

El debate sobre cómo mejorar el acceso a bienes y servicios u oportunidades por parte de diferentes grupos sociales ha reconocido recientemente la necesidad de estudiar la desigualdad en un marco analítico inclusivo, enfatizando que la desigualdad ocurre en múltiples dimensiones que interactúan entre sí más allá de los ámbitos económicos o sociales (Caillods y Denis 2016). Las consecuencias de las desigualdades sociales y económicas pueden empeorarse cuando los problemas ambientales - por ejemplo, la contaminación del aire - no se distribuyen homogéneamente en el espacio y afectan fuertemente a la población más vulnerable.

Esta nota resume los resultados del proyecto “Análisis de desigualdades múltiples y políticas de reducción de la contaminación”, el cual analiza la magnitud de la desigualdad de la calidad del aire, las desigualdades económicas y sociales en Bogotá; una ciudad caracterizada por un alto nivel de exposición a partículas finas en el aire. El estudio explora espacialmente la relación entre estas desigualdades y analiza cómo el indicador de desigualdad podría reducirse mediante la implementación de tres alternativas de política que reducen las emisiones de material particulado: la pavimentación de calles destapadas, la sustitución de combustible en la industria y la renovación de vehículos diésel.

Datos y Modelos

El estudio analiza las características socioeconómicas y de calidad del aire actuales y potenciales de 109 de las 112 unidades de planeamiento zonal urbano (UPZ) de la ciudad. Para ello, se construye un índice agregado socioeconómico y de calidad del aire (SEAQ), que recoge información de variables económicas, sociales y de calidad del aire de cada UPZ. La dimensión económica involucra como indicadores el ingreso per cápita, el precio de la tierra, el precio de la construcción de viviendas y la proporción de la población perteneciente a los estratos socioeconómicos más bajos. La dimensión social incluye indicadores de salud y educación como la oferta de centros de salud, la tasa de mortalidad por todas las causas, la oferta escolar, la deserción escolar y la proporción de la población con escuela primaria como el mayor logro escolar. La dimensión de calidad del aire considera la concentración de material particulado fino (PM2.5).

En ese contexto, estimamos el efecto de tres escenarios potenciales de política sobre la calidad del aire: la pavimentación de calles destapadas, la sustitución de combustible carbón por gas natural en la industria y la renovación de vehículos diésel de vieja tecnología por vehículos diésel-Euro IV. Para evaluar dicho efecto sobre la calidad del aire y sobre el índice SEAQ, se utilizó el modelo de investigación y pronóstico del clima y química atmosférica (WRF-Chem). El modelo utiliza como insumos los inventarios de emisiones de la ciudad, datos meteorológicos y reportes de las estaciones de monitoreo de las concentraciones de material particulado. De esta forma, se utilizó el modelo para simular las condiciones actuales, y también para modelar los escenarios de política pública mencionados. Luego se estimaron las medidas de desigualdad, específicamente el Coeficiente de Gini, el Índice de Theil, el Índice de Atkinson y el Coeficiente de Variación para las condiciones actuales y escenarios de política.

Discusiones sobre Ambiente para el Desarrollo No.5

Posteriormente se comparó el escenario de condiciones actuales de contaminación con las reducciones posibles de material particulado de las alternativas de política. Mediante valoración económica se cuantificaron los costos y beneficios de la implementación de las políticas en un horizonte de 5, 10 y 15 años.

Resultados

- El suroccidente de la ciudad es la zona más vulnerable. Allí ocurren los más bajos índices de desempeño de las dimensiones económica, social y de calidad del aire. Es decir, una intersección multidimensional de la desigualdad.

