

Blackman, Allen; Hoffmann, Bridget

Working Paper

Respira fácil, hay una aplicación para eso: Uso de tecnologías de la información y la comunicación para evitar la contaminación del aire en Bogotá

IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-1271

Provided in Cooperation with:

Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC

Suggested Citation: Blackman, Allen; Hoffmann, Bridget (2022) : Respira fácil, hay una aplicación para eso: Uso de tecnologías de la información y la comunicación para evitar la contaminación del aire en Bogotá, IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-1271, Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC,
<https://doi.org/10.18235/0003725>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/290068>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>

DOCUMENTO DE TRABAJO DEL BID N° IDB-WP-1271

Respira fácil, hay una aplicación para eso: uso de tecnologías de la información y la comunicación para evitar la contaminación del aire en Bogotá

Allen Blackman
Bridget Hoffmann

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible, y Departamento de Investigación y Economista
Jefe

Marzo de 2022

Respira fácil, hay una aplicación para eso: uso de tecnologías de la información y la comunicación para evitar la contaminación del aire en Bogotá

Allen Blackman*
Bridget Hoffmann †

* Banco Interamericano de Desarrollo, Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible

† Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Investigación y Economista Jefe

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Blackman, Allen.

Respira fácil, hay una aplicación para eso: uso de tecnologías de la información y la comunicación para evitar la contaminación del aire en Bogotá / Allen Blackman, Bridget Hoffmann.

p. cm. — (Documento de trabajo del BID; 1271)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Air-Pollution-Colombia-Econometric models. 2. Air quality-Colombia-Econometric models. I. Hoffmann, Bridget. II. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. III. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Investigación y Economista Jefe. IV. Título. V. Serie. IDB-WP-1271

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2022] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Después de un proceso de revisión por pares, y con el consentimiento previo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), una versión revisada de esta obra puede reproducirse en cualquier revista académica, incluyendo aquellas indizadas en EconLit de la Asociación Americana de Economía, siempre y cuando se reconozca la autoría del Banco y el autor o autores del documento no hayan percibido remuneración alguna derivada de la publicación. Por lo tanto, la restricción para recibir ingresos de dicha publicación sólo se extenderá al autor(s) de la publicación. Con respecto a dicha restricción, en caso de cualquier incompatibilidad entre la licencia Creative Commons IGO 3.0 Atribución-No comercial - NoDerivatives y estas declaraciones, prevalecerán estas últimas.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



RESPIRA FÁCIL, HAY UNA APLICACIÓN PARA ESO: USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN BOGOTÁ

Allen Blackman^{a*} y Bridget Hoffmann^b

^aSector de Clima y Desarrollo Sostenible, Banco Interamericano de Desarrollo, allenb@iadb.org

^bDepartamento de Investigación, Banco Interamericano de Desarrollo, bridgeth@iadb.org

*Autor correspondiente: Banco Interamericano de Desarrollo, 1301 New York Avenue NW, Washington, DC 20577, 202-523-7423

Declaraciones sobre conflictos de intereses y divulgación financiera: Los autores declaran no tener conflictos de intereses y han revelado todas las fuentes de financiación en los agradecimientos.

RESPIRA FÁCIL, HAY UNA APLICACIÓN PARA ESO: USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN BOGOTÁ

Resumen: La contaminación atmosférica es una de las principales causas de muerte en los países en desarrollo. En teoría, el uso de información personal y tecnologías de comunicación para difundir información en tiempo real sobre la contaminación puede impulsar comportamientos preventivos como el uso de mascarillas. Sin embargo, la evidencia sobre tales resultados es limitada. Realizamos un ensayo controlado aleatorizado (RCT por sus siglas en inglés) para evaluar el impacto de capacitar a estudiantes universitarios en Bogotá para usar una aplicación de teléfono inteligente recientemente disponible que muestra los datos de calidad del aire en tiempo real. La capacitación aumentó la adquisición de información sobre la calidad del aire por parte de los participantes, sus conocimientos sobre el comportamiento preventivo y, lo que es más importante, su comportamiento preventivo real. También aumentó su preocupación por otros problemas ambientales. Estos efectos fueron mediados por las características de los participantes. Nuestros resultados proporcionan una prueba de concepto de que las capacitaciones en aplicaciones para teléfonos inteligentes pueden cambiar el conocimiento, las actitudes y los comportamientos de los usuarios de manera que reduzcan su exposición a la contaminación atmosférica severa. Las capacitaciones en vivo presentadas en nuestro experimento podrían ser escaladas a un costo relativamente bajo.

