

## Factores explicativos de la alfabetización científica en medio ambiente en estudiantes chilenos

### Explanatory Factors of Environmental Science Literacy in Chilean Students

Marianela B. Navarro C.

Centro de Medición MIDE UC, Pontificia Universidad Católica de Chile

#### Resumen

Este estudio tiene como objetivo analizar variables, tanto de los estudiantes como de las escuelas, con mayor capacidad explicativa en la alfabetización científica en medio ambiente. Para este efecto se emplea la base de datos de la prueba PISA 2006 y se realiza una estimación de los modelos lineales jerárquicos en dos niveles del índice de alfabetización científica en medio ambiente y de dicho índice, controlado por la competencia lectora de los estudiantes. Los resultados del estudio revelan que, en el primer modelo, las variables que mejor explican la varianza del desempeño en medio ambiente de los alumnos son: la competencia lectora, el sexo y el efecto pares. En el segundo modelo emerge el estatus socioeconómico y cultural como una de las variables que dan cuenta de las diferencias individuales, pero con menor peso que la competencia lectora en el modelo precedente.

**Palabras clave:** alfabetización científica, alfabetización científica en medio ambiente, PISA 2006, enseñanza de la ciencia, educación ambiental, análisis jerárquico

---

#### Correspondencia a:

Marianela B. Navarro C.

Dirección: Vicuña Mackenna 4860, Macul. Santiago, Chile

Correo electrónico: mnavarr@uc.cl

Este trabajo ha sido financiado con el apoyo de una Beca de Doctorado de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt). La autora agradece a la profesora Erika Himmel por su colaboración en la revisión de los manuscritos de este trabajo y por sus valiosas sugerencias.

---

© 2013 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN: 0719-0409      DDI: 203.262, Santiago, Chile  
doi:10.7764/PEL.50.2.2013.6

## Abstract

This study aims to analyze variables with explanatory power of both students and schools on environmental science literacy. The database of the PISA 2006 is used. Two hierarchical linear models are estimated, each one with two levels: one of the index of environmental scientific literacy and the other of this index, controlled by the reading skills of students. The results show that in the first model, the variables that best explain the variance of the student's index of the environmental literacy are reading comprehension, gender and peer effect of students. In the second model, the social, economic and cultural status emerges as one of the variables that significantly explains individual differences, but with a lower weight than reading comprehension in the previous model.

**Keywords:** scientific literacy, environmental science literacy, PISA 2006, science teaching, environmental education, hierarchical linear models

La presencia del ser humano sobre el planeta Tierra ha dejado una huella que ha significado una modificación substancial del paisaje terrestre (OCDE, 2009a; SEMARNAT, 2008). Este escenario no es distinto en Chile, país que ha experimentado un acelerado crecimiento económico que ha tenido consecuencias adversas sobre los recursos naturales, la biodiversidad y la calidad del aire (Cepal/OCDE, 2005). Respecto de esto último, Chile está dentro de los países pertenecientes a la OCDE que presentan los niveles más peligrosos de contaminación del aire (OCDE, 2011).

Este crítico escenario plantea una doble necesidad. En primer lugar, exige que las personas adquieran una comprensión de problemáticas ambientales cada vez más complejas y que se discuten continuamente en los medios de comunicación y, en segundo término, se requiere que las generaciones actuales y futuras sean más conscientes de los problemas ambientales y tomen decisiones cotidianas que propendan a una sociedad respetuosa de los recursos y el entorno natural (Bybee, 2008).

Por lo tanto, la educación en general y la educación científica, en particular, tienen la responsabilidad de responder a estas necesidades. Hoy el desafío ya no es solamente formar un mayor número de científicos vinculados a ciencias del medio ambiente, sino, además, y por sobre todo, formar ciudadanos informados y motivados, alfabetizados científicamente, capaces de comprender e interpretar las teorías científicas, cuyas acciones y decisiones sean coherentes con una conducta de respeto por el ambiente y por las futuras generaciones (Robinson & Crowther, 2001).

La alfabetización científica en medio ambiente resulta determinante en las decisiones y acciones de las personas, pues definen cómo ellas se relacionan con su entorno. Esto último evidencia la importancia del medio ambiente como un componente fundamental de alfabetización científica (Bybee, 2008; Robinson & Crowther, 2001).

En suma, la necesidad de una ciudadanía alfabetizada en medio ambiente es evidente, a la luz del consenso científico que identifica al ser humano como principal responsable de la alteración del ecosistema que sustenta la vida en la Tierra (Covitt, Junckel, & Anderson, 2009).

A pesar de la relevancia de la alfabetización científica en medio ambiente, se han encontrado pocos estudios que aborden su evaluación y análisis. Al respecto, la medición PISA 2006 proporciona una buena aproximación de la alfabetización científica en medio ambiente de los estudiantes de 15 años, debido al énfasis que ha puesto PISA en esta problemática (Bybee, 2008; OCDE, 2008). De hecho, el estudio *Green at fifteen?* (OCDE, 2009a), derivado de PISA 2006, analiza el desempeño de los estudiantes de los países que participaron de en dicha medición en la temática del medio ambiente. Este estudio revela que la mayoría de los escolares de 15 años en los países de la OCDE se ubican por sobre la media del puntaje de medio ambiente, mientras que los países latinoamericanos se ubican principalmente bajo este parámetro. Del total de países participantes en PISA 2006, Chile se ubica en el lugar 41 de 57 países en cuanto a desempeño en medio ambiente.

Si bien el puntaje promedio de los estudiantes chilenos resultó ser el más alto de Latinoamérica (OCDE, 2009a), al analizar los niveles de desempeño establecidos en el estudio *Green at fifteen* se observa que un

31 % de los estudiantes chilenos alcanza el nivel D (mínimo). El nivel D se define como el nivel básico de competencia, en el cual los estudiantes comienzan a demostrar un conocimiento sobre medio ambiente que les permite participar de manera efectiva y productiva en situaciones de la vida cotidiana relacionadas con las ciencias ambientales. Más específicamente, los estudiantes que alcanzan el nivel D son capaces de responder una pregunta sobre medio ambiente donde la información necesaria para responderla está dada; sin embargo no pueden responder preguntas que, por ejemplo, requieran una comprensión de las interrelaciones de un ecosistema, pues sus conocimientos no les permiten resolver un problema nuevo. Más preocupante resulta el hecho de que un 26% de los estudiantes se ubica bajo el nivel mínimo, lo cual significa que no presentan competencias científicas en medio ambiente para las tareas más sencillas que plantea PISA. En este nivel los estudiantes no son capaces de interpretar un gráfico ni de mostrar conocimientos básicos sobre medio ambiente. En el otro extremo, los estudiantes que logran el nivel A (máximo) pueden resolver problemas más complejos mediante el uso de un gran conocimiento sobre ciencias ambientales y son capaces de comprender, explicar e interpretar procesos ambientales complejos como la lluvia ácida, la dinámica poblacional y la evolución de las especies; no obstante, solo un 9 % de los estudiantes chilenos tiene este nivel.

Estos antecedentes señalan la necesidad de analizar más específicamente la alfabetización científica en medio ambiente en los estudiantes chilenos, tratando de identificar variables de la realidad chilena que den cuenta de las diferencias advertidas en los grupos con mayor desarrollo de la alfabetización científica y aquellos que se encuentran lejos de alcanzarla. De esta manera, el objetivo de este estudio es explicar la variabilidad observada en alfabetización científica en medio ambiente en estudiantes chilenos de 15 años a partir de variables propias del estudiante y su contexto familiar y variables propias de la escuela. A la fecha, se desconocen estudios en Chile que hayan analizado la alfabetización científica en medio ambiente de los estudiantes chilenos y, menos aún, que hayan utilizado una metodología de análisis multinivel para explicar su desempeño en medio ambiente.

