

# INFORME ACTUALIDAD ECONÓMICA

## Contenidos:

**“Evolución coyuntural de los sectores Minería e Industria manufacturera: diferencias entre los indicadores publicados por el Banco Central y el INE”**

Joaquín Pérez Lapillo

**“Ley de Presupuesto 2018”**

M. Lorena Herrera P.

**“Los Efectos de la Contaminación del Aire sobre el Rendimiento Académico”**

Jorge Rojas Vallejos

Editores:

Soledad Cabrera

Rodrigo Navia, Ph.D.

## EDITORIAL

La evolución de los indicadores económicos, pueden entregar señales relevantes para la toma de decisiones de los agentes económicos. Sin embargo, algunas problemáticas macroeconómicas poseen más de un indicador, los cuales podrían complementarse o bien entregar cifras tan diferentes, que generarían confusiones. Este tema es abordado por Joaquín Pérez en su artículo “Evolución coyuntural de los sectores Minería e Industria manufacturera: diferencias entre los indicadores publicados por el Banco Central y el INE”. En este artículo se explica las principales diferencias entre las metodologías, ponderaciones, coberturas y fuentes utilizadas en el IMACEC y en el Índice de producción Industrial (IPI). La mayor discrepancia se observa en el caso de la Industria, donde el coeficiente de correlación de la evolución de ambos indicadores es de 0.72, registrando incluso en algunos periodos diferencia de signos de crecimiento. Al final del artículo se plantea que actualmente ambas instituciones están en proceso de homologar criterios para reducir las discrepancias y de esta forma asegurar a los usuarios una señal única de la evolución de la actividad económica.

La importancia del valor de los indicadores macroeconómicos, trasciende a temas tan relevantes como el presupuesto fiscal, ya que para su elaboración debe considerar un escenario macroeconómico futuro. María Lorena Herrera en su artículo “Ley de Presupuesto 2018”, describe las características del escenario macroeconómico utilizado en Chile para la elaboración del presupuesto 2018, además de explicar a qué se debe el mejor comportamiento esperado por parte de los ingresos y detallar la distribución y el énfasis de los gastos a realizar.

Finalmente, Jorge Rojas en su artículo “Los efectos de la contaminación del aire sobre el rendimiento académico”, describe un estudio realizado para el caso chileno, utilizando datos de la ciudad de Santiago, donde se cuantifica el efecto en el rendimiento académico de estudiantes de cuarto básico. Este artículo describe la literatura previa, los datos y la metodología utilizada en el estudio. Los principales resultados del estudio sugieren que la contaminación del aire tiene un efecto negativo sobre el rendimiento académico

## ARTÍCULOS

### “Evolución coyuntural de los sectores Minería e Industria manufacturera: diferencias entre los indicadores publicados por el Banco Central y el INE”<sup>1</sup>

**Joaquín Pérez Lapillo**

Analista Económico  
Banco Central de Chile  
Ingeniero Comercial PUCV

A comienzos de 2017 el Banco Central de Chile (BCCH) decidió separar los componentes Minero y No Minero en la publicación del IMACEC, con el fin de ayudar a aislar el efecto del sector de oferta más importante en la economía chilena, Minería, que representa un 9% del PIB. Mientras, la evolución desagregada del resto de los sectores se entrega junto con la publicación de las Cuentas Nacionales Trimestrales, debido a que muchos de estos sectores están sujetos a revisiones y a ajustes en el proceso de conciliación del PIB trimestral.

Por su parte, el INE, en su rol como ente estadístico oficial, elabora indicadores coyunturales de actividad económica para los sectores Minería, Industria manufacturera y Electricidad, Gas y Agua, agrupados en el Índice de Producción Industrial (IPI). Este índice fue reformulado en marzo de 2017 insumiendo las nuevas cifras emanadas de la Compilación de Referencia 2013, trabajo realizado por el BCCH y publicado a fines de 2016. Además, este índice se publica aproximadamente una semana antes que el IMACEC, lo que lo hace muy oportuno para los usuarios.

#### <sup>1</sup> Fuentes y Referencias:

- Índice de Producción Industrial (IPI), Documento Metodológico. Departamento de Estudios Económicos Estructurales, INE. Febrero 2017.
- Cuentas Nacionales de Chile: Métodos y Fuentes de Información. Banco Central de Chile. Marzo 2017.
- Recuadro III.1. PIB Minero y No Minero. Informe de Política Monetaria. Banco Central de Chile. Diciembre 2017.