Palabras clave: contaminación del aire; Colombia; información; ensayo controlado aleatorizado; experimento; aplicación de teléfono inteligente

Códigos JEL: Q53, Q56, Q58, I15

1. INTRODUCCIÓN

Producto de décadas de industrialización, urbanización y motorización, la contaminación atmosférica severa y crónica es ahora un fenómeno global. Hoy, el 90 por ciento de la población mundial vive en lugares que no cumplen con los estándares de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS 2021). Las consecuencias para la salud humana han sido graves. Cada año, la contaminación del aire provoca entre 5 y 9 millones de muertes prematuras y muchos más casos de bronquitis, asma y otras enfermedades cardiopulmonares (Banco Mundial/IHME 2016; GBD 2021; Vorha *et al.* 2021). El sur global es el epicentro de este problema y representa más del 90 por ciento de la mortalidad y morbilidad atribuidas a la contaminación del aire (Banco Mundial/IHME 2016). Aunque la contaminación del aire en interiores por el uso de combustibles de biomasa es un contribuyente importante, la mayoría de las muertes y enfermedades son causadas por la contaminación ambiental (Landrigan *et al.* 2018). Además, en la mayoría de los países en desarrollo, la contaminación ambiental del aire está empeorando. Un estudio reciente predijo que, en ausencia de intervenciones agresivas, el número de muertes por dicha contaminación aumentará en un 50 por ciento para 2050 (Lelieveld *et al.* 2015).

Desafortunadamente, una variedad de factores estructurales e institucionales limitan la efectividad de las iniciativas regulatorias destinadas a controlar la contaminación ambiental del aire en los países en desarrollo (Blackman 2010). Por lo tanto, quizás la estrategia más práctica y costo-eficiente para reducir las enfermedades y muertes causadas por la contaminación del aire a corto y mediano plazo es reducir la exposición, en particular la de las personas vulnerables. En la práctica, eso implica incentivar a las personas a evitar las actividades al aire libre, cerrar las ventanas y participar en otros comportamientos preventivos en los días en que la contaminación del aire es severa. Esto, a su vez, requiere difundir información oportuna y precisa sobre la calidad del aire, junto con recomendaciones sobre cómo evitar la exposición. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son un medio lógico para proporcionar dicha información.

Recientemente, se han puesto a disposición aplicaciones para teléfonos inteligentes que muestran información en tiempo real sobre la calidad del aire. Por ejemplo, la aplicación AirNow de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. ofrece datos históricos, en tiempo

real y de predicción para la mayoría de las ciudades de Estados Unidos. Sameer, Air Quality China y AirRater proporcionan datos similares para ciudades de India, China y Australia. Y aplicaciones como AirVisual de IQAir compilan esta información para ciudades de todo el mundo. Sin embargo, la medida en que estas aplicaciones realmente afectan el comportamiento preventivo, las actitudes ambientales y otros resultados no está claro: hasta donde sabemos, aún no ha aparecido una evaluación rigurosa de una aplicación de teléfono inteligente sobre la calidad del aire.