### La alfabetización científica en medio ambiente

El concepto de alfabetización ambiental surge en el contexto del Año Internacional de la Alfabetización Ambiental como una educación funcional básica para todas las personas que proporciona el conocimiento elemental y las aptitudes y motivaciones para hacer frente a las necesidades ambientales y contribuir al desarrollo sustentable (Unesco, 1989), constituyendo así la primera aproximación al concepto de alfabetización científica en medio ambiente.

Años más tarde, otros autores (Coyle, 2005; Marcinkowski, & Rehrig, 1995; Moody & Hartel; 2007; Roth, 1992) han enriquecido las conceptualizaciones. En particular, Coyle establece tres categorías crecientes de sensibilización ambiental, donde la tercera se denomina *alfabetización ambiental*. Coyle define la alfabetización ambiental como la comprensión de los principios científicos básicos y las habilidades necesarias para investigar sobre medio ambiente y saber utilizar los principios y habilidades, tanto en las ciencias como en la vida cotidiana y las políticas ambientales. Esta definición ha pasado a ser un referente para autores posteriores (Anderson et al., 2006; Covitt et al., 2009; OCDE, 2009a), quienes se sustentan en este concepto para construir una definición de alfabetización científica en medio ambiente.

Es así como el estudio *Green at fifteen?* (OCDE, 2009a) define la alfabetización científica en medio ambiente como conocimiento científico y uso de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar los fenómenos científicos relacionados con el medio ambiente y extraer conclusiones basadas en evidencias sobre el medio ambiente; comprensión de los rasgos característicos de las ciencias ambientales como una forma de conocimiento humano e investigación; sensibilización sobre cómo las ciencias ambientales dan forma al uso de los recursos de la Tierra, a las políticas sobre la sustentabilidad del medio ambiente y a la responsabilidad futura de la calidad del medio ambiente; y voluntad de comprometerse con las ciencias ambientales y con sus ideas, como un ciudadano reflexivo y consumidor responsable de recursos naturales.

Dada su relevancia, la alfabetización científica en medio ambiente constituye una importante finalidad de la enseñanza de las ciencias en la escuela (Navarro, 2012; OCDE, 2009a).

## PISA 2006 y el medio ambiente

PISA 2006 brindó una especial atención al medio ambiente, por cuanto PISA considera que esta temática constituye un núcleo central que debe estar incorporado en todos los programas educativos, promoviendo la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones personales y sociales sobre desafíos medioambientales futuros basadas en evidencia científica.

En efecto, la problemática del medio ambiente se encuentra presente en PISA 2006 en forma transversal en diferentes aspectos que constituyen su marco de evaluación en ciencias: a) conocimientos (conservación de la energía, biodiversidad, sustentabilidad, clima global, entre otros); b) áreas de aplicación, (medio ambiente y recursos naturales); c) contextos de evaluación (personal, social y global); d) actitudes hacia el cuidado del medio ambiente (responsabilidad, conciencia y voluntad de actuar por el mantenimiento de un entorno sostenible). Además de estos cuatro elementos, PISA explora la cobertura curricular de las escuelas en el tema ambiental mediante información proporcionada por sus directores.

Por ello PISA 2006 representa una oportunidad de evaluación de la alfabetización científica en medio ambiente, al proporcionar antecedentes acerca de factores personales, familiares e institucionales que pueden dar cuenta de las diferencias entre los desempeños individuales en Chile.

### Variables vinculadas con el desempeño en ciencias y en medio ambiente

De modo general, es posible afirmar que el rendimiento académico puede considerarse el resultado del efecto de diversas variables que influyen en el proceso de aprendizaje del alumno. De acuerdo con Redondo y Navarro (2007), estas variables pueden estar relacionadas con características de la escuela y su entorno, así como con características de la sala de clases, de los profesores y de sus compañeros, con aspectos socioeconómicos y culturales y con características del alumno y su contexto familiar.

### Variables del estudiante y su contexto familiar

Entre estos aspectos, el nivel socioeconómico de los estudiantes ha sido definido como el principal factor explicativo de las diferencias en el logro de aprendizajes, que ejerce una poderosa influencia sobre el rendimiento (Ho, 2010; Hogrebe & Tate, 2010; Navarro y Förster, 2012; OCDE, 2008). La evidencia internacional aportada por mediciones transnacionales como PISA y TIMSS y chilenas como SIMCE<sup>1</sup> y PSU<sup>2</sup> confirman esta tendencia. Asimismo, en el estudio *Green at fifteen?* (OCDE, 2009a), al analizar el desempeño en medio ambiente en función del nivel socioeconómico y cultural, este muestra una asociación positiva con la alfabetización científica en medio ambiente que se logra. Este resultado es congruente con lo que revelan Pe'er, Goldman y Yavetz (2007) y Negev, Sagy, Garb, Salzberg y Tal (2008). Las escuelas en Chile agrupan niños de condiciones socioeconómicas homogéneas y, en este contexto, Treviño, Donoso y Bonhomme (2009) establecen que la asociación entre resultados de aprendizaje en ciencias y nivel socioeconómico es más clara cuando se agrupa a los estudiantes por escuela (*efecto pares*) que a nivel individual. Sin embargo, no se han encontrado estudios que exploren la relación entre el efecto pares y la alfabetización científica en medio ambiente.

El sexo del estudiante es otro factor que se vincula con el desempeño en ciencias, y la inequidad en la enseñanza científica desfavorable para las mujeres es un problema internacional (Buccheri, Gurber & Bruhwiler, 2011). TIMSS, por ejemplo, muestra que los varones obtienen puntajes más altos que las niñas y, en orden de magnitud, Chile es el segundo país que presenta mayor diferencia en este sentido (IEA, 2004). En la prueba de ciencias de PISA, en cambio, no se demuestra una tendencia internacional clara a este respecto. No obstante, en Chile se observa que los varones obtienen 22 puntos más que las niñas en promedio y esta diferencia es estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) (MINEDUC, 2007). La medición nacional SIMCE también revela diferencias de sexo favorables a los varones en desempeño

<sup>1</sup> El Sistema de Medición de la Calidad de la Educación de Chile (SIMCE) es una batería de pruebas que se aplican en Chile de manera censal en 4.º, 8.º y 10.º grado en las áreas de matemáticas, lenguaje y ciencias.

<sup>2</sup> La Prueba de Selección Universitaria de Chile (PSU) es una prueba que se aplica al finalizar la educación secundaria como requisito de ingreso a las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores.

científico (SIMCE, 2010). Respecto de las diferencias por sexo observadas en el desempeño en medio ambiente, estas se mantienen a favor de los varones en la mayoría de los países, pero la brecha más importante se registra en Chile (OCDE, 2009a).

La lectura es otra variable que ha demostrado una fuerte asociación con el desempeño en los saberes científicos (Cromley, Snyder-Hogan, & Luciw-Dubas, 2010; O'Really & McNamara, 2007; Uribe, 2009). En efecto, Smith, Holliday y Austin (2009) señalan que los estudiantes universitarios, a pesar del uso intensivo que hacen de libros de ciencia, no tienen la competencia suficiente para comprender textos informativos, visión que comparten sus profesores (Norris et al., 2008). A partir de esta evidencia puede conjeturarse que una baja competencia lectora dificulta la comprensión del lenguaje utilizado en los ítems de las pruebas, lo que afecta al rendimiento en el área científica (Maerten-Rivera, Myers, Lee, & Penfield, 2010). En este contexto, una mejor competencia en la comprensión de lectura de los textos de ciencia podría mejorar el desempeño científico a largo plazo (Cromley et al., 2010) y ayudar incluso a compensar algunos déficits de conocimiento (O'Really & McNamara, 2007). Otros autores (Guzzetti & Bang, 2011; Norris et al., 2008) abogan por la integración entre ciencia y lectura por tratarse de un aspecto central en el trabajo científico. En efecto, los científicos dedican casi dos tercios de su tiempo a la lectura, que constituye el primer recurso para la estimulación de la creatividad científica. Trasladando esto a la enseñanza de la ciencia, se han encontrado propuestas que promueven la enseñanza de la lectura en las clases de ciencia; no obstante, los profesores de ciencia consideran la lectura solo como una herramienta y no como un elemento central en la enseñanza de su disciplina (Norris et al., 2008).