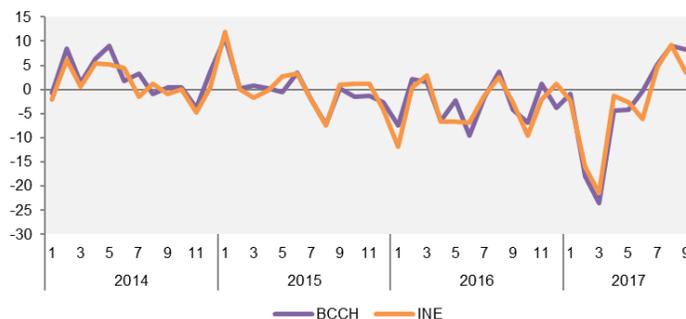
Minería e Industria manufacturera son sectores de gran interés porque son los que mayormente explican la varianza del PIB trimestral. El primero, es altamente afectado por shocks de oferta (paralizaciones, mantenciones, fallas y mal tiempo) mientras que el segundo, que representa un 12% del PIB, destaca por sus interrelaciones con otros sectores; la Industria procesa insumos provenientes de sectores primarios (Agropecuaria, Silvícola, Pesca y Minería) y ofrece sus productos a otros sectores (Construcción, Minería, Transporte), a los hogares y a exportaciones.

Aunque ambas instituciones entregan información sobre el mismo fenómeno económico, normalmente se presentan discrepancias entre ellas. Por esto, se hace necesario aclarar las diferencias conceptuales y metodológicas que afectan las estimaciones coyunturales.

### EVALUACIÓN INICIAL DE LOS INDICADORES DE AMBAS INSTITUCIONES

Al observar la evolución de ambos indicadores para el período ene.2014-sept.2017 se observa, para el caso de Minería, que ambos presentan una tendencia similar. Con un coeficiente de correlación de 0,92, las series normalmente no discrepan; sin embargo, existen meses donde las diferencias alcanzan hasta 5,5 pp.

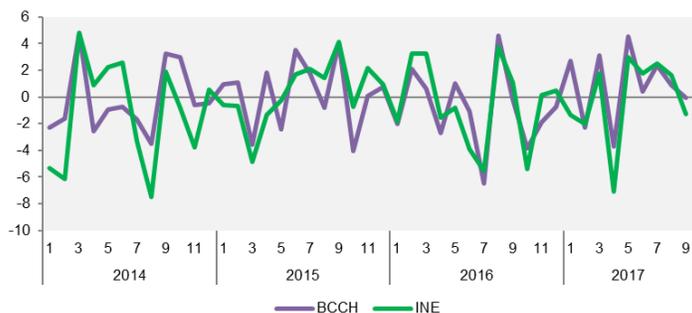
**Evolución de la Minería: BCCH v/s INE**  
(variación anual, porcentaje)



Para el caso de la Industria la situación es más compleja. El coeficiente de correlación alcanza solo a

0.72 como consecuencia de un comportamiento disímil en reiterados períodos, donde incluso se registra distinto signo en el crecimiento.

Evolución de la Industria manufacturera: BCCH v/s INE  
(Variación anual, porcentaje)



## PRINCIPALES DIFERENCIAS: PONDERACIONES, COBERTURA, FUENTES Y METODOLOGÍA

### Ponderaciones

Mientras el IPI es un indicador en base fija tipo Laspeyres (ponderaciones del año 2013), el IMACEC se construye utilizando la metodología de índices encadenados, lo que asegura una base de ponderaciones actualizada. Este efecto se hace importante cuando el peso relativo de algún producto en el tiempo cambia debido a variaciones de precio, caso común en Minería y parte de la Industria. A lo anterior se suma el hecho de que los indicadores del INE utilizan ponderaciones a precio básico, esto es, sin incluir impuestos específicos a la producción. En la práctica esto significa que la ponderación de las actividades de elaboración de combustibles y elaboración de productos del tabaco, ambas importantes ramas de la Industria, sean sustancialmente menores.

### Cobertura

El IMACEC asegura una cobertura total del valor agregado de cada sector, mientras los índices del INE dejan fuera actividades de menor relevancia debido a que levantan información por medio de encuestas. Esto afecta a algunas ramas de la Industria como la reparación e instalación de maquinaria y equipo y

actividades mineras como la extracción de piedra, arena y arcilla.

### Fuentes

Si bien ambos sectores insumen datos provenientes de los indicadores del INE para su elaboración, el BCCH también explota otras fuentes. En el caso de Industria, el IPI se utiliza como hipótesis para cerca del 40% del valor agregado del sector, mientras el resto se cubre con registros administrativos (40%), reportes directos de empresas (15%) e información de organismos sectoriales (5%). Esta discrepancia en fuentes de información explica gran parte de las diferencias en Industria manufacturera.

### Metodología

Los indicadores de Minería discrepan principalmente por la metodología que se usa para contabilizar las toneladas de cobre producido. En el caso del INE, se mide la producción total de cobre *mina*: cobre producido en yacimientos durante el mes de análisis. Para el IMACEC en cambio se contabiliza la producción *comercializable*, esto es, lo mismo anterior pero incluyendo además las transferencias entre yacimientos para continuar transformación. En simple, este método permite capturar el mayor valor añadido cada vez que un producto (concentrado de cobre) se envía a otro establecimiento para ser reprocesado y comercializado en ese nuevo estado (cátodo).