Aquí, informamos sobre un ensayo controlado aleatorio destinado a evaluar el efecto de la capacitación de estudiantes universitarios en Bogotá, Colombia—una ciudad con una contaminación del aire severa y crónica—en el uso de Aire Bogotá, una aplicación para teléfonos inteligentes sobre la calidad del aire desarrollada por el gobierno municipal. Asignamos aleatoriamente una muestra de 578 estudiantes a un grupo de control o a un grupo de tratamiento que recibió una sesión informativa—sobre la contaminación del aire, comportamientos de preventivos y la aplicación Aire Bogotá—junto con una invitación para participar en una campaña interactiva por correo electrónico de seis semanas, diseñada para habituarlos a usar la aplicación. Una encuesta de referencia, que se realizó en persona en marzo de 2020, justo antes de la sesión informativa, y una encuesta final, que se realizó a distancia tres meses después, recogieron información sobre las características sociodemográficas y una serie de resultados de comportamiento y actitud. Ambas encuestas se realizaron en sesiones supervisadas con un límite de 30 participantes. Se encontró que la capacitación aumentó la adquisición de información sobre la calidad del aire por parte de los participantes, sus conocimientos sobre el comportamiento preventivo y, lo que es más importante, su comportamiento preventivo real. También aumentó su preocupación por otros problemas ambientales. Por último, observamos que los efectos de la capacitación fueron moderados por las características de los participantes; para varios resultados, la capacitación fue menos eficaz entre los participantes que tenían un empleo. Nuestros resultados proporcionan una prueba de concepto de que las capacitaciones en aplicaciones para teléfonos inteligentes sobre la calidad del aire pueden cambiar el conocimiento, las actitudes y los comportamientos de los usuarios de manera que reduzcan su exposición a la contaminación atmosférica severa. Las capacitaciones en vivo de nuestro experimento podrían ser escaladas a un costo relativamente bajo utilizando videos pregrabados, folletos y otros materiales.

Nuestro estudio hace tres contribuciones a la literatura emergente sobre el uso de las TIC para difundir información sobre la calidad del aire. En primer lugar, hasta donde sabemos, es el

primer estudio riguroso de una aplicación para teléfonos inteligentes sobre la calidad del aire y es uno de los pocos estudios que examinan las TIC 'personales' sobre la calidad del aire que brindan información adaptada a subgrupos o individuos específicos (por ejemplo, mensajes de texto y monitores portátiles de la calidad del aire). La mayor parte de los estudios sobre las TIC en materia de calidad del aire se centran en la radio, la televisión, los periódicos, las páginas web y otros mecanismos 'impersonales' que ofrecen el mismo contenido a todos los usuarios. Las TIC personales son particularmente prometedoras porque pueden proporcionar información sobre la calidad del aire en momentos y/o lugares específicos—datos que pueden usarse para planificar comportamientos preventivos. En segundo lugar, hasta donde sabemos, el nuestro es solo el tercer estudio de cualquier tipo de TIC en materia de calidad del aire que utiliza métodos experimentales. Los estudios restantes se caracterizan principalmente por utilizar métodos cuasi-experimentales. Por último, contribuimos a la escasa literatura sobre las intervenciones en materia de calidad del aire basadas en la información en el sur global, donde el problema que estudiamos es más urgente y donde la rápida difusión de los teléfonos móviles en la última década ha creado nuevas oportunidades para abordar ese problema.

Los estudios de las TIC impersonales tienden a centrarse en las alertas de calidad del aire difundidas a través de medios impresos y electrónicos convencionales y, en su mayoría, descubren que fomentan el comportamiento preventivo. Por ejemplo, se ha descubierto que las alertas de calidad del aire reducen la asistencia a zoológicos y jardines botánicos en el sur de California (Ziven y Neidell 2009), reducen la asistencia a juegos de béisbol en Corea del Sur (Yoo 2021), reducen el uso de instalaciones recreativas al aire libre por parte de los ancianos y otros grupos sensibles en Atlanta (Noonan 2014), reducen el uso de bicicletas entre un 14% y un 35% en Australia (Saberian *et al.* 2017), y duplican las consultas en línea sobre mascarillas con filtros en China (Liu *et al.* 2017). Además, dos estudios recientes concluyen que durante las últimas dos décadas, la implementación de sistemas automatizados de monitoreo y divulgación de la calidad del aire en tiempo real en ciudades de China ha impulsado los indicadores de comportamientos preventivos, incluyendo las compras de purificadores de aire y las búsquedas en línea de mascarillas (Barwick *et al.* 2019; Greenstone *et al.* 2019). Sin embargo, la evidencia sobre los efectos de los mecanismos informativos impersonales no es uniformemente positiva. Por ejemplo, Semenza *et al.* (2008) y Steib *et al.* (1996) encuentran que las alertas de calidad del aire en Canadá, Texas y Oregón tienen poco efecto en el comportamiento preventivo auto-reportado.

Todos estos estudios de las TIC impersonales en materia de calidad del aire son cuasi-experimentales; ninguno utiliza ensayos controlados aleatorizados.