### VARIABLES DE LA ESCUELA

Entre las variables propias de la escuela que pueden tener una incidencia en el desempeño de los estudiantes figura la calidad de los docentes como un promotor de aprendizaje, incluso pudiendo dar cuenta de un 30% de la varianza de los resultados (Hattie, 2003). Un estudio realizado en Chile revela que los docentes evaluados en forma favorable permiten que sus alumnos obtengan mejores resultados en el SIMCE (Bravo, Falck, González, Manzi y Peirano, 2008). Específicamente en enseñanza de las ciencias, Treviño et al. (2009) afirman que las buenas prácticas docentes promueven en los estudiantes el cambio desde una comprensión de sentido común de los fenómenos hacia las explicaciones científicas de los mismos. En este contexto, la disponibilidad de buenos profesores de ciencia es crucial para el aprendizaje de esta disciplina.

Asimismo, las características de los estudiantes que conforman un curso pueden ejercer una influencia sobre el logro de aprendizaje a través de acciones tales como realizar tareas juntos o incidiendo en la motivación del profesor (Hanushek, Kain, Markman, & Rivkin, 2003; Valenzuela, Bellei, Sevilla y Osses, 2009). Esta idea prometedora señala que el capital cultural del estudiante no depende solo de las condiciones socioeconómicas de entrada que trae el niño desde su hogar, sino también de la influencia que puedan ejercer sus compañeros de clase o de escuela (Vanderberghe, 2002). A este fenómeno se le conoce como *efecto pares*. De acuerdo con Hattie (2003), el efecto pares puede dar cuenta de un 5% a 10% de la varianza del logro de aprendizaje. Ligado a lo anterior, la selección de estudiantes es otro factor escolar considerado determinante en los resultados de aprendizaje (Hanushek, Kain, Markman, & Rivkin, 2003; Treviño, Donoso y Bonhome, 2009).

## METODOLOGÍA

### DISEÑO MUESTRAL

El trabajo consiste en un análisis secundario de datos PISA 2006<sup>3</sup>, empleando como marco de referencia el estudio *Green at fifteen?* (OCDE, 2009a). La población de PISA 2006 para Chile está conformada por los estudiantes chilenos de 15 años matriculados en los establecimientos educacionales de todo el país, de diferentes dependencias administrativas y modalidades de formación.

<sup>3</sup> Se utilizaron los datos del año 2006 porque esa medición se centró en la competencia científica, por lo que proporcionó un número de ítems importante en la competencia científica en medio ambiente.

El muestreo es de tipo estratificado, aleatorio, con probabilidad proporcional al tamaño de la escuela. El diseño muestral es bietápico, y la primera fase consiste en la selección de una muestra aleatoria de escuelas con estudiantes de 15 años y una segunda etapa donde se escogen al azar aproximadamente 35 estudiantes de las escuelas ya seleccionadas. La muestra de Chile quedó conformada por 173 escuelas y 5233 estudiantes, siendo representativa de la población escolar de 15 años de Chile (OCDE, 2009a).

Para efectos de este estudio, se consideraron 4970 estudiantes distribuidos en 144 establecimientos educacionales. Esta reducción se debe a la sustracción de aquellos casos donde no fue posible estimar un puntaje de medio ambiente. El nivel socioeconómico y cultural ( $M = -0,7$ ;  $SD = 1,18$ ) es inferior al de la OCDE ( $M = 0$ ;  $SD = 1$ ). Respecto de la distribución por sexo, la muestra está conformada por un 46% de mujeres y un 54% de hombres, aproximadamente. En cuanto al nivel de estudios, un 2% de los estudiantes se encuentra entre 7° y 8° año de enseñanza básica, un 92%, entre 1° y 2° año de enseñanza media, un 3% entre 3° y 4° año de enseñanza media científico-humanista y un 3% en 3° a 4° año de enseñanza media técnico-profesional.

De las escuelas, un 48 % corresponde a establecimientos públicos (escuelas municipales) y un 52% a instituciones privadas (particulares subvencionadas y particulares pagadas). No fue posible establecer la separación entre escuelas municipales y particulares subvencionadas debido a un alto porcentaje de datos faltantes en esta categoría.

## Variables

Como indicador de la alfabetización científica en medio ambiente de los estudiantes chilenos, se utilizará el índice de medio ambiente construido en el contexto del estudio *Green at fifteen?* (OCDE, 2009a). Dicho índice fue elaborado sobre la base del modelo de Rasch (IRT) considerando 24 ítems de PISA 2006 relativos a temas de medio ambiente. Para el primer análisis se utilizó el índice como tal y para el segundo se utilizaron los residuos estudentizados del índice al controlar por lectura (el que a su vez se controló por ISEC).

Las variables explicativas se seleccionaron después de un análisis correlacional, tomando en cuenta la magnitud de las intercorrelaciones entre las variables independientes para controlar la colinealidad entre las mismas, así como la correlación de estas con la variable dependiente y los logros de aprendizaje general o en ciencias o medio ambiente. De esta manera, se agruparon las variables explicativas en dos conjuntos: a) variables del estudiante: puntaje en lectura, sexo, ISEC<sup>4</sup>; b) variables de la escuela: efecto pares, selectividad académica, tipo de colegio (público o privado), actividades escolares para promover el aprendizaje sobre temas de medio ambiente, escasez de profesores de ciencia calificados en el establecimiento educacional.

En general se optó por utilizar los índices construidos por PISA 2006 por sobre indicadores aislados, por cuanto estos tienen la ventaja de ser más confiables y combinar información (OCDE, 2008). Los datos perdidos fueron imputados por la media. Para la imputación de datos en variables a nivel del estudiante se utilizó la información por escuela y para los datos faltantes por escuela se empleó el dato por país. Asimismo, las variables categóricas fueron recodificadas en variables mudas (*dummy*).

Las variables, sus estadísticos descriptivos y su recodificación en variables mudas (*dummy*) para las variables categóricas se presentan en la Tabla 1.

<sup>4</sup> El ISEC, o 'índice del estatus socioeconómico y cultural', se construye considerando el índice socioeconómico del estatus ocupacional del padre y de la madre (el más alto), el nivel de estudios de los padres (el más alto) y el índice de recursos en el hogar. Los puntajes se derivan de un análisis de componentes principales, donde los ítems se agruparon en un solo factor, con un 60% de porcentaje de varianza explicada para Chile. Las puntuaciones están estandarizadas, con un promedio de 0 y una desviación estándar de 1.

