar la eficiencia y manejo del presupuesto de escuelas para que no tengan escasez de personal y eso provoque que los estudiantes no reciban el conocimiento necesario. A su vez mejorar el control acerca de la asistencia de los profesores y autoridades; incentivar a que las aulas no se encuentren aglomeradas por muchos estudiantes debido a que afecta negativamente al aprendizaje; cerciorarse que los profesores sean certificados para dar pedagogía y tengan título de tercer nivel. Se debe mejorar el seguimiento de objetivos en las escuelas públicas debido a que las privadas tienen estudiantes con mejores notas y, que se mejore o se disminuya el número de estudiantes que se atrasan de año.

El gasto en salud al relacionarse directamente con el rendimiento de los estudiantes puede enfocarse en campañas de prevención dentro de las escuelas; el gasto en educación no está dando los resultados esperados (tiene una relación negativa con la variable dependiente) porque deberían destinarse para bienes y recursos que refuercen el aprendizaje de los alumnos; la tasa de inflación tiene una relación positiva en las notas, este resultado se puede dar debido a que cuando los precios aumentan, el PIB incrementa y éste

influencia a una mejora en promedio de la calidad de vida de las personas, pero la inflación no es un buen indicador de mejora para las notas.

## ***17. Recomendaciones***

Las familias deben considerar que, al poseer más libros en casa, es más probable que a los niños les guste leer y si adquieren ese gusto por la lectura entonces sus notas van a ser más altas. En el caso que las familias no posean los recursos para comprar los libros, las escuelas deben ampliar sus bibliotecas y permitir que los estudiantes puedan llevárselos a su casa. Desfavorablemente el ingreso de los padres es un factor clave que determina cuan bien le va a un estudiante tanto en los recursos educativos que posea en su hogar y el trabajo que sus padres tengan; además se debe considerar que las escuelas privadas son mejores que las públicas. Entonces se recomienda que la labor del Estado y de los gobiernos descentralizados sea garantizar la calidad educativa en las escuelas públicas que por lo menos sea la misma que las escuelas privadas.

Del mismo modo, se debe focalizar el gasto educativo porque, aunque es alto para los países de mayor PIB, no está generando los resultados esperados, pero es el indicador con mayor grado de significancia. También en la Tabla 4 se demuestra que existe una relación negativa para el PIB PPA y el gasto educativo como porcentaje del PIB. El gasto educativo se lo debe descentralizar para que se lo pueda hacer de una forma más eficiente porque si se lo hace a nivel de país no se va a satisfacer las necesidades en específico de cada escuela y poder disminuir la escasez de recursos educativos que suele ser un mayor problema en las escuelas públicas.

La enseñanza y el aprendizaje visibles se producen cuando el aprendizaje es el objetivo explícito, cuando es un desafío apropiado, cuando el maestro y el alumno buscan determinar si se alcanza el objetivo desafiante, y en qué medida se logra la práctica deliberada para lograr el dominio del objetivo, cuando hay retroalimentación dada y solicitada, y cuando hay personas activas, apasionadas y atractivas que participan en el acto de aprender (Hattie, 2011). Entonces generar expectativas de éxito para los estudiantes por parte de los padres de familia y de los profesores es de vital importancia si lo que se espera es un buen rendimiento.

Se deben dar clases de recuperación después de la escuela para que los estudiantes que tengan algún inconveniente con alguna materia puedan solventarlo y no queden rezagados en el proceso de aprendizaje, eso a su vez puede disminuir el número de alumnos que repiten los grados. También para estudios futuros sería óptimo establecer métricas acerca de ratio estudiante-profesor óptimo donde todos los alumnos

puedan aprender y las escuelas deben tener un proceso más estricto al contratar profesionales para asegurar una educación de calidad.