La literatura sobre las TIC personales es mucho más limitada y los resultados son mixtos. Por un lado, Araban *et al.* (2017) encuentran que una intervención combinada que consiste en mensajes de texto diarios sobre la calidad del aire, entrevistas motivacionales y materiales educativos impresos impulsó el comportamiento preventivo en una muestra de mujeres embarazadas en Teherán. Hanna *et al.* (2021) informan que en la Ciudad de México, las alertas de calidad del aire por SMS adaptadas a las ubicaciones de los destinatarios aumentaron la probabilidad de que los destinatarios permanecieran en el interior con las ventanas cerradas en los días de alta contaminación percibida. Y Oltra *et al.* (2017) encuentran que en Barcelona, los monitores individuales de calidad del aire aumentaron la conciencia y la motivación para los comportamientos preventivo más que los mecanismos impersonales de difusión de información. Sin embargo, por otro lado, Lyons *et al.* (2016) descubren que AirAware, un sistema personal de información sobre la contaminación del aire en el Reino Unido que envía mensajes de texto, correos electrónicos y mensajes de voz a personas de alto riesgo, aumentó los ingresos en urgencias por afecciones respiratorias (lo que atribuyen a que el sistema exacerbó la ansiedad de los participantes sobre la contaminación del aire). Y Haddad y de Nazelle (2018) informan que en el Reino Unido, los monitores individuales de contaminación del aire y las aplicaciones para teléfonos inteligentes no afectaron los comportamientos o actitudes relacionados con los viajes en un grupo de pilotos. Entre estos estudios sobre las TIC personales en materia de calidad del aire, tanto Araban *et al.* (2017) como Hanna *et al.* (2021) utilizan ensayos controlados aleatorizados, Lyons *et al.* (2016) se basan en métodos cuasi-experimentales, y Oltra *et al.* (2017) y Haddad y de Nazelle (2018) utilizan grupos focales con muestras pequeñas.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. La siguiente sección brinda información general sobre la calidad del aire en Bogotá y sobre la aplicación para teléfonos inteligentes que estudiamos. La tercera sección discute el diseño experimental y los datos. La cuarta sección presenta los modelos. La quinta sección expone los resultados, y la última sección resume y concluye.

2. ANTECEDENTES

2.1. Calidad del aire en Bogotá

La calidad del aire en Bogotá regularmente no cumple con los estándares de la Organización Mundial de la Salud por un margen considerable (Figura 1). Se estima que pae; material particulado fino por sí solo causa más de 1600 muertes prematuras por año en la ciudad (Blackman *et al.* 2021). Los vehículos son la fuente del 81 por ciento de las emisiones de combustión de material particulado fino en Bogotá, y los camiones representan el 60 por ciento de las emisiones vehiculares (SDA 2020). Los episodios de contaminación atmosférica grave ocurren con mayor frecuencia en febrero y marzo y en menor medida en enero, abril, noviembre y diciembre, cuando las inversiones térmicas atrapan la contaminación del aire a nivel del suelo. La calidad del aire es notablemente peor que el promedio en la parte suroeste de la ciudad. La red de monitoreo de la calidad del aire en Bogotá (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, RMCAB) consta de 13 estaciones que brindan datos por hora sobre seis contaminantes del aire y siete variables climáticas.