Tabla 1  
Variables en el análisis con sus estadísticos descriptivos

Variable	Codificación	Media	D. T.	Mín.	Máx.
A nivel del estudiante					
Lectura	V. continua	446,26	93,72	97,82	728,26
Sexo ref.: hombre)	1 = Sí; 0 = No	0,46	0,50	0,00	1,00
ISEC	V. continua	- 0,68	1,18	- 4,50	2,50
A nivel de la escuela					
Efecto pares	V. continua	- 0,68	0,88	- 2,36	1,58
Actividades escolares para promover el aprendizaje de temas de medio ambiente	V. continua	- 0,16	9,87	- 22,70	13,90
Tipo de colegio (ref.: privado)	1 = Sí; 0 = No	0,42	0,49	0,00	1,00
Escasez de profesores de ciencia calificados (ref.: poco)	1 = Sí; 0 = No	0,09	0,29	0,00	1,00
Selectividad académica (ref.: baja)	1 = Sí; 0 = No	0,21	0,41	0,00	1,00

#### Procedimiento de análisis de datos

Con el propósito de analizar el comportamiento de las diferentes variables en la muestra chilena y evaluar una potencial colinealidad, previamente a los análisis jerárquicos se realizaron análisis de correlación de Pearson entre las potenciales variables explicativas y, luego, con el puntaje de medio ambiente.

A continuación, se realizaron dos modelos jerárquicos. El análisis jerárquico constituye una extensión de la regresión lineal, pero toma en cuenta la estructura jerárquica de los datos, lo que permite explorar la variabilidad en los logros de aprendizaje en medio ambiente de los estudiantes considerando variables de diferentes niveles. De este modo, es posible diferenciar entre la variabilidad de los aprendizajes logrados, atribuible a características de los estudiantes, y la variabilidad explicada por factores de la escuela (Raudenbush & Bryk, 2002; Snijders & Bosker 1999), aspecto fundamental en el sistema educativo chileno, donde los estudiantes que asisten a una misma escuela presentan condiciones sociales y culturales muy semejantes (Consejo Asesor Presidencial, 2006; OCDE, 2004).

Las etapas para llevar a cabo el análisis adoptaron las indicaciones planteadas en el *Informe técnico de PISA 2006* (OCDE, 2009b).

En primer lugar, se realizó una normalización de los pesos por la variable W\_FSTUWT, que pondera a cada estudiante al interior de la muestra de acuerdo con la estratificación de la misma. Por otra parte, todas las variables fueron centradas en su media; así, el intercepto se interpreta como el puntaje logrado en medio ambiente para un estudiante que tiene la media nacional en todas las variables incluidas en el modelo.

Se estimaron dos modelos lineales jerárquicos de dos niveles, considerando como variables dependientes el índice de medio ambiente (modelo 1) y los residuos del índice de medio ambiente al controlar por la comprensión lectora<sup>5</sup> (modelo 2). Para ambos modelos se procedió siguiendo tres pasos: el primero consistió en la descomposición de la varianza a través del modelo nulo o incondicional (sin predictores),

<sup>5</sup> Para el segundo modelo, la variable dependiente corresponde a los residuos estudentizados del puntaje en medio ambiente al controlar por el puntaje en lectura. A su vez, la variable lectura corresponde a los residuos del puntaje en lectura al controlar por ISEC. De este modo se resta de la variable dependiente del modelo 2 tanto el efecto de la lectura como del ISEC.

calculando el coeficiente de correlación intraclase<sup>6</sup> (CCI). Como segundo paso, se construyeron dos submodelos: a) con variables a nivel del estudiante y su contexto y b) con variables a nivel de la escuela. Para cada submodelo se ingresan las variables una a una, de tal manera de evaluar su contribución al modelo mediante el criterio de información de Akaike (AIC<sup>7</sup>), escogiendo modelos con más bajo AIC. Como tercer y último paso se conformó el modelo final, considerando solo aquellas variables que resultaron estadísticamente significativas en los submodelos precedentes ( $p < 0,05$ ).

Para todos los modelos las pendientes se consideran fijas y los interceptos aleatorios, básicamente porque no se dispone de una hipótesis de variación de pendientes; por lo tanto, se adopta el modelo de mayor parsimonia.

## Resultados

El análisis de correlación permitió evaluar la magnitud de la relación entre el índice de medio ambiente y las potenciales variables explicativas. Entre las correlaciones más importantes en orden de magnitud se encuentran: efecto pares ( $r = 0,38$ ;  $p < .01$ ); ISEC ( $r = 0,32$ ;  $p < .01$ ); sexo (1 = mujer; 0 = hombre) ( $r = -0,17$ ;  $p < .01$ ); colegio público ( $r = -0,17$ ;  $p < 0,01$ ). Por su parte, la lectura muestra una correlación importante con el índice de medio ambiente ( $r = 0,57$ ;  $p < 0,01$ ) y una correlación parcial, controlando por ISEC, de un orden de magnitud semejante ( $r = 0,50$ ;  $p < 0,01$ ). Esto último permite señalar que existe un factor común entre lectura y desempeño en medio ambiente que va más allá del ISEC. Igualmente, se analizó la correlación entre el índice de medio ambiente y el puntaje de ciencias de PISA 2006 que mide alfabetización científica, y se observó una estrecha relación entre ambas ( $r = 0,68$ ;  $p < 0,01$ ), que indica que el medio ambiente es un componente de la alfabetización científica.

### Modelo jerárquico 1

**Paso 1: modelo nulo.** El modelo nulo, o incondicional, permite descomponer la varianza del índice de medio ambiente en la varianza entre escuelas y en la varianza intraescuela. A partir de estos dos componentes de varianza se estimó el CCI, siendo este de 0,18 para el índice de medio ambiente, es decir, un 18% de la variabilidad en los puntajes del índice de medio ambiente (variable dependiente 1) corresponde a variabilidad entre escuelas y un 82% se refiere a variabilidad intraescuela. El intercepto del modelo nulo resultó ser igual a 460,08 puntos en el puntaje de medio ambiente ( $SD = 3,71$ ;  $p < 0,001$ ).

**Paso 2: modelo con variables a nivel del estudiante y su contexto e índice de medio ambiente como variable dependiente.** Se examinaron tres modelos alternativos al modelo nulo, en el que los predictores a nivel del estudiante se incorporan paso a paso y cuya contribución se evaluó mediante el AIC. En el tercero de ellos se observó que las variables que resultaron estadísticamente significativas fueron lectura, sexo ( $p < 0,001$ ) y el ISEC ( $p < 0,05$ ). Estas variables permiten dar cuenta de un 93 % de la variabilidad entre escuelas y de un 21% de la variabilidad intraescuela.

La variable más explicativa de las diferencias en cuanto al logro del desempeño en medio ambiente fue la competencia lectora, que explica por sí sola el 89% de la variabilidad entre escuelas (16% de la varianza total) y el 19% de la variabilidad intraescuela (16% de la varianza total). Luego, tanto el sexo (segundo lugar) como el ISEC (tercer lugar) resultaron estadísticamente significativos; no obstante, su contribución al modelo da cuenta de una porción mucho menor de la variabilidad. Cabe destacar que la variable *sexo* (1 = mujer; 0 = hombre) mostró un coeficiente de regresión negativo, lo que pone en evidencia un desempeño en medio ambiente más bajo en mujeres que en hombres.

**Modelo con variables a nivel de la escuela e índice de medio ambiente como variable dependiente.** Se construyeron dos modelos alternativos al modelo nulo; en el segundo modelo resultaron estadísticamente

<sup>6</sup> 
$$\rho = \frac{\sigma_{\text{between-school}}^2}{\sigma_{\text{between-school}}^2 + \sigma_{\text{within-school}}^2}$$

El coeficiente de correlación intraclase ( $\rho$ ) es la proporción de la varianza total que corresponde a la varianza entre escuelas.