## TRABAJO FUTURO Y MEJORAS EN COORDINACIÓN

Conscientes de la relevancia e impacto que tienen las publicaciones coyunturales de los indicadores de estos sectores, ambas instituciones se encuentran en proceso de homologar criterios para reducir discrepancias. De hecho, durante el primer semestre de 2018 se espera que el INE publique revisiones metodológicas a sus series, luego de culminado el trabajo conjunto que se está realizando con el BCCH. El objetivo principal es que se asegure a los usuarios una señal única de la evolución de la actividad económica.-

## Ley de Presupuesto 2018

### M. Lorena Herrera P.

Ingeniero Civil Industrial, PUCV  
MSc, PhD, University of Leeds, U.K  
Profesora, Escuela de Negocios y Economía, PUCV

El pasado miércoles 29 de noviembre, el Congreso despachó la Ley de Presupuesto, siendo promulgada por la Presidenta de la República el jueves 30 del mismo mes.

El presupuesto 2018 considera un monto de \$45.198.536 millones (moneda 2018), quedando US\$700 millones para libre disposición de la administración que asume en marzo del año 2018.

Para su elaboración se consideró un aumento en la tasa de crecimiento del PIB, para el 2018, a un 3% y de la variación anual de la demanda interna a 4,1%. El detalle de éstos y el resto de los supuestos macroeconómicos utilizados para la elaboración del presupuesto se visualizan en la Figura N°1.

Según indicó el Ministerio de Hacienda, las proyecciones se basan en un escenario macroeconómico con las siguientes características:

- "Durante 2017 a nivel mundial se observan señales de recuperación de la actividad, principalmente provenientes de las economías desarrolladas, dando mejores perspectivas para el comercio internacional y los precios de materias primas para los países emergentes.
- Se espera un crecimiento del PIB 2017 de 1,5%, sustentado en un mejor escenario externo y en la solidez de las políticas macroeconómicas.
- Las proyecciones para el año 2018 consideran un afianzamiento de la mejor situación observada a nivel global en lo que va del presente año. Los

países desarrollados crecerían 1,9%, mientras que los emergentes se expandirían 4,8%. En América Latina, la situación también tendería a mejorar, en tanto economías grandes como Brasil y Argentina vayan superando sus recesiones, y los exportadores de materias primas se vean beneficiados del repunte en sus precios.

**Figura N° 1: Escenario Macroeconómico para el Presupuesto 2018.**

	2017	2018
<b>PIB</b> (var. anual, %)	1,5	3,0
<b>Demanda Interna</b> (var. anual, %)	2,7	4,1
<b>IPC</b>		
(var anual, %, diciembre)	2,4	2,8
(var. anual, %, promedio)	2,3	2,6
<b>Tipo de Cambio</b> (\$/US\$, valor nominal)	652	650
<b>Precio del Cobre</b> (US\$/lb, promedio, BML)	271	288
<b>Parámetros Estructurales</b>		
<b>PIB tendencial</b> (var. anual, %)	2,4	2,8
<b>Precio de Referencia del Cobre</b> (US\$/lb)	2,3	2,6

Fuente: DIPRES.

- Así, es posible proyectar que la economía chilena crezca durante 2018 en un 3,0%. La recuperación se sustenta en las bajas tasas de interés locales, derivadas tanto de la política monetaria que se mantendría en terreno expansivo como de la credibilidad de la política fiscal, lo que debería incentivar nuevos proyectos de inversión y dinamizar el crédito. Adicionalmente, se espera una mejora en la confianza de los consumidores y empresas que generaría un nuevo impulso a la demanda interna.

- De acuerdo a los supuestos macroeconómicos para 2018, se estima un crecimiento de los ingresos totales de 7,4% real, lo que junto con una actualización de los parámetros estructurales (PIB tendencial y precio de referencia del cobre), arrojan un nivel de gasto compatible con la meta de convergencia, que constituye el límite máximo del Proyecto de Ley de Presupuestos 2018, de \$45.198.536 millones (moneda 2018)".<sup>2</sup>

## LAS CIFRAS

El Director de Presupuestos, Sergio Granados, informó que los ingresos efectivos del Gobierno Central para el presente año debieran alcanzar los \$37.633.958 millones, \$1.105.488 millones más de los contemplados en la Ley de Presupuesto vigente. Ello se explica en la variación de algunos de los supuestos que sirvieron de base para el erario de este año, ajustados al mes de septiembre.

Por su parte, el total del gasto debería alcanzar a los \$42.399.571 millones. Con todo, el balance efectivo del Gobierno Central total para el año 2017 llegaría a -2,7%, lo que, pese a representar un déficit, logra un mejor estándar respecto de la proyección diseñada para la Ley de Presupuestos de 2017 (-3,3%).