Por otro lado, el gasto en salud debe privilegiar a estudiantes de menores recursos para que puedan ser atendidos y les enseñen acerca de nutrición y de cómo llevar una vida de calidad. Finalmente, se debe fomentar a los países en desarrollo a que recolecten datos y a que se inscriban para formar parte de pruebas que miden los estándares internacionales para poder tener esbozos de lo que está pasando con la educación en sus países.

## **18. Referencias**

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). *Principal Componente Analysis*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics.
- Abramovitz, M. (1986). *Catching up, Forging ahead, and Falling behind*. The Journal of Economic History.
- Alkire, S. (2002). *Dimensiones del Desarrollo Humano*. Londres: Pergamon.
- Ammermueller, A. (diciembre de 2004). *Pisa: What makes the difference? Explaining the gap in test scores between Finland and Germany*. Springer.
- Arellano, M. (2004). *Panel Data Econometrics: Advanced Texts in Econometrics*. Oxford: Oxford University Press.
- Artige, L., & Cavenaile, L. (2019). *Public Education Expenditures, Growth and Income Inequality*. SSRN Electronic Journal .
- Arzola Franco, D. M. (2017). *Evaluación, pruebas estandarizadas y procesos formativos: experiencias en escuelas secundarias del norte de México*. Scielo.
- Asamblea Constituyente. (20 de octubre de 2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de [https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Astin, A. W. (1984). *Participación estudiantil: una teoría del desarrollo para la educación superior*. Estados Unidos: Journal of College Student Development.
- Baguley, T. (2012). *Guide advances statistics for the behavioral sciences*. Palgrave Mamillan.
- Banco Central de Honduras. (2016). *Inflación y Crecimiento Económico: Umbral para Honduras*.

- Banco Mundial. (2000).
- Barkin, D. (1971). *La educación: ¿una barrera al desarrollo económico?* Fondo de Cultura Económica.
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic Growth*. Londres: Massachusetts Institute of Technology.
- Bator, F. M. (1958). The anatomy of market failure. *The Quarterly Journal of Economics*, 351-352.
- Baulch, B., & Hoddinott, J. (2000). Economic mobility and poverty dynamics in developing countries. *Journal of Development Studies*, 1-24.
- Becker, G. S. (2009). *Capital Humano*. Washington: University of Chicago Press.
- Blank, R. K. (2013). Science Instructional Time Is Declining in Elementary Schools: What Are the Implications for Student Achievement and Closing the Gap? *Science Education*, 832-847.
- Borjas, G. J. (2013). *Labor Economics*. McGraw-Hill.
- Boussalem, F., Boussalem, Z., & Taiba, A. (2014). The Relationship between public spending on health and economic growth in Algeria: Testing for Co-integration and Causality. *International Journal of Business and Management*.
- Brewer, D., & Ehrenberg, R. (1994). Do school and Teacher Characteristics Matter? Evidence from High School and Beyond. *Economics of Education Review*.
- Brewer, D., Hentschke, G., & Eide, E. (2010). *Theoretical Concepts in the Economics of Education*. Estados Unidos: Elsevier.
- Burguess, S. (2016). *Human Capital and Education: The State of the Art in the Economics of Education*. United States: Elsevier.
- Callen, T. (2008). What is Gross Domestic Product. *Finance & Developmen*, 48-56.
- Cobo Montalvo, J. E. (2009). Determinantes de la demanda por educación privada en Quito en el periodo 2000-2008.
- Coleman, J. S. (1990). *Equality and achievement in education*. Westview Press.
- Colin Cameron, A., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Draper, D. (1995). *Inference and Hierarchical Modeling in the Social Sciences*. American Educational Research Association.
- Fertig, M. (2003). *Who's to Blame? The Determinants of German Student's Achievement in the PISA 2000 Study*. Alemania.
- Figueroa, A. (2012). *The Alpha-Beta Method Scientific Rules for Economics and the Social Sciences* . Buenos Aires .