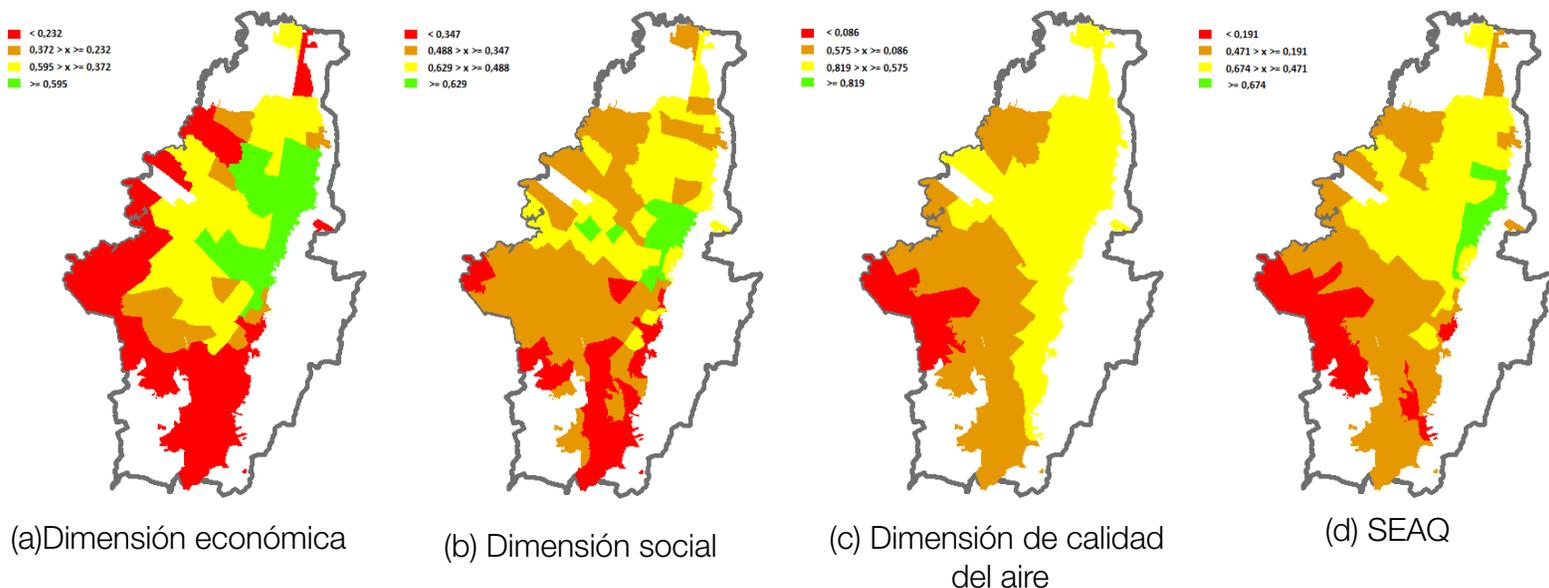
En la Figura 1 se presentan los puntajes del indicador por dimensión y el índice agregado SEAQ. Los indicadores toman valores entre 0 y 1, tal que valores más altos del indicador indican un mejor desempeño relativo. Los mapas muestran que los indicadores económicos más bajos (en color rojo) se presentan principalmente en el sur y en el suroccidente. Los indicadores sociales

mínimos aparecen en el sur y en menor grado en el suroccidente. Igualmente, el suroccidente muestra el peor indicador de calidad del aire de la ciudad. De esta forma, las características económicas, sociales y de calidad del aire de más bajo desempeño se intersectan en el suroccidente de la ciudad, haciendo estas poblaciones más vulnerables desde múltiples dimensiones.

- La asignación de la calidad del aire en la ciudad es muy desigual. La dimensión de calidad el aire es inclusive más desigual que la dimensión económica y social si la sociedad tuviera preferencia por una distribución más justa o igualitaria.