Bajo los supuestos mostrados en la Figura 1, se calcula que el total neto de ingresos ascenderá a \$48.420.852 millones y US\$ 3.678 millones. Más en detalle, se proyecta que los ingresos totales del Gobierno Central alcancen los \$41 billones

**.... El balance efectivo del Gobierno Central total para el año 2017 llegaría a -2.7%, lo que, pese a representar un déficit, logra un mejor estándar respecto a la proyección diseñada para la Ley de presupuestos del 2017.**

(\$41.476.580 millones), mientras que el gasto debería llegar sobre los \$45 billones (\$45.198.536 millones, incremento de 3,9%).

Los ingresos tributarios netos proyectados son \$34.7 billones (\$34.758.236 millones, 18,2% del PIB), de los cuales \$1.169.657 millones corresponden a la minería privada y el resto a los demás contribuyentes. El ingreso bruto por venta de cobre aporta \$1.038.635 millones.

El mejor comportamiento de los ingresos para 2018 (7,4%) se explicarían por la acción conjunta de una reactivación de la demanda, un mejor comportamiento del precio del cobre y un efecto remanente de la reforma tributaria.

En términos de recaudación, la mayor participación continúa proviniendo del IVA y del impuesto a la renta. En 2018, ambos impuestos deberían congregarse \$30.837.797 millones, esto es el 88,72% del total de ingresos provenientes de la vía impositiva.

## DISTRIBUCIÓN Y ÉNFASIS

Según información entregada por la Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda (DIPRES), los principales énfasis están puestos en las áreas de Educación, Salud, Protección de Menores, Seguridad Ciudadana e inversiones en el ámbito de las Obras Públicas.

En materia de Educación, se incluyen más de \$50 millones adicionales para cumplir con la meta de 70 mil nuevos cupos para salas cuna y niveles medios, en tanto que el Sistema de Desarrollo Profesional Docente verá aumentado sus recursos en un 69,3% respecto de 2017.

<sup>2</sup> "Informe de Finanzas Públicas. Proyecto de Ley de Presupuestos para el Sector Público año 2018", Dirección de Presupuesto, Octubre 2017

El Fondo de Apoyo a la Educación Pública y el Programa de Acompañamiento y Acceso Efectivo a la Educación Superior (PACE) también considerarán mayores recursos, mientras que la Ley de Inclusión dispondrá de \$504.807 millones para apoyar la gratuidad para el 85,3% de la matrícula subvencionada en 2018.

Los recursos en Educación Superior se incrementan en un 15%, fundamentalmente, para financiar el acceso gratuito (aumenta un 29,4%) para estudiantes de familias pertenecientes al 60% de menores ingresos de la población. Además, se amplía el presupuesto destinado a becas de mantención y se consideran más de \$22 mil millones para la operación de siete Centros de Formación Técnica Estatales.

En Salud, se contempla un crecimiento de 5,6% del presupuesto para la atención primaria, que incluye la operación de 35 nuevos Servicios de Atención Primaria de Urgencia de Alta Resolutividad y nueve Centros Comunitarios de Salud Familiar nuevos.

Asimismo, se consideran recursos adicionales para la implementación del nuevo decreto de Garantías Explícitas de Salud (GES), mientras que el plan de inversiones involucra dineros para concretar 20 hospitales construidos en 2018, 29 en etapa de construcción o licitación y 18 en fase de diseño o estudio. Además, se ahondará en el plan nacional de formación y retención de especialidades médicas y el fortalecimiento de acciones en salud mental.

En Seguridad Ciudadana, se proyecta la incorporación de 1.500 nuevos efectivos de Carabineros y 1.200 policías de investigaciones. Adicionalmente, se reforzarán programas como Juntos Más Seguros, 24 horas y Plan Comunal de Seguridad Pública.

En Obras Públicas, se destinarán más de \$61 mil millones para obras de infraestructura costera, portuaria, marítima, fluvial y lacustre; \$35,6 millones para inversión aeroportuaria; y dineros para la segunda etapa del Centro Cultural Gabriela Mistral y la restauración de ascensores en Valparaíso.

Finalmente, el presupuesto plantea un incremento de recursos de 9,3% para financiar programas de protección de menores vulnerados como aquellos en conflicto con la justicia. El detalle de las variaciones 2018/2017 por sector presupuestario se muestran en la Figura N°2.

**.... En términos de recaudación, la mayor participación continúa proviniendo del IVA y del impuesto a la renta.**

Como es esperable, el presupuesto aprobado es consistente con las políticas y énfasis planteados por el gobierno de Michelle Bachelet, cumpliendo además con la tradición de gobiernos anteriores de dejar un monto de libre disposición al gobierno que asumirá en marzo.