- Fitzmaurice, G. M., Laird, N. M., & Ware, J. H. (2004). *Applied Longitudinal Analysis*. Canada: Wiley Interscience.
- Gaviria, J. L., & Castro, M. (2005). *Modelos Jerárquicos Lineales*. Madrid: La Muralla.
- Gerrings, J. (2004). *What is a case study and what is good for?*. American Political Science Association .
- Gertler, P., Heckman, J., Pinto, R., Zanolini, A., Vermeersch, C., Walker, S., . . . Grantham-McGregor, S. (2013). Labor Market Returns to Early Childhood Stimulation: a 20-year Followup to an Experimental Intervention in Jamaica. National Bureau of Economic Research.
- Glewwe, P. (2002). Schools and Skills in Developing Countries: Education Policies and Socioeconomic Outcomes. *American Economic Association*, 436-482.
- Glewwe, P., & Jacoby, H. (1994). Student Achievement and Schooling Choice in Low-Income Countries: Evidence from Ghana. Unites States: Journal of Human Resources.
- Glewwe, P., Jacoby, H. G., & King, E. M. (2000). Early childhood nutrition and academic achievement: a longitudinal analysis. Unites States: Elsevier.
- Goldstein, H., Browne, W., & Rasbash, J. (2015). *Partitioning Variation in Multilevel Models*. United Kingdom: Routledge.
- Goode, R. (1959). Adding to the Stock of Physical and Human Capital. *The American Economic Review*.
- Granda, J. (2008). *Políticas sociales y programas de transferencia monetaria condicionada en América Latina*. Quito: Crearimagen.
- Grijalva Espinosa, A. M. (abril de 2015). Estimación de la función de producción de la educación para el Ecuador mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios utilizando la base SERCE del 2006. Quito.
- Hanushek, E. A. (1979). Conceptual and Empirical Issues in the Estimation of Educational Production Functions. *The Journal of Human Resources*.
- Hanushek, E. A., & Luque, J. A. (2003). Efficiency and equity in schools around the world. *Economics of Education Review*, 15.
- Hanushek, E. A., & Peterson, P. E. (2014). Higher Grades, Higher GDP. *Hoover Digest*, 75-78.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2007). The Role of Education Quality for Economic Growth.
- Harbison, R., & Hanushek, E. A. (1992). Educational performance of the poor: lessons from rural northeast Brazil (English). Unites States: Oxford University Press.
- Harris, D. N. (2010). *Education Production Functions: Concepts*. United States: Elsevier.
- Hattie, J. (2011). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. International Review of Education .

- Herman, J. L., & Golan, S. (2005). *The Effects of Standardized Testing on Teaching and Schools*. United States: Educational Measurement: Issues and Practice.
- Hernandez Rubio, C. (2002). *La teoría del crecimiento endógeno y el comercio internacional*. Obtenido de <http://revistas.ucm.es/index.php/CESE/article/viewFile/CESE0202110095A/9834>
- Hernandez-Zavala, M. H., Patrinos, H. A., Sakallariou, C., & Shapiro, J. (2006). *Quality of Schooling and Quality of Schools for Indigenous Students in Guatemala, Mexico and Peru*. United States: World Bank.
- Hill, N. E., & Taylor, L. C. (2004). Parental School Involvement and Children's Academic Achievement: Pragmatics and Issues. *Current Directions in Psychological Science*, 162-164.
- Jalan, J., & Ravallion, M. (2000). Is transient poverty different? Evidence for rural China. *Journal of Development Studies*, 92-99.
- Karp, D. A. (1990). You can take the boy out of Dorchester, but you can't take Dorchester out of the boy: Towards a Social Psychology of Mobility. United States: Society for the Study of Symbolic Interaction.
- Larrain B., F., & Sachs, J. D. (2002). *Macroeconomía en la economía global*. Buenos Aires: Pearson.
- Lemieux, T. (2006). Increasing Residual Wage Inequality: Composition Effects, Noisy Data, or Rising Demand for Skill? American Economic Association.
- León, A. (2007). ¿Qué es la educación? *Educere*, 596.
- Lev, B. (2010). *La importancia de la innovación: de activo intangible a valor para la empresa*. Madrid: Accenture.
- Mankiw, N., Romer, D., & Weil, N. D. (1992). Una contribución al crecimiento económico. *The quarterly journal of economics*.
- Max-Neef, M. (1986). *Desarrollo a Escala Humana*. Santiago: Biblioteca CF+S.
- Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience and Earnings*. United States: National Bureau of Economic Research.
- Morales Hidalgo, P. d. (5 de junio de 2018). Principales retos del sistema educativo en el Ecuador. (D. Cruz, Entrevistador)
- Murillo, J. (2007). School Effectiveness Research in Latin America. En T. Townsend, *International Handbook of School Effectiveness and Improvement* (págs. 75-90).
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. New York: Cambridge University Press.

