

## Exposición a la contaminación y rendimiento escolar: Evidencia en los resultados de las pruebas Saber 11 en Colombia.

### Resumen

Los niveles de contaminación del aire en grandes ciudades son alarmantes, siendo objeto de estudio por las implicaciones negativas en la salud humana y en la formación de capital humano. Es así como se hace relevante investigar la relación entre los niveles de contaminación y sus efectos en el desarrollo cognitivo. Este trabajo estudia la asociación entre estar expuesto a altos niveles de contaminación y el desempeño escolar, medido por los resultados en pruebas estandarizadas (Saber 3, 5, 9 y 11) en dos ciudades de Colombia (Bogotá y Medellín), entre el periodo de 2007 y 2017. Para esto, se emplean regresiones lineales simples (a nivel estudiantes) y una metodología de panel de datos con efectos fijos (a nivel colegio). Los resultados sugieren para ambas ciudades que, la exposición acumulada a altos niveles de CO y Pm10, está negativamente correlacionada con el desempeño de los estudiantes en las pruebas estandarizadas de matemáticas, lenguaje español y lenguaje inglés. Finalmente, la agregación a nivel de escuelas para saber 3, 5, 9 y 11, los resultados no se muestran concluyentes.

### AUTORES

Carlos Felipe Gaviria G  
Héctor Mauricio Posada

### AFILIACIÓN

Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de Antioquia  
Medellín, Colombia

\*La información que se discute en este Policy Brief proviene del artículo de investigación “Exposure to Pollution and School Performance: Evidence from Standardized Test Results Saber11 in Colombia. Final Report ICFES” de los mismos autores.

Esta investigación se desarrolla por encargo del ICFES. Las ideas, opiniones, tesis y argumentos expresados son de autoría exclusiva del/los autores y no representan el punto de vista del Instituto.

# POLICY BRIEF

## Introducción

Los altos niveles de contaminación del aire en las grandes ciudades del mundo han sido una gran preocupación debido a sus impactos en resultados de salud, mercado laboral y en la formación de capital humano. Según la Organización Mundial de la Salud, OMS (2016), tres millones de muertes fueron atribuibles a este tipo de contaminación en 2012, de las cuales el 87% ocurrieron en países de bajos y medianos ingresos. Así mismo, según la OMS (2019), alrededor del 91% de la población mundial vive en lugares donde la contaminación del aire superó los límites peligrosos para la salud humana.

En Colombia, la contaminación del aire ha sido reconocida por las autoridades como el tercer problema ambiental más relevante después de desastres ambientales y contaminación del agua. En zonas urbanas, donde vive aproximadamente el 70% de la población colombiana, se han realizado esfuerzos locales para reducir los riesgos asociados a la polución del aire, utilizando mecanismos de política como “pico y placa” y “día sin carro”. Sin embargo, en ciudades como Medellín y Bogotá, los niveles de contaminación siguen siendo altos y representan una amenaza crítica para la salud de grupos vulnerables como niños menores de cinco años y adultos mayores de 65 (CONPES 2005; IDEAM, 2010).

Dada la creciente preocupación de académicos y formuladores de políticas sobre los impactos que la contaminación del aire tiene en los puntajes de pruebas de aptitud, este estudio busca probar la relación entre la exposición a altos niveles de contaminación del aire y la formación de capital

humano, medido por los puntajes en matemáticas y lenguaje en las pruebas Saber para estudiantes de Bogotá y Medellín, entre los años 2007 y 2017. Para esto, se emplean modelos lineales paramétricos con datos de corte transversal a nivel de estudiantes y una especificación de datos de panel con efectos fijos para la agregación de colegios. Este trabajo hace una aproximación a la comprensión de los costos sociales de los crecientes niveles de contaminación y concluye la necesidad de un conjunto de políticas permanentes, enfocadas a mitigar los efectos de la contaminación del aire en la población vulnerable de Colombia.