El aumento del gasto en un 3,9% también resulta consistente con los supuestos macroeconómicos y de cumplirse, no resulta tan expansivo permitiendo así ir cerrando la brecha del déficit estructural. Sin embargo, habrá que esperar para conocer el real crecimiento que tenga el país y con ello si fue una decisión acertada o no.

Figura N°2:

## PROYECTO DE LEY DE PRESUPUESTOS 2018

(Estado de Operaciones, millones de pesos 2018)

Partidas	20.000.000	4.000.000	6.000.000	8.000.000	10.000.000	12.000.000	% variación presupuesto 2018-2017 (1)
Presidencia de la República	20350						3,7%
Congreso Nacional	122159						0,5%
Poder Judicial	567515						2,3%
Contraloría de la República	75710						2,0%
Ministerio del Interior y Seguridad Pública		3.287.001					0,6%
Ministerio de Relaciones Exteriores	235.132						1,1%
Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	610308						-9,7%
Ministerio de Hacienda	448752						-1,5%
Ministerio de Educación					10370751		5,9%
Consejo Nacional de la Cultura y las Artes	122522						1,2%
Ministerio de Justicia y Derechos Humanos		1.192.674					3,0%
Ministerio de Defensa Nacional		174.257					-0,5%
Ministerio de Obras Públicas		2.403.755					2,5%
Ministerio de Agricultura	505.897						1,4%
Ministerio de Bienes Nacionales	35790						-0,1%
Ministerio de Trabajo y Previsión Social			6.736.410				-0,6%
Ministerio de Salud				8.008.661			6,9%
Ministerio de Minería	48.133						-34,6%
Ministerio de Vivienda y Urbanismo		1.912.505					-2,0%
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones		1.052.361					1,7%
Ministerio de Secretaría General de Gobierno	28962						-2,5%
Ministerio de Desarrollo Social	614541						-2,8%
Ministerio de Secretaría General de la Presidencia	13615						-18,7%
Ministerio Público	192.101						4,0%
Ministerio de Energía	139631						-8,5%
Ministerio del Medio Ambiente	53921						1,4%
Ministerio del Deporte	121767						-11,3%
Ministerio de la Mujer y Equidad de Género	52842						0,2%
Servicio Electoral	23841						-59,4%

1. Para el cálculo se considera la Ley inicial 2017 más diferencial de reajuste.

2. El valor referido a Ministerio de Educación incluye el Consejo Nacional de la Cultura y las Artes.

Fuente: DIPRES

## Los Efectos de la Contaminación del Aire sobre el Rendimiento Académico

**Jorge Rojas Vallejos**

Ingeniero Civil, U. de Chile  
Ph.D. in Economics, U. of Washington  
Profesor Asociado,  
Escuela de Negocios y Economía, PUCV

### INTRODUCCIÓN

En Chile al igual que en otros lugares del mundo existe una serie de regulaciones ambientales para disminuir los niveles de contaminación del aire que afectan a la población a través de afecciones respiratorias. Pese a que existen estudios epidemiológicos (Kampa & Castanas, 2008) que determinan los efectos de la contaminación del aire en la salud, sólo recientemente se han comenzado a cuantificar sus impactos económicos y sociales de corto, mediano y largo plazo.

La literatura médica señala que los niños son más vulnerables que los adultos a los efectos adversos de la contaminación atmosférica (Schwartz, 2008). En el ámbito educacional los estudios se han focalizado sobre la relación de la calidad del aire con el ausentismo escolar. Estos estudios encuentran que niveles altos de monóxido de carbono (CO) en el aire tienen un impacto estadísticamente significativo y negativo en la asistencia escolar (ver Currie, Hanushek, Khan, Neidell & Rivkin, 2009, y Ransom & Pope, 1992). Sin embargo, la información es limitada acerca del impacto que esto podría tener en el rendimiento escolar. Lavy, Ebenstein y Roth (2014) es uno de los primeros estudios en cuantificar dicho efecto. Para esto, ellos utilizan una base de datos de resultados de pruebas estandarizadas de Israel con datos de medición de contaminantes en el aire. Con esa información, Lavy et al. (2014) encuentran que en el corto y mediano plazo la contaminación del aire tendría un efecto negativo sobre el rendimiento de los estudiantes.

En este artículo se presenta un estudio para el caso chileno, específicamente de la ciudad de Santiago,

donde se cuantifica el efecto de la contaminación del aire en el rendimiento escolar de estudiantes de cuarto básico. En Santiago por ser un valle encerrado por cordones montañosos, tiene serias dificultades de circulación del aire, y como consecuencia la dispersión de contaminantes es escasa, especialmente, durante el invierno. Lo anterior sumado a los altos niveles de desarrollo industrial, las emisiones del parque automotriz y el uso de leña para calefacción contribuyen a altos niveles de polución que, con mayor frecuencia de la deseada por ciudadanos y autoridades, exceden los estándares sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los estándares de las Agencias de Medioambientales de Estados Unidos, la Unión Europea y nacionales.