- North, D., & Weingast, B. (1989). Constitutions and Commitment: The Evolution of Institutions Governing Public Choice in Seventeenth-Century England. *The Journal of Economic History*, 803-832.
- OCDE. (2001). Primeros Resultados del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) 2000 de la OCDE. OCDE.
- OCDE. (2004). Informe PISA 2003: Aprender del Mundo del Mañana. OCDE.
- OCDE. (2007). PISA 2006 Marco de Evaluación: Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. OCDE.
- OCDE. (2010). Informe PISA 2009: Tendencias de Aprendizaje y Cambios en el rendimiento de los estudiantes. OCDE.
- OCDE. (2013). Informe PISA 2012: Lo que los alumnos saben a los 15 años de edad y lo que pueden hacer con lo que saben. OCDE.
- OCDE. (2016). Informe PISA 2015: Resultados Clave. OCDE.
- ODS. (2015). *Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos*.
- OECD. (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills*.
- OECD. (2003). Informe PISA 2003: Aprender del mañana.
- OECD. (2012). *Equity and quality in education: Supporting disadvantaged students and schools*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.
- Perera, M., & Liambi, C. (2009). La Función de Producción Educativa: el posible sesgo en la estimación de efectos “institucionales” con los datos PISA. El caso de las escuelas de Tiempo Completo. Uruguay: Centro de Investigaciones Económicas (CINVE).
- Piñeros Jiménez, L. J., & Rodríguez Pinzón, A. (s.f.). Los Insumos Escolares en la Educación Secundaria y su Efecto Sobre el Rendimiento Académico de los Estudiantes: Un estudio en Colombia. World Bank.
- Rivkin, S., Hanushek, E. A., & Kain, J. F. (2005). Teachers, schools and Academic Achievement. *Econometrica*, 417.
- Rodríguez C., J. (2016). Determinantes de la deserción escolar en la educación secundaria asociados a las características de las instituciones educativas en el Ecuador. Quito.
- Sachs, J. (2015). *La Era del Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Columbia University Press.
- Santos, M. E. (2007). Quality of Education in Argentina: Determinants and Distribution using PISA 2000 test scores. Argentina.

- Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. Buenos Aires: Planeta.
- Smith, A. (1794). *La Riqueza de las Naciones*. Londres.
- Steele, F. (2005). Structural equation modeling: multilevel . Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science.
- Stiglitz, J. (2000). *La Economía del Sector Público*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Stufflebeam, D. L., & Shinkfield, A. J. (2012). *Systematic Evaluation: A Self-Instructional Guide to Theory and Practice*. Springer Science & Business Media.
- Stufflebeam, D., & Shinkfield, A. (1985). *Systematic Evaluation: A self-instructional guide to theory and practice*. SPRINGER.
- Tinoco Bernal, C., & Soler Mantilla, S. (2011). *Aspectos generales del concepto "capital humano"*. Bogotá: Criterio Libre.
- UK Essays. (2018). *Government Intervention in Education and the Environment*. Obtenido de Essays UK: <https://www.ukessays.com/essays/politics/government-intervention-education-5310.php?vref=1>
- UNESCO. (2014). *UNESCO Education Strategy 2014–2021*. Paris: UNESCO.
- United Nations. (2010). *United Nations Development Programme*. Obtenido de <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>
- United Nations Development Programme. (1994). *Human Development Report*. Oxford University Press.
- Vila, L. E. (2000). The non- monetary benefits of education. *European Journal of Education*, 34.
- Wooldridge, J. M. (2006). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno*. Madrid: Thomson Paraninfo S.A.
- World Health Organization. (2011). *The determinants of health expenditure: A country level panel data analysis*. Results for Development Institut.
- Zhang, J. (1996). Optimal Public Investments in Education and Endogenous Growth. *Scandinavian Journal of Economics*.