<sup>7</sup> El AIC (criterio de información de Akaike) es un estadístico de ajuste global que indica en qué medida el modelo propuesto es capaz de representar la variabilidad. Mientras menor sea el valor del AIC, mejor será el ajuste (Pardo, Ruíz y San Martín, 2007).



significativas las variables *efecto pares* ( $p < 0,001$ ) y *selectividad* ( $p = 0,001$ ), que entre ambas explican un 78% de la variabilidad entre escuelas (14% de la variabilidad total). El efecto pares resultó ser el predictor de mayor peso (13% de la variabilidad total) y la selectividad mostró una contribución mucho menor ( $< 1\%$ ). Estos dos predictores no lograron dar cuenta de la variabilidad intraescuela. Las otras variables de este nivel (actividades escolares para promover el aprendizaje de temas de medio ambiente; tipo de colegio y escasez de profesores de ciencia calificados) no mostraron una contribución estadísticamente significativa en los modelos ( $p > 0,05$ ).

**Paso 3: modelo final.** Por último, se obtuvo el modelo final, resultante de la integración de aquellas variables que resultaron estadísticamente significativas en el paso 2: con variables a nivel de estudiante y su contexto y con variables a nivel de la escuela. El ISEC dejó de ser estadísticamente significativo, al igual que la variable *selectividad* ( $p > 0,05$ ). En cambio, la lectura, el sexo y el efecto pares se mantuvieron como variables predictoras, contribuyendo al modelo explicativo ( $p < 0,001$ ) (Tabla 2).

Tabla 2  
Modelo jerárquico 1

Modelo	Nulo	1	2	3	4
Intercepto	460,08 (3,71)	459,59 (1,61)	459,59 (1,50)	459,53 (1,43)	459,49 (1,39)
Lectura		0,54 (0,01)	0,56 (0,01)	0,54 (0,01)	0,53 (0,01)
Sexo (Ref: hombre)			- 27,15 (2,13)	- 26,42 (2,13)	- 26,69 (2,11)
Estatus socioeconómico y cultural				3,62 (1,09)	--
Efecto pares					8,06 (1,79)
Varianza intraescuela	7759,49	6290,97	6118,49	6086,96	6012,87
Varianza entre escuelas	1681,88	179,24	139,63	121,22	99,45
CCI	0,18	0,03	0,02	0,02	0,02
AIC	61972,04	60678,20	60520,60	60487,50	60503,74
% Varianza intraescuela	0,00	0,19	0,21	0,22	0,23
Cambio		0,19	0,02	0,00	0,01
% absoluto		15,55	1,83	0,33	0,78
% varianza entre escuelas	0,00	0,89	0,92	0,93	0,94
Cambio		0,89	0,02	0,01	0,01
% absoluto		15,92	0,42	0,19	0,23

$N = 4970$

La Figura 1 ilustra el modelo final 1, que da cuenta de la variabilidad del índice de medio ambiente (variable dependiente 1). Este modelo logró explicar un 94% de la variabilidad entre escuelas (17% del total de varianza) y de un 21% de la variabilidad intraescuela (17% del total de varianza). Quedó un 66% de varianza no explicada, la cual se descompone en un 1% de variabilidad entre escuelas y un 65% de la variabilidad intraescuela. El modelo completo logró explicar un 34% de la variabilidad total.

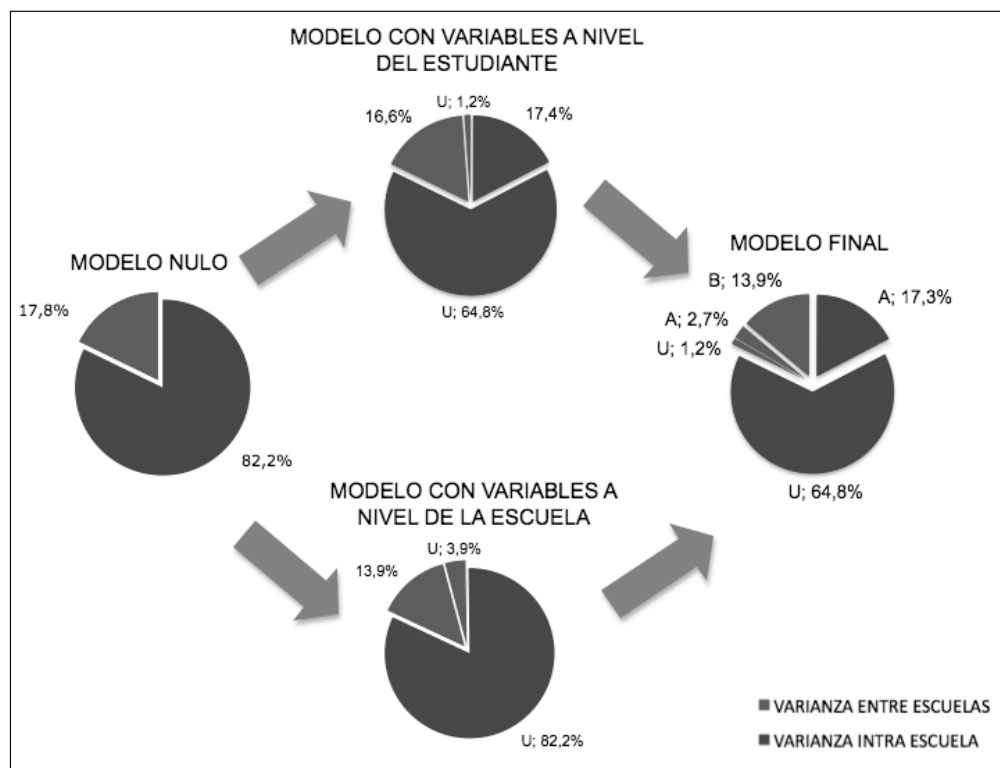


Figura 1. Modelo final 1: varianza explicada del índice de medio ambiente. A, B, C y U representan: A: varianza explicada únicamente por variables a nivel del estudiantes y su contexto (lectura y sexo); B: varianza explicada en forma conjunta por variables del estudiante y su contexto y variables de la escuela; C: varianza explicada únicamente por variables de la escuela (efecto pares); U: varianza no explicada.

## Modelo jerárquico 2

**Paso 1: modelo nulo.** Para la variable dependiente 2 (residuos del puntaje de medio ambiente al controlar por lectura), el CCI fue de 0,08, es decir, un 8% de la variabilidad corresponde a varianza entre escuelas y un 92%, a varianza intraescolar. Para este caso, el intercepto fue de 0,03 puntos ( $SD = 0,03$ ;  $p = 0,337$ ), siendo no estadísticamente significativo. Se observó que al comparar los CCI de los modelos jerárquicos 1 y 2 (0,18 y 0,08, respectivamente) las escuelas resultaron más homogéneas entre sí cuando el índice de medio ambiente fue controlado por lectura.

**Paso 2. Modelo con variables a nivel del estudiante y su contexto e índice de medio ambiente controlado por la competencia lectora como variable dependiente.** Paralelamente, se conformaron dos modelos alternativos al modelo nulo, donde la contribución de las variables incorporadas una a una fue evaluada mediante el AIC. En el segundo modelo las variables que resultaron estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) son ISEC y el sexo. Estas variables permiten explicar un 85% de la variabilidad entre escuelas y un 7% de la variabilidad intraescolar, equivalentes a un 6% y 7% del total de varianza, respectivamente.

A diferencia de lo observado en la situación precedente (variable dependiente 1), la variable ISEC resultó ser la más explicativa.

**Modelo con variables a nivel de la escuela e índice de medio ambiente controlado por la competencia lectora como variable dependiente.** Solo un modelo alternativo al modelo nulo resultó estadísticamente significativo, en el cual ingresó la variable efecto pares ( $p < 0,001$ ), dando cuenta de un 85 % de la variabilidad entre escuelas (7% de la variabilidad total). Al igual que en el caso precedente (variable dependiente 1), esta variable a nivel de escuela no permite explicar la variabilidad al interior de la misma.

Asimismo, las variables que no resultaron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) son: tipo de colegio, actividades escolares para promover el aprendizaje sobre temas de medio ambiente, escasez de profesores de ciencia calificados.