La tabla 1 presenta los estándares de calidad de aire en Chile y en Estados Unidos para diferentes contaminantes y períodos de tiempo.

**Tabla 1: Estándares de calidad del aire**

Contaminante	Estándar Chileno		Estándar de EE. UU..	
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	150 (24h)	50 (anual)	150 (24h)	
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	35 (24h)	12 (anual)	35 (24h)	12 (anual)
O <sub>3</sub> (ppb)	75 (8h)	120 (1h) *	70 (8h)	-
NO <sub>2</sub> (ppb)	100 (1h)	53 (anual)	100 (1h)	53 (anual)
SO <sub>2</sub> (ppb)	75 (1h)	140 (24h) **	75 (1h)	50 (24h)
CO (ppm)	9 (8h)	35 (1h)	9 (8h)	35 (1h)

Actualizado al 2014 según la regulación chilena. Decretos 12/2010, 59/1998, 113/2002, 115/2002.

Actualizado al 2017 según los Estándares Ambientales Nacionales de la Calidad del Aire (NAAQS).

\*: Este estándar de 1971 fue revocado en 1997 porque no proporcionaría protección adicional a la salud pública. \*\*: Este estándar de 1971 fue revocado en 2010 porque no proporcionaría protección adicional a la salud pública dado el estándar de 75 ppb de 1 hora.

Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana han sido documentados por diversos estudios que identifican sus mecanismos de acción. Partículas menores a 10 micrómetros (MP<sub>10</sub>) de diámetro pueden potencialmente aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias y problemas cardiovasculares a largo plazo, incluso enfermedades crónicas como el asma o cáncer de pulmón. Las partículas finas (MP<sub>2.5</sub>) son tan pequeñas que pueden llegar a los pulmones,

causando serios problemas a largo plazo. También causa síntomas temporales como la irritación de ojos, nariz y garganta; tos, pecho apretado, palpitaciones o fatiga. El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) puede irritar los pulmones y disminuir la resistencia a infecciones respiratorias. El monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) es conocido por reducir el nivel de oxígeno en la sangre y en altas concentraciones está asociado con el deterioro de la vista, capacidad reducida para trabajar, disminución de habilidades cognitivas y dificultad en realizar tareas complejas. La exposición al ozono ( $\text{O}_3$ ) por 6 a 7 horas, incluso en bajas concentraciones, puede inducir síntomas como dolor en el pecho, tos, náuseas y congestión pulmonar. El metano ( $\text{CH}_4$ ) en altas concentraciones debilita el sistema nervioso central. Finalmente, hay evidencia suficiente de que la exposición en el corto plazo al dióxido de sulfuro ( $\text{SO}_2$ ) puede inducir broncoconstricción y el aumento de los síntomas del asma, especialmente entre niños y ancianos.

Estos efectos perjudiciales para la salud afectan diariamente a millones de personas, en especial a la población escolar. La exposición reiterada a dichos contaminantes podría derivar en la reducción de su rendimiento escolar y aprendizaje. Esta hipótesis es confirmada por este análisis empírico encontrando que la disminución sería aproximadamente de entre 0.02 ds (desviaciones estándar) y 0.06 ds por una ds adicional de contaminación.

## LITERATURA

Existen tres líneas de investigación asociadas al tema. El primer acercamiento al tema fue desarrollado en la literatura médica, identificando las consecuencias sobre la salud de la calidad del aire. En la segunda línea se estudiaron los efectos educacionales de la contaminación del aire en el ausentismo. La tercera línea ha explorado la relación de la calidad del medioambiente con el nivel de ingresos.

Kampa y Castanas (2008) junto con Alexis et al. (2004) estudian problemas respiratorios y cardiovasculares que se pueden generar a causa de diferentes contaminantes. Brunekreef y Holgate (2002) analizan

los efectos a corto y largo plazo del material particulado y el ozono sobre la salud. Mendell y Heath (2005) hacen una revisión crítica de la evidencia científica que relaciona las condiciones de contaminación y térmicas con un peor desempeño y asistencia en ambientes de interior. Por otro lado, Bharadwaj, Gibson, Zivin y Neilson (2014) realizan en Santiago un estudio que examina el impacto negativo de la exposición fetal a la contaminación del aire.

Currie et al. (2009) obtienen evidencia de un patrón decreciente entre los niveles de  $\text{CO}$  y la asistencia a la escuela. Mohai, Kweon, Lee y Ard (2011) demuestran que las escuelas de Michigan situadas en sectores contaminados tienen los menores niveles de asistencia y las mayores proporciones de estudiantes que fallan en las pruebas estandarizadas. Ransom y Pope (1992) demuestran que un aumento de  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{10}$  en un promedio móvil de 28 días, se traduce en un aumento del ausentismo escolar en una tasa de dos puntos porcentuales. En el modelo, los autores controlan por variables climáticas, tales como temperatura, nieve caída, y variables que indican el día de la semana, mes del año escolar y los días que preceden a los feriados y fines de semana extendidos.