## 19. Anexos

### Anexo 1

**Tabla 11:** Variables seleccionadas para modelo de tres niveles lineales de rendimiento educativo

<b>Variable</b>	<b>Nombre completo</b>	<b>Tipo variable</b>	<b>Detalle</b>
<b>compnotas</b>	Componente de las notas	Numérica	Variable resultado de ACP entre los resultados de los estudiantes en las siguientes materias: Matemáticas, Lenguaje y Ciencias Naturales.
<b>hasta10lib</b>	Hasta 10 libros	Dummy (Categórica)	El estudiante tiene hasta 10 libros en su hogar.
<b>oncea25lib</b>	11 a 25 libros	Dummy (Categórica)	El estudiante tiene en su hogar de 11 a 25 libros.
<b>veint6a100lib</b>	26 a 100 libros	Dummy (Categórica) Variable referencia	El estudiante tiene en su hogar de 26 a 100 libros.
<b>cien1a200lib</b>	101 a 200 libros	Dummy (Categórica)	El estudiante tiene en su hogar de 101 a 200 libros.
<b>dos1a500lib</b>	201 a 500 libros	Dummy (Categórica)	El estudiante tiene en su hogar de 201 a 500 libros.
<b>mas500lib</b>	Más de 500 libros	Dummy (Categórica)	El estudiante tiene en su hogar más de 500 libros.
<b>indestadoocupa</b>	El índice de estado ocupacional más alto de los padres	Numérica	Variable que reúne el trabajo de la mamá, el trabajo del papá y la expectativa del estudiante de qué trabajo tendrá a los 30 años.
<b>recuedu</b>	Recursos educativos en casa	Numérica	El índice que resume a los recursos educativos medido como la tenencia de herramientas o mecanismos que van a mejorar las enseñanzas del estudiante como libros de texto, calculadora, diccionarios, espacio de trabajo silencioso en casa y libros de apoyo específicos en las materias.
<b>idiomaint</b>	Idioma internacional	Dummy (Dicotómica) Variable referencia: saber solo un idioma	Se habla idioma diferente al nativo en la casa del estudiante.
<b>gustaleer1</b>	Al alumno le gusta leer	Dummy	Al estudiante le gusta leer en su