**Paso 3: modelo final.** Asimismo, la figura 2 ilustra la situación para la variable dependiente 2 (índice de medio ambiente controlado por lectura). Este modelo final 2 mantuvo las mismas variables que resultaron estadísticamente significativas en los modelos con variables a nivel del estudiante y su contexto y variables a nivel de la escuela: ISEC, sexo y efecto pares ( $p < 0,001$ ).

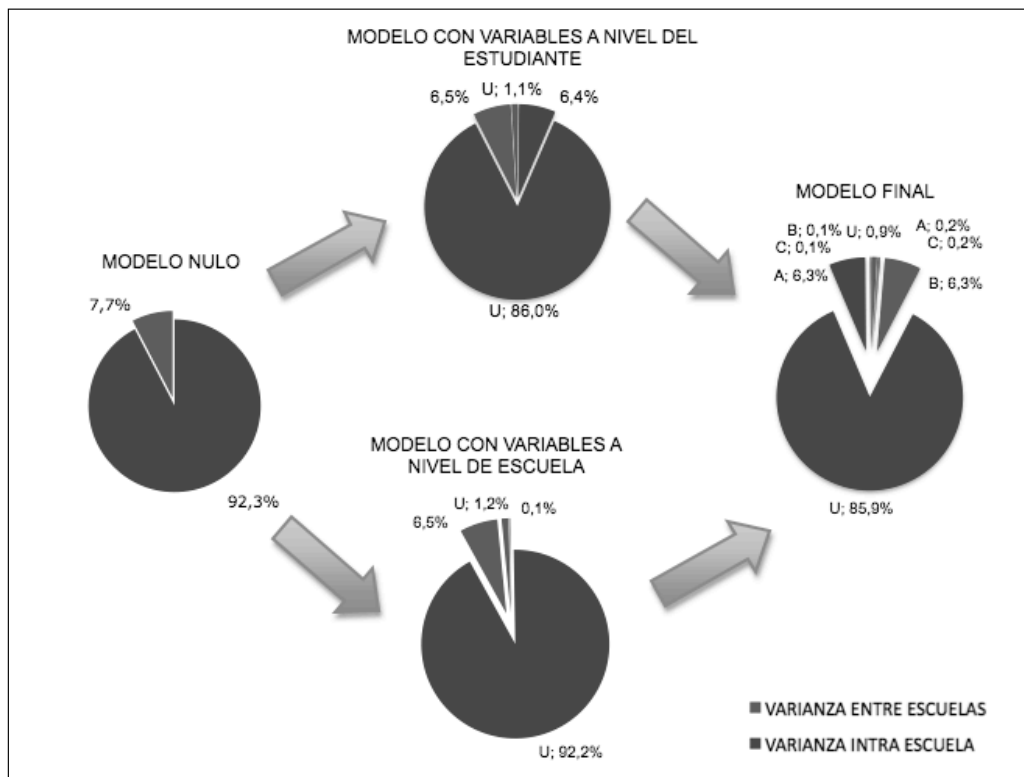


Figura 2. Modelo final 2: varianza explicada del índice de medio ambiente controlado por lectura. A, B, C y U representan: A: varianza explicada únicamente por variables a nivel del estudiantes y su contexto (lectura y sexo); B: varianza explicada en forma conjunta por variables del estudiante y su contexto y variables de la escuela; C: varianza explicada únicamente por variables de la escuela (efecto pares); U: varianza no explicada.

El modelo final 2 logró dar cuenta de un 88% de la varianza entre escuelas y de un 7% de la varianza intraescuela. Restó un 87% de varianza sin explicar, la cual se descompone en un 1% de variabilidad entre escuelas y un 86% de variabilidad intraescuela. El modelo completo logró explicar un 13% de la variabilidad total (Tabla 3).

Tabla 3  
Modelo jerárquico 2

Modelo	Nulo	1	2	3
INTERCEPTO	0,03 (0,03)	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)
Estatus socioeconómico y cultural		0,31 (0,01)	0,30 (0,01)	0,26 (0,02)
Sexo (ref.: hombre)			-0,34 (0,03)	-0,34 (0,03)
Efecto pares				0,09 (0,03)
Varianza intraescuela	1,24	1,18	1,15	1,15
Varianza entre escuelas	0,10	0,02	0,02	0,01
CCI	0,08	0,02	0,01	0,01
AIC	16249,47	15879,75	15744,73	15735,62
% varianza intraescuela	0,00	0,05	0,07	0,07
Cambio		0,05	0,02	0,00
% absoluto		4,20	2,15	0,06
% varianza entre escuelas	0,00	0,82	0,85	0,88
Cambio		0,82	0,03	0,02
% absoluto		6,29	0,24	0,18

$N = 4970$

En síntesis, la competencia lectora es la variable de mayor poder explicativo de la alfabetización científica en medio ambiente y el ISEC en este caso no presenta un peso significativo (modelo 1). En el segundo modelo, donde el índice de medio ambiente fue controlado por la comprensión lectora, emerge el ISEC como variable diferenciadora de la alfabetización científica en medio ambiente. Una variable que aparece en ambos modelos es el sexo de los estudiantes, vinculándose a puntuaciones menos favorables para las mujeres, como se mencionó anteriormente. En cuanto a las diferencias entre los estudiantes, en ambos modelos el efecto pares muestra un efecto estadísticamente significativo. Los modelos finales pueden representarse matemáticamente como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4  
Ecuaciones de regresión para los modelos finales 1 y 2

	Ecuación
Modelo final 1	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(\text{Lectura}) - \beta_{2j}(\text{Sexo}) + \beta_{3j}(\text{Efecto} - \text{pares}) + \varepsilon_{ij}$ $\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$
Modelo final 2	$Y'_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(\text{ISEC}) - \beta_{2j}(\text{Sexo}) + \beta_{3j}(\text{Efecto} - \text{pares}) + \varepsilon_{ij}$ $\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$
Simbología	$Y_{ij}$ : puntaje en medio ambiente del estudiante $i$ en la escuela $j$ $Y'_{ij}$ : puntaje en medio ambiente (controlado por lectura) del estudiante $i$ en la escuela $j$ $\beta_{0j}$ : intercepto de la escuela $j$ $\gamma_{00}$ : intercepto general $\varepsilon_{ij}$ : residuo del estudiante o error idiosincrático $U_{0j}$ : residuo de la escuela o efecto escuela

## Discusión y conclusión

El análisis efectuado muestra que las variables predictivas del desempeño en medio ambiente son la lectura, el sexo, el ISEC y el efecto pares. De estos, el factor que resulta más explicativo de las diferencias en cuanto al logro de las competencias sobre medio ambiente es la lectura.

La lectura como factor diferenciador entre las escuelas respecto de su desempeño en medio ambiente adquiere mayor sentido al conocer los ítems de ciencia liberados de PISA. Las preguntas de esta prueba se insertan dentro de un contexto —una tabla, una figura, un gráfico, un texto— que, para ser enfrentado con éxito, requiere fluidez lectora, tal como fue reconocido por profesores de ciencias que analizaron ítems PISA (Pinto & El Boudamoussi, 2009). En este contexto, Maerten-Rivera et al. (2010) plantean que los lectores de baja capacidad tienen dificultades para comprender el lenguaje utilizado en las preguntas de los test y que la capacidad lectora puede afectar al rendimiento en ciencias.