Pastor, Morello-Frosch y Sadd (2006) determinan que estudiantes más pobres están expuestos a mayores niveles de contaminación que aquellos de altos ingresos. Chay y Greenstone (2005) analizan el impacto de la contaminación en el precio de las viviendas. Un estudio similar realizado por Levinson (2012) usa datos de contaminación y felicidad percibida para estimar la disposición a pagar por aire menos contaminado.

En el caso de Santiago es relevante destacar que los barrios más pobres coinciden con los más contaminados (Gramsch, Cereceda-Balic, Oyola & von Baer, 2006). Esto es importante porque múltiples estudios muestran que el nivel socioeconómico está estrechamente relacionado con el rendimiento académico de los estudiantes. Por lo tanto, se debe controlar por dichas variables para no cometer el error de atribuirle a la contaminación un efecto que podría provenir de otras variables.

## DATOS

La descarga de los datos de contaminación del aire se realiza desde la página web de SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire) que permite la elaboración de una base de datos unificada con todos los contaminantes para el desarrollo del estudio. Esta contiene las mediciones por hora de contaminación reportada para cada estación de monitoreo disponible en Santiago y para distintos contaminantes. Los contaminantes mayoritariamente medidos corresponden al PM10, PM2.5, CO, NO, NO2 y NOX. Estos contaminantes corresponden a los más utilizados en la literatura.

Los datos de educación son obtenidos de la Agencia para la Calidad de la Educación del Ministerio de Educación (Mineduc), y se seleccionan para el estudio la información para los estudiantes de cuarto año básico. De las 22 variables originales, se conservan las siguientes: identificador longitudinal de cada alumno ("mrun" en la base de datos), identificador transversal por alumno (idalumno), el código del establecimiento (rbd), la letra del curso y los puntajes obtenidos en cada prueba Simce.

## METODOLOGÍA

La contaminación del aire no es asignada de forma aleatoria, y los padres pueden elegir el lugar donde viven basados en la calidad del aire y otros factores relacionados con la contaminación y el rendimiento escolar. Por lo que una comparación de corte transversal no podría identificar el efecto que la contaminación podría tener en el desempeño escolar dada la naturaleza observacional de los datos.<sup>1</sup>

Por otro lado, Santiago es una ciudad altamente segregada económicamente. Históricamente, las familias de ingresos bajos y medios viven en el sector poniente y sur de la ciudad, mientras que las familias de renta media-alta están situadas en el sector oriente. Luego, para remover la influencia de factores confusos

no observables<sup>2</sup>, se utiliza la siguiente regresión econométrica de datos de panel:

$$R_{ijt}^s = \beta_0 + \delta * Pol_{jt}^p + X_{ijt} * \beta_1 + S_{jt} * \beta_2 + \eta_j + \lambda_t + \varepsilon_{ijt} \quad (I)$$

donde  $i$  es estudiante,  $j$  es colegio y  $t$  es tiempo;  $s$  es el tipo de examen;  $p$  es el contaminante;  $R_{ijt}^s$  es el rendimiento escolar;  $Pol_{jt}^p$  es el nivel de contaminación del aire;  $X_{ijt}$  es un índice de estatus socioeconómico de los estudiantes;  $S_{jt}$  son las características por colegio;  $\eta_j$  y  $\lambda_t$  corresponden a los efectos fijos de colegio y tiempo, respectivamente<sup>3</sup>. En resumen, este modelo compara los resultados escolares en un colegio dado a lo largo del tiempo, mientras se controlan las características socioeconómicas observables que varían a través del tiempo de los estudiantes y colegios, así como también las características fijas no observadas. El modelo presentado se denomina B, mientras que el modelo A excluye los efectos fijos de colegio y tiempo.

Tabla 2: Modelo A, Prueba de Lenguaje

CO	1	2	3	7	14	28
<b>Todas</b>	-0.249**	-0.281***	-0.231**	-0.229**	-0.232*	-0.214
	[0.103]	[0.108]	[0.103]	[0.106]	[0.120]	[0.132]
<b>Más cercana</b>	-0.042***	-0.047***	-0.042***	-0.041***	-0.042***	-0.042***
	[0.013]	[0.014]	[0.014]	[0.014]	[0.015]	[0.016]

Nota: \*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1. Errores estándares robustos.

El efecto negativo para la imputación de todas las estaciones está entre las 0.229 a las 0.281 desviaciones estándar del puntaje Simce. Mientras que, con la imputación de contaminación de la estación más cercana, los efectos negativos están entre los 0.041 y 0.047. Los resultados sugieren que los resultados son estadísticamente mejores con la

<sup>2</sup> Factores confusos son aquellas variables que afectan a la variable dependiente e independiente, y no han sido cuantificadas u observadas.