## Revisión de literatura

Existe evidencia que respalda los efectos negativos de la mala calidad del aire en la salud, el desarrollo cognitivo y la formación de capital humano. Sobre los efectos de la contaminación a corto plazo, Zweig, Ham & Avol (2009), encontraron que niveles altos de contaminación afectan los resultados en las pruebas de secundaria en California. Miller & Vela (2013), demostraron que niveles máximos aceptables de contaminación del aire en municipios contaminados, mejora los puntajes en lectura y matemáticas de estudiantes chilenos y; Marcotte (2016), encuentra que la exposición a mala calidad del aire en primera infancia afecta habilidades cognitivas en matemáticas y lectura. A largo plazo, Bharadwaj et al., (2017), demuestran que la exposición fetal a la contaminación tiene efectos negativos en habilidades de matemáticas y lenguaje en niños de cuarto grado. Lavy et al. (2014), encuentran que la exposición a material particulado Pm 2.5, reduce el rendimiento en pruebas estandarizadas de egreso escolar, afectando la elección de carreras

# POLICY BRIEF

profesionales y los salarios futuros. Finalmente, Chen et al., (2017), encuentran que la exposición transitoria y acumulativa a la contaminación del aire disminuye los puntajes de las pruebas verbales y matemáticas en hombres y mujeres de China.

## Objetivo y datos

Este estudio busca analizar asociación entre estar expuesto a altos niveles de contaminación y el desempeño escolar, medido por los resultados en pruebas estandarizadas (Saber 3, 5, 9 y 11) en Bogotá y Medellín, entre el periodo de 2007 y 2017. Para ello, se utilizan tres fuentes de información: (i) Contaminación del aire y datos atmosféricos, suministrados por Secretaría Distrital de Ambiente para Bogotá y por Sistema de Alerta Temprana-SIATA en Medellín. Los tipos de contaminantes que aborda este estudio son CO, O3 y Pm10, con temperatura y precipitación como controles ambientales. (ii) Educación formal, un censo anual de centros educativos de Colombia, del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN) con información de infraestructura, maestros y estudiantes del centro educativo. (iii) Puntajes de pruebas estandarizadas, proporcionados por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Icfes, para estudiantes en grado 11 que toman el examen de salida, Saber11. Para los grados 3, 5 y 9, los resultados de las pruebas se registran por Colegio.

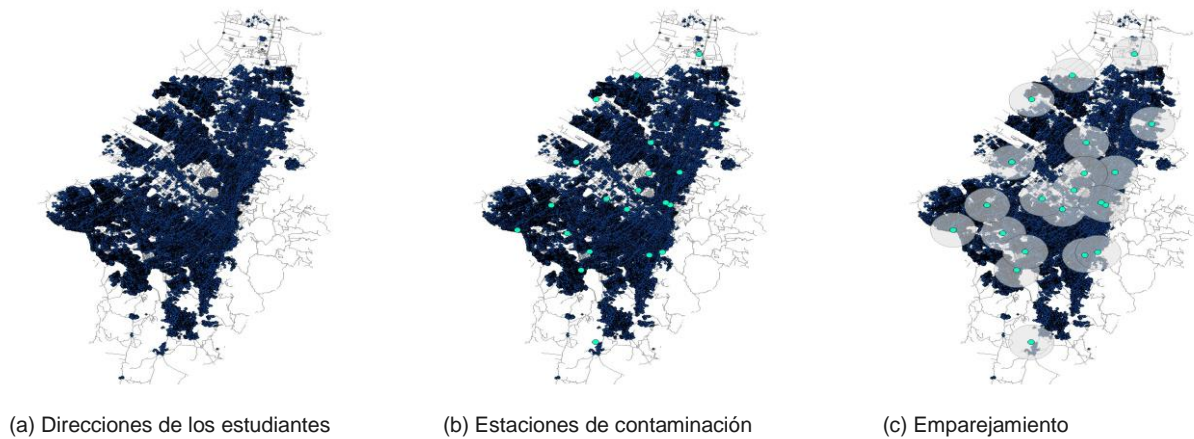
Con el objetivo de asignarle a los alumnos, sedes educativas y lugares de presentación de las pruebas estandarizadas, niveles promedio de contaminación