Si bien no se han encontrado investigaciones que vinculen específicamente la lectura con el desempeño en medio ambiente, hay estudios que la relacionan con la promoción de mayores logros en ciencia, con enfoque de alfabetización científica (Maerten-Rivera et al., 2010; O'Really & McNamara, 2007; Uribe, 2009; Webb, 2010). Entre ellos, destaca el trabajo de Uribe (2009) (basado en la medición PISA 2000), donde se identificó la lectura como principal variable predictora de la alfabetización científica en estudiantes chilenos, siendo la capacidad explicativa de esta variable, revelada en el estudio de Uribe, el 26% del total de varianza, lo que constituye un resultado congruente con lo observado en el presente estudio. La asociación de la lectura con la competencia científica ha sido demostrada en estudios cuasiexperimentales (Fang & Wei, 2010; Greenleaf et al., 2009). En particular, O'Really y McNamara (2007) afirman que la competencia lectora es un predictor significativo del desempeño en ciencias que ayuda a compensar ciertos déficits en conocimiento científico o incluso de nivel socioeconómico (Greenleaf et al., 2009).

Para incorporar la lectura en la enseñanza de la ciencia, se debe reconocer la necesidad de incluir otros dominios del conocimiento (lectura), más allá del conocimiento factual o de leyes científicas. Si bien los estudiantes poseen textos de ciencia en los que pudieran potenciar su competencia lectora, estos presentan una naturaleza expositiva, dando a conocer hechos con mínima evidencia que apoye las conclusiones (Yarden, 2009). Afortunadamente, los profesores de ciencia comienzan a reconocer la importancia de esta mirada interdisciplinaria (Pinto & El Boudamoussi, 2009) y a mostrarse proclives a incorporar la lectura en la enseñanza de la ciencia. Una forma de integrar estos dos dominios es a través de la lectura de prensa escrita o textos electrónicos vinculados a desafíos medioambientales, o bien haciendo uso de sus propios textos escolares, pero a través de una lectura indagativa, analítica, interpretativa y crítica, propia de una mirada de alfabetización (Guzzetti & Bang, 2011; Norris et al., 2008). En definitiva, si la alfabetización científica en medio ambiente es una meta de la enseñanza de la ciencia, es necesario que la lectura se integre en la clase de ciencias (Norris et al., 2008), aspecto que puede incorporarse en edades tempranas a través, por ejemplo, del trabajo con textos sobre descubrimientos científicos (Ho, 2010).

En tanto, el estatus socioeconómico y cultural expresado en el índice ISEC da cuenta de una porción mucho menor de las diferencias entre las escuelas. Este resultado hasta cierto punto es distinto del que se advierte en la mayoría de los estudios sobre rendimiento escolar, en los cuales el nivel socioeconómico resulta ser el factor más discriminante entre las escuelas (OCDE, 2008; Treviño et al., 2009). De hecho, el efecto pares, que mide las condiciones socioeconómicas y culturales de las familias de los compañeros, afecta en mayor medida al desempeño en medio ambiente que el estatus socioeconómico individual, lo cual se conduce con los hallazgos de otros estudios (Treviño et al., 2009; Vanderbergue, 2002). En efecto, al ingresar en el análisis la variable *efecto pares*, el estatus socioeconómico y cultural del estudiante deja de ser estadísticamente significativo. A partir de este resultado es posible afirmar que a mayor efecto pares, mayor beneficio en términos de alfabetización científica en medio ambiente. Hanushek, Kain, Markman y Rivkin (2003) lo señalaron para estudios realizados en primaria y Vanderbergue (2002) para resultados de aprendizaje en matemáticas y ciencia. Tener grupos más heterogéneos en términos de estatus socioeconómico y cultural beneficiaría a estudiantes de niveles más bajos, pero también a los estudiantes de niveles más altos, pues la conformación de grupos diversos favorece el aprendizaje colaborativo, la integración y la equidad en las oportunidades de aprendizaje (Manzi, 2007).

Respecto de la influencia del sexo, los resultados de este análisis muestran que las mujeres obtienen 27 puntos menos que los hombres, lo que deja en evidencia la deuda pendiente que tiene la educación

científica en Chile con respecto a la equidad de género. Sin embargo, esto no es solo un problema local, pues la inequidad en la educación científica de acuerdo con el sexo del estudiante es un problema transversal de la enseñanza de la ciencia en el mundo (Buccheri et al., 2011). No obstante, si el predictor más importante en los resultados de aprendizaje en medio ambiente es la lectura, las mujeres muestran un mejor desempeño en este dominio que los varones; por lo tanto, una enseñanza de la ciencia que considere la lectura como parte integrante de la misma potencia mejores logros en alfabetización científica en medio ambiente, pudiendo compensar inequidades no solo de nivel socioeconómico, como lo plantean Greenleaf et al. (2009), sino también de género.

Cuatro variables no entraron en los modelos por no resultar estadísticamente significativas dos de ellas: tipo de colegio (público) y actividades escolares para promover el aprendizaje del medio ambiente, que pueden haber presentado colinealidad con el índice del estatus socioeconómico y cultural ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,001$  y  $r = 0,31$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente). De manera específica, el hecho de que la variable tipo de colegio no haya tenido significación estadística puede tener una segunda explicación: la dicotomización de las escuelas en *públicas y privadas*, en la que estas últimas incluyen las instituciones subvencionadas por el Estado de administración privada, contribuye a acercar los resultados de los establecimientos públicos a los privados. Las otras dos variables, *selectividad académica* y *escasez de profesores de ciencia calificados* pueden haber quedado fuera por no presentar una gran variabilidad; En ambas variables una de las categorías agrupa el 41 % y el 44 % de los casos, respectivamente.

En síntesis, los factores explicativos de la alfabetización científica en medio ambiente son la lectura, el sexo, el estatus socioeconómico y cultural y el efecto pares. Entre todos ellos la lectura es el más prometedor, al constituir una dimensión que puede trabajarse en la escuela y es un foco de desarrollo de aprendizaje escolar muy significativo. Como plantea Webb (2010), la promoción de la lectura, al mismo tiempo que «hacer ciencia», desempeña un papel vital en la eficacia de la enseñanza y el aprendizaje. Saber leer y comprender discursos específicos de ciencias ambientales promueve una mayor participación en el debate público y su relación con la sociedad y el medio ambiente, aspectos claves de la alfabetización científica.