<sup>3</sup> Para estimación de efectos fijos, se utiliza la metodología usada por Marcotte (2015), quien evalúa el impacto de la presencia de polen en el rendimiento escolar.

<sup>1</sup> Los datos recolectados para el estudio, tanto de contaminación como de educación, son obtenidos desde una situación dada, no experimental y exógena al observador.

metodología de la estación más cercana, aunque presenta efectos menores.

**Tabla 3: Modelo B, Prueba de Lenguaje**

CO	1	2	3	7	14	28
<b>Todas</b>	-0.246**	-0.285***	-0.231**	-0.218**	-0.206*	-0.16
	[0.099]	[0.105]	[0.101]	[0.104]	[0.116]	[0.129]
<b>Más cercana</b>	0.041***	-0.047***	-0.041***	-0.040***	-0.038***	-0.033**
	[0.012]	[0.014]	[0.014]	[0.014]	[0.014]	[0.015]

Nota: \*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1. Errores estándares robustos.

Tal como se observó en el modelo A, los resultados presentan magnitudes diferentes comparando las dos metodologías de imputación. Sin embargo, prácticamente todos tienen un efecto negativo y estadísticamente significativo.

En el caso de la prueba de matemáticas los resultados son similares, al igual que para otros contaminantes. Las magnitudes difieren, pero el signo y el nivel de significancia van en el mismo sentido.

## CONCLUSIÓN

Los resultados principales sugieren que la contaminación del aire tiene un efecto negativo sobre el rendimiento académico. La magnitud de este efecto es entre 0.02 y 0.06 desviaciones estándar, lo que es pequeño, pero es significativo. No obstante, esto es alrededor de un 30% del efecto de una intervención exitosa orientada a mejorar el rendimiento académico en países en vías de desarrollo (JPAL). Aún más, podría haber importantes efectos acumulativos cuando los estudiantes son expuestos a estos contaminantes de manera sistemática.

## Referencias

Bharadwaj, P., Gibson, M., Zivin, J. G., & Neilson, C. A. (2014). *Gray matters: Fetal pollution exposure and human capital formation* (No. w20662). National Bureau of Economic Research.

Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233-1242.

Chay, K. Y., & Greenstone, M. (1998). *Does air quality matter? Evidence from the housing market* (No. w6826). National Bureau of Economic Research.

Currie, J., Hanushek, E. A., Kahn, E. M., Neidell, M., & Rivkin, S. G. (2009). Does pollution increase school absences?. *The Review of Economics and Statistics*, 91(4), 682-694.

Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*, 151(2), 362-367.

Gramsch, E., Cereceda-Balic, F., Oyola, P., & Von Baer, D. (2006). Examination of pollution trends in Santiago de Chile with cluster analysis of PM 10 and ozone data. *Atmospheric environment*, 40(28), 5464-5475.

Lavy, V., Ebenstein, A., & Roth, S. (2014). *The impact of short term exposure to ambient air pollution on cognitive performance and human capital formation*(No. w20648). National Bureau of Economic Research.

Levinson, A. (2012). Valuing public goods using happiness data: The case of air quality. *Journal of Public Economics*, 96(9), 869-880.

Marcotte, D. E. (2015). Allergy test: Seasonal allergens and performance in school. *Journal of health economics*, 40, 132-140.

Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor air*, 15(1), 27-52.

Mohai, P., Kweon, B. S., Lee, S., & Ard, K. (2011). Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance. *Health Affairs*, 30(5), 852-862.

Pastor, M., Morello-Frosch, R., & Sadd, J. L. (2006). Breathless: Schools, air toxics, and environmental justice in California. *Policy Studies Journal*, 34(3), 337-362.

Ransom, M. R., & Pope, C. A. (1992). Elementary school absences and PM 10 pollution in Utah Valley. *Environmental research*, 58(1), 204-219.

Schwartz, J. (2004). Air pollution and children's health. *Pediatrics*, 113(3), 1037-1043.

Organización Mundial de la Salud (2016, septiembre). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Georeferenciación de Escuelas y Liceos. (2011). *Subsecretaría de Educación*. Obtenido de <http://datos.gob.cl/dataset/448>

Ozone Pollution (s.f.) *United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de <https://www.epa.gov/ozone-pollution>

Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (2017). *Ministerio de Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-43796.html>

Calidad del aire ambiente (exterior) y salud (2016, September). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Subsecretario del Medio Ambiente explica los impuestos verdes que contempla la Reforma Tributaria (2017). *Ministerio del Medio Ambiente*. Obtenido de: <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-article-56235.html>

Ambient (outdoor) air quality and health. (2016, Septiembre). *World Health Organization*. Obtenido de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>