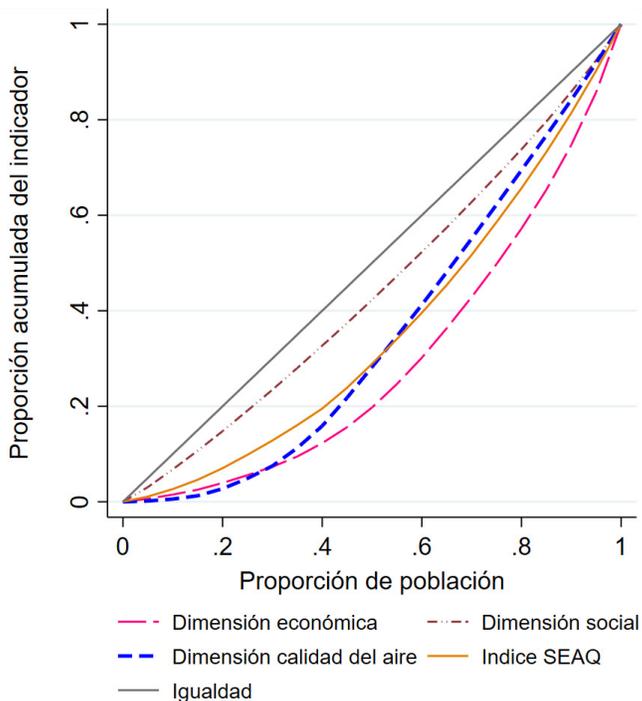
Mediante curvas de Lorenz se encuentra que solo el 10% de la población disfruta del 15% de la mejor calidad del aire o del 20% de los mejores puntajes económicos (Figura 2). Además, alrededor del 30% de la población tiene el peor desempeño económico o de calidad del aire. Las medidas de Theil y Atkinson sobre desigualdad sugieren que la calidad del aire es la dimensión más desigual cuando se asigna una mayor ponderación a las zonas más expuestas a la contaminación.

Figura 1. Distribución espacial del puntaje de las dimensiones económica, social, de calidad del aire, y el índice agregado SEAQ.



Nota: Las bandas de color están asociadas a los puntajes del indicador en su orden ascendente: rojo, naranja, amarillo y verde. Áreas en color rojo representan valores bajos del indicador, mientras que las de color verde corresponden a valores altos del indicador.

Figura 2. Curvas de Lorenz para las dimensiones económica, social, de calidad del aire, y el índice SEAQ

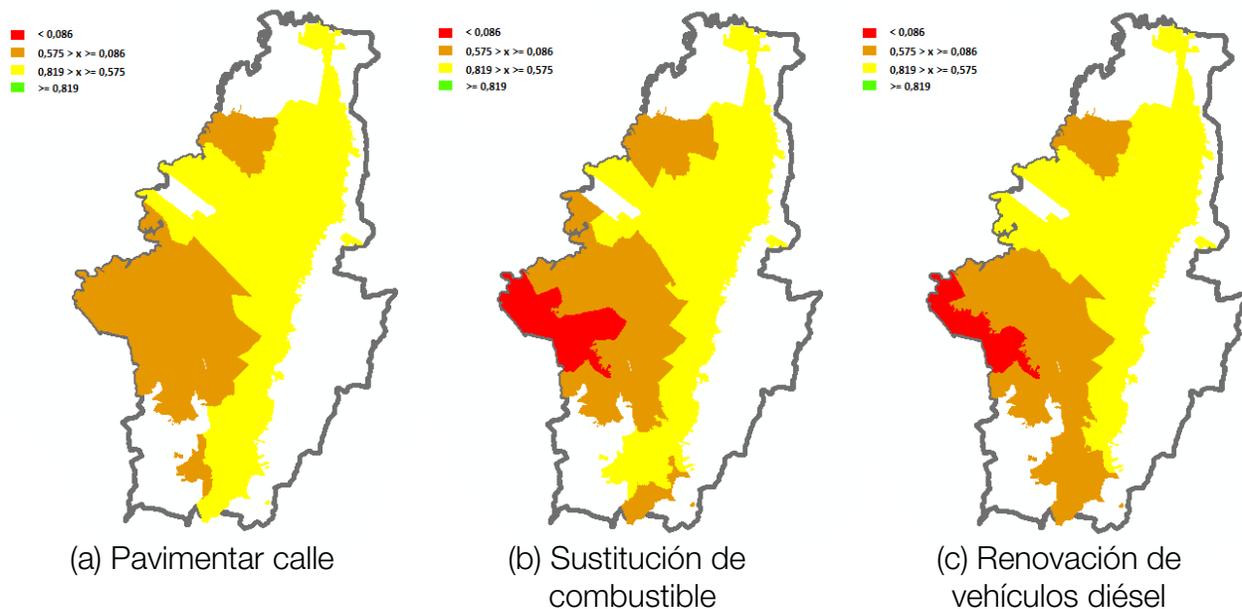


- Pavimentar calles es la política de reducción de material particulado fino más costo-efectiva entre las analizadas. Además, reduce la desigualdad general agregada.