El artículo original fue recibido el 28 de marzo de 2013

El artículo revisado fue recibido el 18 de junio de 2013

El artículo fue aceptado el 8 de julio de 2013

## Referencias

- Anderson, C., Mohan, L., Jin, H., Chen, J., Piety, P., Chen, H., Draney, K., Choi, J., & Lee, Y. (2006). *Learning progressions toward environmental literacy: carbon cycling*. Ponencia presentada en The National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- Bravo, D., Falck, D., González, R., Manzi, J. y Peirano, C. (2008). *La relación entre la evaluación docente y el rendimiento de los alumnos: evidencia para el caso de Chile*. Centro de Microdatos de la Universidad de Chile. Recuperado el 3 de agosto de 2011 de [http://www.microdatos.cl/docto\\_publicaciones/Evaluacion%20docentes\\_rendimiento%20escolar.pdf](http://www.microdatos.cl/docto_publicaciones/Evaluacion%20docentes_rendimiento%20escolar.pdf)
- Buccheri, G., Gurber, N., & Bruhwiler, C. (2011). The impact of gender on interest in science topics and the choice of scientific and technical vocations. *International Journal of Science Education*, 33(1), 159-178.
- Bybee, R. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: The Paul F-Brandwein lecture. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 566-585.
- Cepal/OCDE (2005). *Evaluaciones del desempeño ambiental*. Chile: Cepal/OCDE.
- Consejo Asesor Presidencial para la Calidad de la Educación (2006). *Informe final*. Santiago, Chile.
- Covitt, B., Junckel, K., & Anderson, C. (2009). Students' developing understanding of water in environmental systems. *The Journal of Environmental Education*, 40(3), 37-51.
- Coyle, K. (2005). *Environmental literacy in America: What ten years of NEETF/Roper research and related studies say about environmental literacy in the U. S.* The National Environmental Education & Training Foundation. Washington, D.C.: The National Environmental Education & Training Foundation.
- Cromley, J., Snyder-Hogan, L., & Luciw-Dubas U. (2010). Reading comprehension of scientific text: A domain-specific test of the direct and inferential mediation model of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 687-700.
- Fang, Z., & Wei, Y. (2010). Improving middle school students' science literacy through reading infusion. *Journal of Educational Research*, 103(4), 262-273.
- Greenleaf, C., Hanson, T., Herman, J., Litman, C., Madden, S., Rosen, R., Boscardin, C., Schneider, S., & Silver, D. (2009). Integrating literacy and science instruction in high school biology: impact on teacher practice, student engagement, and student achievement. *American Educational Research Journal*, 48(3), 647-717.
- Guzzetti, B., & Bang, E. (2011). The influence of literacy-based science instruction on adolescents' interest, participation, and achievement in science. *Literacy Research and Instruction*, 50(1), 44-67.
- Hanushek, E., Kain, J., Markman, J., & Rivkin, S. (2003). Does peer ability affect student achievement? *Journal of Applied Econometrics*, 18, 527-544.
- Hattie, J. (2003). *Teachers make a difference: What is the research evidence?* Keynote presentation at the Building Teacher Quality: The ACER Annual Conference, Melbourne, Australia.
- Ho, E. (2010). Family influences on science learning among Hong Kong adolescents: What we learned from PISA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 409-428.
- Hogrebe, M., & Tate, W. (2010). School composition and context factors that moderate and predict 10<sup>th</sup> grade science proficiency. *Teachers College Record*, 112(4), 1096-1136.
- IEA (2004). *TIMSS 2003 International Science Report*. Boston College. Estados Unidos: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education.
- Maerten-Rivera, J., Myers, N., Lee, O., & Penfield, R. (2010). Student and school predictors of high-stakes assessment in science. *Science Education*, 94(6), 937-962.
- Manzi, J. (2007). Selección de estudiantes en el sistema escolar chileno: ¿la buena educación debe ser sólo para los mejores? En J. Brunner y C. Peña (Eds.), *La reforma al sistema escolar: aportes para el debate* (pp. 203-216). Santiago, Chile: Universidad Diego Portales y Universidad Adolfo Ibáñez.
- Marcinkowski, T., & Rehrig, L. (1995). The secondary school report: A final report on the development, pilot testing, validation, and field testing of the Secondary School Environmental Literacy Assessment Instrument. En R. Wilke (Ed.), *Environmental education literacy/needs assessment project: Assessing environmental literacy of students and environmental education needs of teachers: Final report for 1993-1995*, (pp. 30-76). Stevens Point: University of Wisconsin-Stevens Point.
- Mineduc (2007). *PISA 2006: Rendimiento de estudiantes de 15 años en Ciencias, Lectura y Matemática. Unidad de Currículum y Evaluación*. Santiago, Chile: Mineduc.
- Moody, G., & Hartel, P. (2007). Evaluating an environmental literacy requirement chosen as a method to produce environmentally literate university students. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(3), 355-370.
- Navarro, M. (2012). *La alfabetización científica en medio ambiente en estudiantes chilenos: factores explicativos oportunidad de aprender*. (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile.

- Navarro, M. y Förster, C. (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: comparaciones por sexo y nivel socioeconómico. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1), 1-17.
- Negev, M., Sagy, G., Garb, Y., Salzberg, A., & Tal, A. (2008). Evaluating the environmental literacy of Israeli elementary and high school students. *The Journal of Environmental Education*, 39(2), 3-20. doi: 10.3200/JOEE.39.2.3-20
- Norris, S., Phillips, L., Smith, M., Guilbert, S., Stange, D., Baker, J., & Webber, A. (2008). Learning to read scientific text: Do elementary school commercial reading programs help? *Science Education*, 92(5), 765-967.
- OCDE (2004). *Revisión de políticas nacionales de educación: Chile*. París: Publicaciones OCDE.
- OCDE (2008). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*. París: Publicaciones OCDE.
- OCDE (2009a). *Green at fifteen? How 15 year olds perform in environmental science and geoscience in PISA 2006*. París: OCDE Publishing.
- OCDE (2009b). *PISA 2006 technical report*. París: OCDE Publishing.
- OCDE (2011). *How's life? Measuring well-being*. París: OCDE Publishing.
- O'Reilly, T., & McNamara, D. (2007). The impact of science knowledge, reading skill, and reading strategy knowledge on more traditional "high-stakes" measures of high school students' science achievement. *American Educational Research Journal*, 44(1), 161-196.
- Pardo, A., Ruíz, M. y San Martín, R. (2007). Cómo ajustar e interpretar modelo multinivel con SPSS. *Psicothema*, 19(2), 308-321.
- Pe'er, S., Goldman, D., & Yavetz, B. (2007). Environmental literacy in teacher training: attitudes, knowledge, and environmental behavior of beginning students. *The Journal of Environmental Education*, 39(1), 45-59.
- Pinto, R., & El Boudamoussi, S. (2009). Scientific processes in PISA tests observed for science teachers. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2137-2159.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. Londres: Sage.
- Redondo, S. y Navarro, E. (2007). Estudio sobre el rendimiento en matemáticas en España a partir de los datos del informe PISA 2003. Un modelo jerárquico de dos niveles. *REICE Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 5(3), 118-136.
- Robinson, M., & Crowther, D. (2001). Environmental science literacy in science education, biology & chemistry majors. *The American Biology Teacher*, 63(1), 9-14.
- Roth, C. (1992). *Environmental literacy: Its roots, evolution and directions in the 1990s*. OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus.
- Semarnat (2008). *Impacto humano en el medio ambiente*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SIMCE (2010). *Resultados nacionales 2009*. Santiago, Chile: Unidad de Curriculum y Evaluación Ministerio de Educación.
- Smith, B., Holliday, W., & Austin, H. (2009). Student's comprehension of science textbooks using a question-based reading strategy. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 363-379.
- Snijders, T., & Bosker, R. (1999). *Multilevel analysis. An introduction to basic and advanced multilevel modeling* (1a Ed.). Londres: SAGE publications Ltd.
- Treviño, E., Donoso, F. y Bonhome, M. (2009). ¿Cómo las escuelas chilenas pueden mejorar el aprendizaje en ciencias? En Mineduc (Ed.), ¿Qué nos dice PISA sobre la educación de los jóvenes en Chile? (pp. 71-103). Santiago, Chile: Unidad de Curriculum y Evaluación.
- UNESCO (1989). Environmental literacy for all. *Connect*, 15(2), 1-2.
- Uribe, M. (2009). *Factores explicativos de los resultados de alfabetización científica en estudiantes de 15 años: estudio basado en la medición PISA 2000*. (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile.
- Valenzuela, J., Bellei, C., Sevilla, A. y Osses, A. (2009). ¿Qué explica las diferencias de resultados PISA Matemática entre Chile y algunos países de la OCDE y América Latina? En Mineduc (Ed.), ¿Qué nos dice PISA sobre la educación de los jóvenes en Chile? (pp. 105-148). Santiago, Chile: Unidad de Curriculum y Evaluación.
- Vanderbergue, V. (2002). Evaluating the magnitude and the stakes of peer effects analysing science and math achievement across OCDE. *Applied Economics*, 34(10), 1283-1290.
- Webb, P. (2010). Science education and literacy: Imperatives for the developed and developing world. *Science*, 328(5977), 448-450. doi: 10.1126/science.1182596
- Yarden, A. (2009). Reading scientific texts: Adapting primary literature for promoting scientific literacy. *Research in Science Education*, 39(3), 307-311.