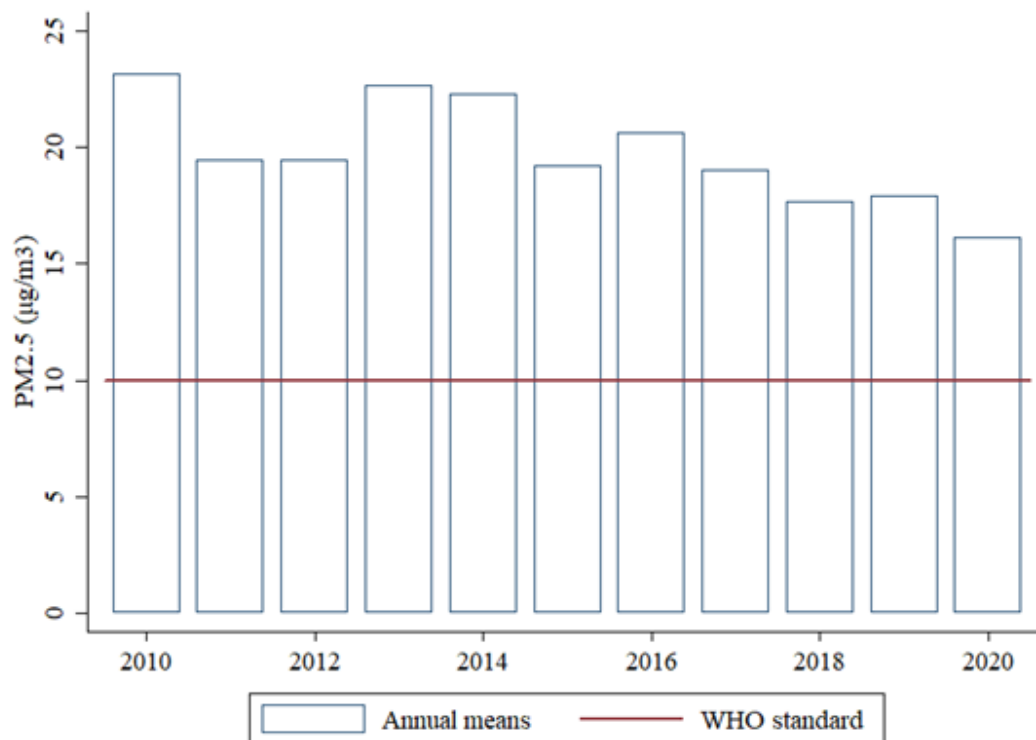
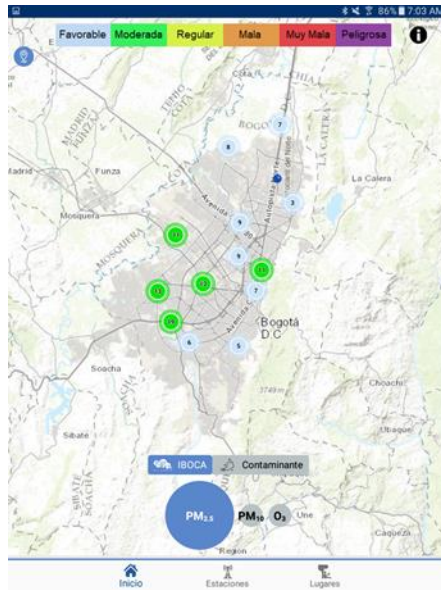


Figura 1. Concentración ambiental promedio anual de partículas finas (PM2.5) en Bogotá 2010-2020 y estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

2.2 La aplicación Aire Bogotá

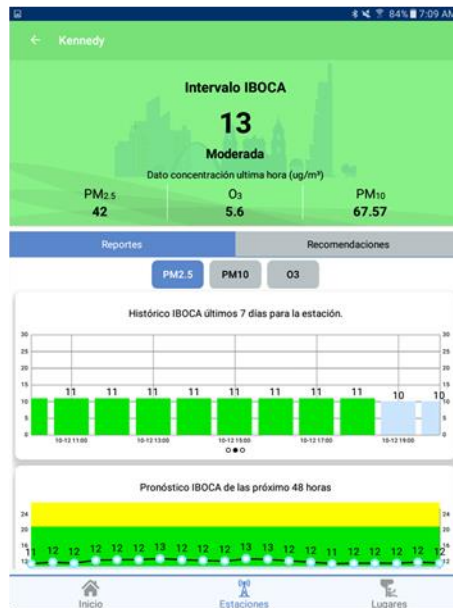
Creada por la agencia ambiental municipal (Secretaría Distrital del Ambiente) y lanzada en enero de 2020, Aire Bogotá es una aplicación interactiva gratuita para teléfonos inteligentes que brinda una variedad de información sobre la calidad del aire en la ciudad. Quizás lo más importante es que muestra las concentraciones en tiempo real o un índice de calidad del aire codificado por colores llamado IBOCA (*Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud*) para tres contaminantes—material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y ozono(O_3)—en las 13 estaciones de control de la calidad del aire de la ciudad, con información interpolada para puntos intermedios, como clínicas de salud, estaciones de transporte público y museos. Además, la aplicación proporciona datos históricos sobre la calidad del aire durante los últimos siete días, predicciones para las próximas 48 horas y recomendaciones de salud basadas en el índice. La figura 2 recopila cuatro capturas de pantalla que ilustran las capacidades de la aplicación: datos en tiempo real sobre la calidad del aire en las estaciones de control (panel A), datos en tiempo real en los puntos de interés seleccionados por el usuario (en este caso, las clínicas de salud) (panel B), datos históricos sobre la calidad del aire (panel C) y predicciones sobre la calidad del aire (panel D).