Dependiendo de la métrica de desigualdad que se utilice, la pavimentación de vías podría disminuir la desigualdad en la calidad del aire entre el 36% al 86% y el puntaje del índice SEAQ entre el 19 y el 84%. Aunque las desigualdades económicas y sociales persisten en la ciudad, las tres políticas de reducción de la contaminación mejoran relativamente la desigualdad general agregada, tal que el puntaje del índice SEAQ tiende a incrementarse en las zonas más vulnerables.

Las Figura 3 muestra cómo las políticas simuladas tendrían efectos sobre la calidad del aire. Pavimentar las calles mejora significativamente la calidad del aire, en relación a las otras políticas, con cambios notables en el suroccidente. Bajo esta política muchas más UPZs en el suroccidente lograrían satisfacer el objetivo intermedio 2 (OI-2) de la OMS¹ y áreas en el sur lograrían cumplir con el objetivo

Figura 3. Distribución espacial del puntaje de la dimensión de calidad del aire para los escenarios de política



Nota: Las bandas de color están asociadas a los puntajes del indicador en su orden ascendente: rojo, naranja, amarillo y verde. Áreas en color rojo representan valores bajos del indicador (peor calidad del aire), mientras que las de color verde corresponden a valores altos del indicador (mejor calidad del aire).

¹ OI-3= se satisface por debajo de una concentración media anual de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, OI-2 por debajo de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y OI-1 es por debajo de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. altos del indicador.

Discusiones sobre Ambiente para el Desarrollo No.5

intermedio 3 (OI-3). Las reducciones máximas podrían superar 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados son consistentes con los resultados de otros estudios recientes.

Recomendaciones:

- El uso combinado de las herramientas de modelación atmosférica y socioeconómica permite la incorporación del análisis de impactos multidimensionales, fortalece la toma de decisiones, y enriquece el uso interdisciplinario de la ciencia en el diseño de futuras políticas públicas ambientales.
- Estas herramientas de modelación están cada vez más disponibles y se pueden adoptar en las instituciones con la capacidad instalada.
- Las áreas más vulnerables además de presentar menores condiciones socioeconómicas están más expuestas a la contaminación del aire. Por lo tanto, para disminuir los impactos, las políticas de reducción de la contaminación deberían priorizar las áreas de mayor vulnerabilidad. Por ello, considerar la pavimentación de vías reduciría la contaminación y la desigualdad agregada de la ciudad.
- La reconversión de carbón a gas natural en la industria también tiene una alta relación beneficio-costos, lo que indicaría las bondades de su posible implementación.
- La modelación permitiría la simulación de otros escenarios de política no considerados. En éste estudio se encontró que los beneficios de la renovación de vehículos de diésel de vieja tecnología por vehículos diésel Euro IV no necesariamente compensarían los costos de su implementación. Por ello, simular la reconversión de vehículos diésel a tecnología Euro VI, la cual reduce proporcionalmente más emisiones, ayudaría a complementar el espectro de políticas de reducción.

Discusiones sobre Ambiente para el Desarrollo No.5
REES – Environment for Development Initiative (EfD) - Colombia
<https://efdinitiative.org/colombia>

Facultad de Economía - Universidad de los Andes
Marcela Eslava | Decana, Facultad de Economía
Leopoldo Fergusson | Director CEDE, Facultad de Economía

Autores:

Jorge A. Bonilla, profesor Asociado. Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia). Email: jobonill@uniandes.edu.co.

Ricardo Morales, profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia). Email: r.moralesb@uniandes.edu.co.

Claudia Aravena, Profesora Asistente. Departamento de Economía, Heriot-Watt University, Edimburgo (Escocia). Email: c.aravena@hw.ac.uk.

Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación
Reconocimiento como Universidad:
Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964.
Reconocimiento personería jurídica:
Resolución 28 del 23 de febrero de 1949 Minjusticia.



Universidad de los Andes
Colombia | Facultad de Economía