<b>Variable</b>	<b>Nombre completo</b>	<b>Tipo variable</b>	<b>Detalle</b>
		(Dicotómica) Variable referencia: no les gusta leer	tiempo libre, es una de sus actividades preferidas.
<b>pordebnivel</b>	Grado por debajo del nivel	Dummy (Categórica)	El estudiante se encuentra en un nivel inferior al que debería estar de acuerdo a su edad.
<b>Nivel</b>	Grado en nivel	Dummy (Categórica) Variable referencia	El estudiante se encuentra en el nivel que debería estar de acuerdo a su edad.
<b>porencnivel</b>	Grado por encima del nivel	Dummy (Categórica)	El estudiante se encuentra en un nivel superior al que debería estar de acuerdo a su edad.
<b>escedu</b>	Escasez de personal educativo	Numérica	Combina las siguientes variables: cómo los directores perciben la oferta de profesores en la escuela para ver si su escuela se ve obstaculizada por la falta de maestros calificados y personal en áreas clave.
<b>estprof</b>	Ratio estudiante profesor	Numérica	Variable que define el número de estudiantes por profesor.
<b>propprofit</b>	Proporción de profesores con título de tercer nivel	Numérica	Del total de profesores que trabajan en la escuela, cuántos cuentan con estudios universitarios.
<b>propprocert</b>	Proporción de profesores con certificado	Numérica	Del total de profesores que trabajan en la escuela, cuántos cuentan con certificado que les permite ejercer la docencia.
<b>Villa</b>	La escuela está en una villa	Dummy (Categórica)	La escuela se encuentra dentro de una villa
<b>pueblopeq</b>	La escuela está en un pueblo pequeño	Dummy (Categórica)	La escuela se encuentra dentro de un pueblo pequeño
<b>Pueblo</b>	La escuela está en un pueblo	Dummy (Categórica)	La escuela se encuentra dentro de un pueblo
<b>Ciudad</b>	La escuela está en una ciudad	Dummy (Categórica) Variable referencia	La escuela se encuentra dentro de una ciudad
<b>granciudad</b>	La escuela está en una gran ciudad	Dummy (Categórica)	La escuela se encuentra dentro de una gran ciudad
<b>tipesc</b>	Tipo de escuela	Dummy (Dicotómica) Variable referencia: escuelas públicas	El tipo de escuela en el cual se encuentra el estudiante: pública o privada.
<b>educación</b>	Gasto en educación	Numérica	El gasto en educación medido como porcentaje del PIB.
<b>pibpeppa</b>	PIB per cápita PPA	Numérica	El PIB por persona con Paridad de Poder Adquisitivo es decir se cambió todas las unidades monetarias a dólares.
<b>Salud</b>	Gasto en salud	Numérica	El gasto en salud medido como

<b>Variable</b>	<b>Nombre completo</b>	<b>Tipo variable</b>	<b>Detalle</b>
			porcentaje del PIB.
<b>Inflación</b>	Tasa de inflación	Numérica	La tasa de inflación.
<b>Añoenc</b>	Año encuesta	Numérica	El año en el cual el estudiante realizó la encuesta.
<b>Constante</b>	Constante del modelo	Numérica	La constante del modelo.

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

## Anexo 2

**Tabla 12:** Países seleccionados para análisis

<b>País</b>	<b>Porcentaje de participación</b>
China	10,91
México	7,93
Canadá	7,31
Italia	6,08
España	5,09
Brasil	4,22
Australia	4,04
Reino Unido	3,71
Suiza	2,93
Bélgica	2,66
Indonesia	2,37
Tailandia	1,97
Finlandia	1,87
República Checa	1,86
Bulgaria	1,82
Japón	1,81
Chile	1,79
Rusia	1,78
Dinamarca	1,76
Portugal	1,75
Austria	1,69
Israel	1,63
Corea	1,61
Estados Unidos	1,61
Alemania	1,60
Grecia	1,54
Hungría	1,50
Francia	1,48
Suecia	1,46
Polonia	1,44
Noruega	1,43
Luxemburgo	1,42
Irlanda	1,40
Letonia	1,40
Países Bajos	1,38
Nueva Zelanda	1,38
Argentina	1,29
Islandia	1,08

<b>Total</b>	100
--------------	-----

Fuentes: OCDE PISA  
Elaboración: Propia

### Anexo 3

**Tabla 13:** Regresión de modelo nulo

Compnotas	Coefficiente	Error Estándar	Z	P > z	[95% Intervalo Confianza]	
Constante	-0,0245971	0,1315113	-0,19	0,852	-0,2823545	0,2331602
Parámetros de efectos aleatorios			Estimador	Error Estándar	[95% Intervalo Confianza]	
País:	varianza (constante)		0,6571375	0,1507612	0,4191531	1,030244
Idesc:	varianza (constante)		0,311082	0,0003167	0,0304936	0,0317352
Idest:	varianza (constante)		0,0315893	0,0000336	0,0315235	0,0316553
Test de razón de verosimilitud vs. Modelo lineal: chi2(2) = 6.1e+06					Prob > chi2 = 0,0000	