Panel A



Panel B



Panel C



Panel D

Figura 2. Capturas de pantalla de la aplicación para teléfonos inteligentes Aire Bogotá: índice de calidad del aire de partículas finas (PM2.5) en las 13 estaciones de monitoreo de Bogotá (Panel A), datos de calidad del aire en puntos de interés seleccionados por el usuario (aquí, clínicas de salud) (Panel B), datos históricos de calidad del aire (Panel C), y predicciones sobre la calidad del aire (Panel D).

3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DATOS

Utilizamos un diseño experimental para evaluar los efectos de la capacitación de estudiantes universitarios en el uso de la aplicación Aire Bogotá en su adquisición de información sobre la calidad del aire, el conocimiento sobre el comportamiento preventivo, el comportamiento preventivo real, la difusión de información sobre la calidad del aire y el medio ambiente, y las actitudes sobre el medio ambiente.

3.1 Muestra

Nuestra muestra estuvo compuesta por estudiantes de 18 años o más que estudian en universidades de Bogotá. Nos enfocamos en estudiantes universitarios por dos razones. En primer lugar, esperábamos que prácticamente todos tuvieran teléfonos inteligentes, que se sintieran cómodos y acostumbrados a utilizar las tecnologías digitales, y que tuvieran fácil acceso a redes Wi-Fi que les permitieran utilizar la aplicación Aire Bogotá sin costo alguno. Y segundo, esperábamos que tuvieran horarios relativamente flexibles que reducirían los costos de los comportamientos de evitación, como limitar las actividades al aire libre y ajustar los viajes en los días de contaminación atmosférica severa.

Usamos medios sociales impresos y digitales para reclutar una muestra de conveniencia de estudiantes. Un total de 665 estudiantes de 24 universidades participaron en nuestras sesiones de referencia y 578 participaron en nuestras sesiones finales, lo que implica una tasa de atrición general del 13 por ciento. La atrición está equilibrada entre los grupos de tratamiento y control (Tabla A1). En nuestra muestra final de 578 estudiantes, el grupo de tratamiento comprendía 244 participantes (42 por ciento) y el grupo de control, 334 participantes (58 por ciento). Aunque la aleatorización se diseñó para asignar aproximadamente la mitad de la muestra a cada grupo, los porcentajes reales de asignación difieren porque la aleatorización se realizó a nivel de sesión.

3.2. Cronología

Nuestro experimento procedió de la siguiente manera (Figura 3). La aplicación Aire Bogotá se lanzó en enero de 2020. En febrero, reclutamos nuestra muestra. Entre el 2 y el 14 de marzo realizamos 30 sesiones presenciales de línea base con un total de 665 participantes. En cada sesión primero realizamos nuestra encuesta de referencia y luego llevamos a cabo una sesión informativa de tratamiento o de control (placebo) (descrita a continuación). Los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos de tratamiento y control a nivel de sesión. De las 30 sesiones de línea

base, 14 sesiones con un total de 272 fueron asignadas al grupo de tratamiento y 16 sesiones con 393 participantes fueron asignadas al grupo de control. En las seis semanas posteriores a la sesión de línea base, los participantes participaron en una campaña de correo electrónico interactiva (también descrita a continuación). Finalmente, entre el 11 de mayo y el 19 de junio, llevamos a cabo 46 sesiones remotas finales con 578 participantes.