según la fecha de presentación del examen, se realizan proyecciones en coordenadas geográficas para ubicarlos espacialmente y se calculan distancias lineales desde el dispositivo de medición de contaminación más cercano a la unidad de observación. Para Saber 11, se localizan el 59.42% de los estudiantes y el 95% de las sedes educativas de Bogotá. Para estudiantes de Medellín, se ubicaron el 80% de quienes presentaron Saber11, sin embargo, solo se asignó información de contaminación al 37% de ellos, por falta de información para la ciudad. Finalmente, el análisis preliminar de los datos para ambas ciudades, evidencia diferencias entre quienes fueron emparejados con un dispositivo de medición de contaminación y quiénes no. Este sesgo creado en la selección es hacia estudiantes con mejor desempeño en puntajes de las pruebas Saber y mejores características socioeconómicas, lo que implica una subestimación (límite inferior) en el cálculo del efecto promedio de la contaminación.

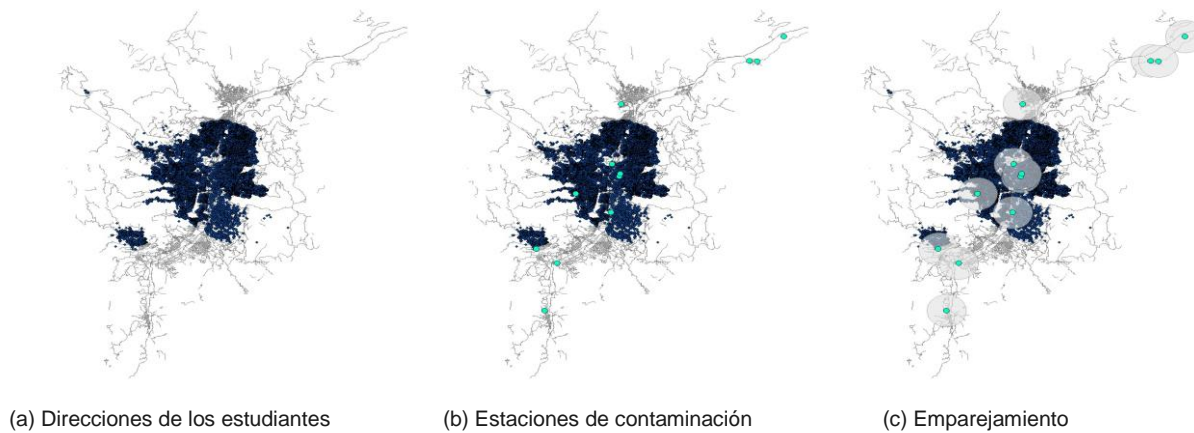
Los colegios en Bogotá para el periodo 2007-2013, tienen alumnos con edad promedio de 17.5 años y el 48% son hombres. Así mismo, al comparar la muestra colegios entre 2014 y 2017, se encuentra que las escuelas en Bogotá tienen en promedio alumnos de padres más educados y más estudiantes varones, con computador y televisión en casa. En Medellín, las escuelas tienen en promedio más estudiantes por grado (11°), y los cursos de lenguaje y matemáticas tienen en promedio más estudiantes y menos docentes. Finalmente, se concluye que, durante el período analizado, las escuelas en Medellín estuvieron expuestas en promedio a niveles más altos de contaminación que las escuelas en Bogotá.