Fuentes: OCDE PISA  
Elaboración: Propia

### Anexo 4

**Tabla 14:** Regresión de modelo de intercepto aleatorio

Variable de grupo	Número de observaciones	Observaciones por grupo				
		Mínimo	Promedio	Máximo		
País	38	19.546	47.074,8	196.905		
Idesc	21.201	1	84,4	1.291		
Compnotas	Coefficiente	Error Estándar	Z	P > z	[95% Intervalo Confianza]	
Añoenc	0,0024467	0,0000354	69,13	0,000	0,0023773	0,0025161
Constante	-4,93344	0,1495249	-32,99	0,000	-5,226504	-4,640377
Parámetros de efectos aleatorios			Estimador	Error Estándar	[95% Intervalo Confianza]	
País:	varianza (constante)		0,6578958	0,1509353	0,4196366	1,031433
Idesc:	varianza (constante)		0,313766	0,0003194	0,0307568	0,032009
Idest:	varianza (constante)		0,0315011	0,0000335	0,0314355	0,0315668
Test de razón de verosimilitud vs. Modelo lineal: chi2(2) = 6.1e+06					Prob > chi2 = 0,0000	

Fuentes: OCDE PISA  
Elaboración: Propia

## Anexo 5

Tabla 15: Regresión de modelo de tres niveles lineales del rendimiento educativo de los estudiantes

Variable de grupo	Número de observaciones	Observaciones por grupo			
		Mínimo	Promedio	Máximo	
País	38	4.748	24.932,9	149.655	
Idesc	15.307	1	61,9	1.063	
Compnotas	Coefficiente	Error Estándar	Z	P > z	[95% Intervalo Confianza]
hasta10lib	-0,000046	0,0006049	0,08	0,939	-0,0011396 -0,0012316
oncea25lib	-0,0015535	0,000521	2,98	0,003	-0,0005324 -0,0025747
cien1a200lib	0,0013909	0,0005027	2,77	0,006	0,0023763 0,0004055
dos1a500lib	0,0013595	0,0005548	2,45	0,014	0,0024469 0,000272
mas500lib	0,0013599	0,0005677	2,80	0,002	0,00456373 0,00467658
indestadoocupa	0,0000467	0,0000104	4,49	0,000	0,000067 0,0000263
recuedu	0,004478	0,0002105	21,27	0,000	0,0040654 0,0048907
idiomaint	0,0118903	0,0006551	18,15	0,000	0,106063 0,0131742
gustaleer1	-0,0113327	0,0003596	-31,51	0,000	-0,0120376 -0,0106278
pordebnivel	-0,0106251	0,0008939	-11,89	0,000	-0,0123771 -0,0088731
porencnivel	0,033126	0,00115	28,80	0,000	0,03538 0,0308719
escedu	-0,0054431	0,0002351	-23,15	0,000	-0,005904 -0,0049823
Estprof	-0,001067	0,0000127	-83,82	0,000	-0,0010919 -0,001042
propprofit	0,0077081	0,0005558	13,87	0,000	0,0066188 0,0087974
propprocert	0,0306868	0,0008461	36,27	0,000	0,0290284 0,0323452
Villa	0,0119397	0,0009013	13,25	0,000	0,0101732 0,0137061
pueblopeq	0,0012525	0,0007075	1,77	0,000	-0,0001341 0,0026392
Pueblo	0,0115363	0,0006452	17,88	0,000	0,102718 0,0128008
granciudad	0,0851727	0,0007054	120,75	0,000	0,0837902 0,065552
Tipesc	-0,0190882	0,0005904	-32,33	0,000	-0,0202454 -0,0179311
pibpeppa	0,0000198	1.32 e-27	149,34	0,000	-0,0202454 -0,0179311
educación	-0,1047334	0,0006444	-162,52	0,000	0,00002 0,0000195
Salud	0,02752	0,0004805	57,27	0,000	-0,1059965 -0,1034704
inflación	0,0123453	0,0001226	100,68	0,000	0,012105 0,0125856
añoenc	0,0132109	0,0001034	127,80	0,000	0,0130083 0,0134135
constante	-25,20537	0,2750108	-91,65	0,000	-25,74438 -24,66635
Parámetros de efectos aleatorios		Estimador	Error Estándar	[95% Intervalo Confianza]	
País: varianza (constante)		1,311368	0,3008824	0,8364183	2,056012
Idesc: varianza (constante)		0,0211164	0,000259	0,0206149	0,0216301
Idest: varianza (constante)		0,0281622	0,0000413	0,0280814	0,0282432
Test de razón de verosimilitud vs. Modelo lineal: $\chi^2(2) = 2.6 e+06$				Prob > $\chi^2 = 0,0000$	