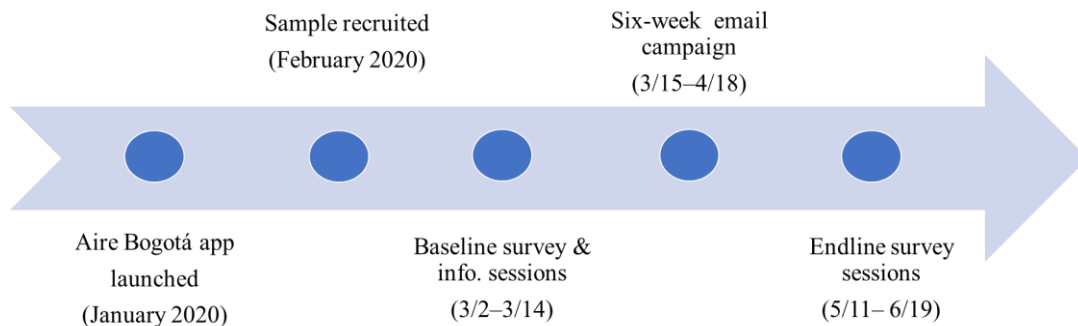


Figura 3. Cronología del experimento

Nuestro experimento coincidió con el inicio de la pandemia de Covid-19 en Bogotá. El primer caso en la ciudad se reportó el 6 de marzo de 2020; la mayoría de las universidades cerraron el 16 de marzo; y el cierre nacional comenzó el 20 de marzo. Nuestras sesiones de línea base estaban casi terminadas cuando el Laboratorio de Economía Experimental y del Comportamiento de Rosario, que las acogía, se cerró el 16 de marzo. Para esa fecha, habíamos completado encuestas de línea base para 665 participantes que representan el 89 por ciento de nuestra muestra de línea base planificada de 750 participantes. Discutimos otros efectos potenciales de la pandemia en nuestro estudio en la Sección 3.5 y la Sección 6.

3.3. Tratamientos

Administramos un tratamiento equivalente a una capacitación en el uso de la aplicación Aire Bogotá. El tratamiento constó de tres componentes: (i) información sobre la aplicación Aire Bogotá, (ii) información destinada a motivar el uso de la aplicación, incluyendo información sobre la contaminación del aire, sus efectos en la salud y cómo minimizarlos mediante comportamientos preventivos, y (iii) una campaña interactiva por correo electrónico de seis semanas destinada a reforzar los dos primeros elementos. El tratamiento fue diseñado para motivar a los usuarios a descargar y luego interactuar regularmente con la aplicación. Una investigación considerable ha

demostrado que incluso si se puede convencer a los usuarios de que descarguen una aplicación de teléfono inteligente que proporcione información específica, destacada y procesable relacionada con su salud (como dejar de fumar, ejercicio, salud mental y contaminación del aire), los niveles posteriores de compromiso con la aplicación pueden ser bajos y/o disminuir con el tiempo (Regmi *et al.* 2017; Guertler *et al.* 2015; Torus *et al.* 2020; Delmas y Kohli 2021). Por esa razón, los ensayos controlados aleatorizados que evalúan tales aplicaciones a menudo usan intervenciones compuestas que motivan y habitan a los participantes a usarlas (Araban *et al.* 2017; O'Connor *et al.* 2020; Funk *et al.* 2010), al igual que los experimentos que evalúan todo tipo de políticas a menudo se basan en intervenciones compuestas para aumentar la eficacia (por ejemplo, Stephens y Toohey In Press; Wheeler *et al.* In Press; Leight *et al.* 2022). Aunque nuestro paquete de tratamiento implicaba sesiones informativas en vivo y, por lo tanto, requería mucho tiempo y recursos, como se analiza a continuación, podría escalarse a un costo relativamente bajo mediante el uso de videos pregrabados y otros materiales difundidos a través de internet y medios convencionales.

Volviendo a los detalles de nuestra intervención, los participantes asignados al grupo de tratamiento asistieron a una sesión informativa en persona que duró aproximadamente 20 minutos (Apéndice 1) que cubrió los siguientes temas:

- *La calidad del aire en Bogotá* regularmente no cumple con los estándares internacionales y es peor que la de la mayoría de las ciudades de América Latina.
- *Los efectos de la contaminación del aire en la salud humana* incluyen una variedad de enfermedades a corto y largo plazo y, en Bogotá, aproximadamente 2000 muertes por año, el 14 por ciento de todas las muertes en la ciudad.
- *Información básica sobre la contaminación del aire*, incluyendo los tipos más importantes, variación temporal a lo largo del año y del día, y variación espacial dentro de Bogotá.
- *Comportamiento de preventivopara* reducir los riesgos para la salud de la contaminación del aire: usar una mascarilla N95, limitar la actividad física al aire libre y cerrar las ventanas cuando y donde la calidad del aire sea particularmente mala, ver a un médico de inmediato al experimentar síntomas cardiorrespiratorios y evitar los productos de tabaco.