# POLICY BRIEF

**Figura 1:** Emparejamiento especial de estudiantes con las estaciones de medición de contaminación para Bogotá.



**Figura 2:** Emparejamiento especial de estudiantes con las estaciones de medición de contaminación para Medellín.



## Estrategia empírica

Para analizar la relación entre la contaminación del aire y el rendimiento académico, se parte de dos estrategias empíricas: (i) nivel individual y (ii) nivel escolar. A nivel individual, se observa a los estudiantes de las ciudades de Bogotá y Medellín que presentan las pruebas estandarizadas (Saber11 y

Saber 3, 5 y 9) en dos períodos, 2007 a 2013 y 2014 a 2017. Esta especificación, utiliza un modelo de regresión lineal simple para probar que la exposición a ciertos niveles de contaminación (CO, Pm10 y O3), está asociada con el logro académico en pruebas estandarizadas. Las variables de resultado de interés, que además se han utilizado en diversas publicaciones académicas, son los puntajes en matemáticas y lenguaje (inglés y español). A

# POLICY BRIEF

nivel escolar, se emplea una especificación de panel de datos con efectos fijos, que permite analizar la relación entre la exposición a los niveles de CO y Pm10 en el rendimiento promedio de matemáticas y lenguaje en las pruebas Saber para colegios de Medellín y Bogotá. Se utilizaron como controles características promedio de los estudiantes, de sus padres, de las condiciones del hogar y características de las escuelas tomadas de Educación Formal como el número de estudiantes, maestros y la provisión de servicios (computadoras, laboratorios, etc). Para Saber 3, 5 y 9, la variable de interés es la proporción de estudiantes que obtuvieron un rendimiento bajo, justo, bueno y excelente en ambas pruebas.

Este estudio permite concluir para Bogotá y Medellín, que los estudiantes expuestos a una mayor concentración promedio de CO y PM10, un año antes de presentar la prueba Saber 11, obtienen en promedio puntajes más bajos en matemáticas y lenguaje-inglés. En el periodo 2014-2017, esto implicó que el aumento de una unidad en el promedio de la concentración diaria de CO, un año antes de la fecha de presentación de la prueba, redujera para Bogotá los puntajes de matemáticas, inglés y lectura crítica en aproximadamente 6, 10 y 1 punto respectivamente; mientras que para Medellín la reducción fue de 0.5 puntos en matemáticas, 2 puntos en inglés y lectura crítica no generó asociaciones consistentes. Estos resultados, aunque con diferencias en la magnitud del efecto, se conservan al definir diferentes perímetros alrededor de los dispositivos de medición de contaminación, al agregar controles y para Bogotá entre 2007-2014. Es importante reconocer que, la incidencia de PM10 es menor en todos los casos y que al relacionar el contaminante O3 con las pruebas, los resultados no fueron concluyentes.

Por submuestras, las estimaciones sugieren que los estudiantes de escuelas privadas se ven más afectados en los puntajes de matemáticas y lenguaje, ante mayor exposición a concentraciones promedio de CO y PM10. Así mismo, los estudiantes de género masculino se ven más afectados por la exposición al aire contaminado que las mujeres en las pruebas de matemáticas y lo contrario ocurre para lenguaje. Finalmente, las estimaciones del panel de colegios para Saber 3, 5 y 9, no replican los resultados encontrados a nivel de estudiantes en Saber 11, para las concentraciones de CO y PM10. En este caso, la inconsistencia podría explicarse por el mecanismo de medición de los resultados de las pruebas, las cuales no recopilan puntuaciones, sino que miden el número total de estudiantes que obtienen calificaciones bajas, justas, buenas o avanzadas en matemáticas y lenguaje.

## Resultados

Este estudio permite concluir para Bogotá y Medellín, que los estudiantes expuestos a una mayor concentración promedio de CO y PM10, un año antes de presentar la prueba Saber 11, obtienen en promedio puntajes más bajos en matemáticas y lenguaje-inglés. En el periodo 2014-2017, esto implicó que el aumento de una unidad en el promedio de la concentración diaria de CO, un año antes de la fecha de presentación de la prueba, redujera para Bogotá los puntajes de matemáticas, inglés y lectura crítica en aproximadamente 6, 10 y 1 punto respectivamente; mientras que para Medellín la reducción fue de 0.5 puntos en matemáticas, 2 puntos en inglés y lectura crítica no generó asociaciones consistentes. Estos resultados, aunque con diferencias en la magnitud del efecto, se conservan al definir diferentes perímetros alrededor

# **POLICY BRIEF**

de los dispositivos de medición de contaminación, al agregar controles y para Bogotá entre 2007-2014. Es importante reconocer que, la incidencia de PM10 es menor en todos los casos y que al relacionar el contaminante O3 con las pruebas, los resultados no fueron concluyentes.