Fuentes: OCDE PISA

## Anexo 6

**Tabla 16:** Resumen de componentes principales, la correlación y los vectores propios

Compnotas	Valor propio	Error Estándar	Diferencia	Proporción	Acumulativo
<b>Comp1</b>	2,88625	2,82323	2,82323	0,9621	0,9621
<b>Comp2</b>	0,0630172	0,0122856	0,0122856	0,0210	0,9831
<b>Comp3</b>	0,0507316	0,0507316	-	0,0169	1,0000
Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Inexplicado	
<b>Mate</b>	0,5770	-0,6625	0,4778	0	
<b>Lectura</b>	0,5765	0,7446	0,3363	0	
<b>Ciencias</b>	0,5786	-0,0814	-0,8116	0	

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

**Tabla 17:** Resumen de componentes principales, la covarianza y los vectores propios

Compnotas	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulativo
<b>Comp1</b>	5972,21	5837,89	0,9625	0,9625
<b>Comp2</b>	134,315	36,1403	0,0216	0,9842
<b>Comp3</b>	98,1751	-	0,0158	1,0000
Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Inexplicado
<b>Mate</b>	0,6403	-0,7385	-0,2111	0
<b>Lectura</b>	0,5318	0,6245	-0,5719	0
<b>Ciencias</b>	0,5542	0,2540	0,7927	0

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

**Tabla 18:** Análisis de factores y la correlación

Factor	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulativo
<b>Factor1</b>	2,88625	2,82323	0,9621	0,9621
<b>Factor2</b>	0,06302	0,01229	0,0210	0,9831
<b>Factor3</b>	0,05073	-	0,0169	1,0000

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

**Tabla 19:** Cargas factoriales y variaciones únicas

Variable	Factor1	Unicidad
<b>Mate</b>	0,9802	0,0392
<b>Lectura</b>	0,9794	0,0407

<b>Ciencias</b>	0,9829	0,0338
-----------------	--------	--------

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

**Tabla 20:** Coeficientes de puntuación

<b>Variable</b>	<b>Factor1</b>
<b>Mate</b>	0,33961
<b>Lectura</b>	0,33935
<b>Ciencias</b>	0,34056

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

**Tabla 21:** Correlación entre materias y componente principal seleccionado

	<b>f1</b>	<b>ciencias</b>	<b>lectura</b>	<b>mate</b>
<b>f1</b>	1,0000	0,9829	0,9794	0,9802
<b>ciencias</b>	0,9829	1,0000	0,9451	0,9471
<b>lectura</b>	0,9794	0,9451	1,0000	0,9371
<b>mate</b>	0,9802	0,9471	0,9371	1,0000

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia

**Tabla 22:** Coeficientes de puntuación

<b>Determinante de la matriz de correlación</b>	
<b>Determinante</b>	0,009
<b>Prueba de esfericidad de Bartlett</b>	
<b>Chi- cuadrado</b>	8,38e+06
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>P-valor</b>	0.000
<b>H0:</b> Variables no están correlacionadas	
<b>Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin</b>	
<b>KMO:</b>	0,789

Fuentes: OCDE PISA

Elaboración: Propia