Por submuestras, las estimaciones sugieren que los estudiantes de escuelas privadas se ven más afectados en los puntajes de matemáticas y lenguaje, ante mayor exposición a concentraciones promedio de CO y PM10. Así mismo, los estudiantes de género masculino se ven más afectados por la exposición al aire contaminado que las mujeres en las pruebas de matemáticas y lo contrario ocurre para lenguaje. Finalmente, las estimaciones del panel de colegios para Saber 3, 5 y 9, no replican los resultados encontrados a nivel de estudiantes en Saber 11, para las concentraciones de CO y PM10. En este caso, la inconsistencia podría explicarse por el mecanismo de medición de los resultados de las pruebas, las cuales no recopilan puntuaciones, sino que miden el número total de estudiantes que obtienen calificaciones bajas, justas, buenas o avanzadas en matemáticas y lenguaje.

se han implementado avances en las normas para la reducir de emisión de contaminantes nocivos como PM10 y PM2.5 (Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), queda mucho para restringir ese tipo de emisiones. Políticas como Pico y Placa o Día sin Carro, han demostrado ser insuficientes para reducir los niveles de contaminación del aire (Bonilla, 2019). En el caso de Medellín, por ejemplo, el número de alertas para niveles peligrosos de PM2.5 y PM10, han traído restricciones severas al tráfico de vehículos, que solo se implementan mientras se reducen las mediciones riesgosas de calidad del aire. Se cree que estas medidas deberían ser políticas permanentes dado el efecto positivo en la reducción de los niveles de contaminación y la mejora en la formación de capital humano.

## **Recomendaciones de política**

Los resultados de este estudio encuentran una fuerte asociación negativa entre los altos niveles de contaminación y el rendimiento académico, medido en los puntajes de las pruebas Saber11 en matemáticas y lenguaje. Esto sugiere la necesidad de mejores políticas ambientales para reducir las emisiones del tráfico, que es considerada la principal fuente de contaminación del aire. Si bien

# POLICY BRIEF

## Referencias

Bharadwaj, P., Gibson, M., Zivin, J. G., & Neilson, C. (2017). Gray matters: Fetal pollution exposure and human capital formation. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(2), 505-542. doi: 10.1086/691591.

Bonilla, J. (2019, 07). The More Stringent, the Better? Rationing Car Use in Bogotá with Moderate and Drastic Restrictions. *The World Bank Economic Review*, 33(2), 516-534. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/wber/lhw053> doi: 10.1093/wber/lhw053.

Chen, X., Zhang, X., & Zhang, X. (2017). Smog in our brains: Gender differences in the impact of exposure to air pollution on cognitive performance (Tech. Rep.). Institute for the Study of Labor (IZA).

Lavy, V., Ebenstein, A., & Roth, S. (2014). The impact of short term exposure to ambient air pollution on cognitive performance and human capital formation (NBER Working Papers No. 20648). National Bureau of Economic Research.

Marcotte, D. (2016, Jan). Something in the Air? Pollution, Allergens and Children's Cognitive Functioning (IZA Discussion Papers No. 9689). Institute for the Study of Labor (IZA).

Miller, S., & Vela, M. (2013). The effects of air pollution on educational outcomes: Evidence from Chile (IDB Publications (Working Papers) No. 83094). Inter-American Development Bank.

Zweig, J., Ham, J., & Avol, E. (2009). Air pollution and academic performance: Evidence from California schools (Working paper No. 11-3). Department of Economics, University of Maryland.