- Instrucciones de descarga e instalación de la *aplicación Aire Bogotá*, los principales tipos de información que proporciona y su funcionalidad.
- *Uso de la aplicación Aire Bogotá* para reducir la exposición al determinar cuándo y dónde participar en comportamientos de evitación.
- *Campaña por correo electrónico*: una oferta para participar en una campaña interactiva por correo electrónico de seis semanas, para lo cual se necesitaría la aplicación Aire Bogotá.

El propósito de la campaña interactiva por correo electrónico fue capacitar a los participantes en el uso de la aplicación Aire Bogotá, acostumbrarlos a usarla y reforzar el tratamiento informativo. Los participantes recibieron seis mensajes por correo electrónico, uno por semana, durante las seis semanas posteriores a la sesión de referencia (Apéndice 1). Cada uno contenía un breve resumen de viñetas de puntos clave seleccionados de la sesión informativa de referencia sobre los efectos en la salud de la contaminación del aire y el comportamiento preventivo. Además, cada correo electrónico incluía una pregunta sobre la calidad del aire en un momento y lugar específicos en Bogotá: por ejemplo, "¿Cuál fue el IBOCA para PM2.5 en la estación de monitoreo de calidad del aire de Barrios Unidos el 21 de marzo a las 9:00 p. m.?" Para responder a estas preguntas, los participantes debían consultar la aplicación Aire Bogotá y enviar y responder utilizando un enlace de SurveyCTO dentro de las 24 horas posteriores a la recepción del correo electrónico.

Los participantes asignados al grupo de control recibieron una sesión informativa de placebo sobre historia del arte, una oferta para participar en una campaña por correo electrónico de placebo de seis semanas para la cual necesitarían una aplicación gratuita llamada DailyArt e instrucciones sobre cómo descargar, instalar y usar la aplicación. El objetivo era minimizar la deserción diferencial al garantizar que los participantes del grupo de control tuvieran la oportunidad de obtener una compensación comparable a la del grupo de tratamiento. La compensación se analiza en la Sección 3.5.

3.4. Resultados

En nuestras encuestas de línea base y final, recopilamos información sobre seis conjuntos de resultados (Tabla 1). El primer conjunto se refería a la adquisición de información sobre la

calidad del aire. Los encuestados indicaron si habían instalado la aplicación Aire Bogotá en un dispositivo electrónico (*aplicación instalada*), si habían utilizado la aplicación Aire Bogotá para buscar información sobre la calidad del aire (*búsqueda de información con app*), y si habían utilizado otros medios para hacerlo (*búsqueda de información por otros medios*). En la encuesta de referencia—es decir, antes de que se administrara el tratamiento—solo el 3 por ciento de nuestros participantes había instalado la aplicación Aire Bogotá en un dispositivo electrónico y solo el 2 por ciento había usado la aplicación para buscar información sobre la calidad del aire en las dos semanas anteriores (Tabla 1). Sin embargo, durante este tiempo el 37 por ciento había buscado información sobre la calidad del aire de otra fuente.

Tabla 1. Variables y medias de referencia

Variable	Unidades	Definición	N obs.	Mediana
TRATAMIENTO				
<i>tratado</i>	0/1	sesión informativa sobre tratamiento recibida	578	0,42
RESULTADOS				
Adquisición Info Calidad Air				
<i>aplicación instalada</i>	0/1	aplicación instalada en teléfono inteligente	578	0,03
<i>búsqueda de información con app</i>	0/1	búsqueda de información sobre la calidad del aire en las últimas 2 semanas usando la aplicación	577	0,02
<i>búsqueda de información por otros medios</i>	0/1	búsqueda de información sobre la calidad del aire en las últimas 2 semanas usando otra fuente	577	0,37
Conocimiento de prevenciones				
<i>conocer</i>	0/1	conoce que el comportamiento propio puede reducir los efectos nocivos para la salud de la contaminación atmosférica	576	0,90
<i>conocer al aire libre</i>	0/1	conoce que restringir la actividad al aire libre puede reducir los efectos adversos para la salud	576	0,22
<i>conocer viajar</i>	0/1	conoce que cambiar el modo de viaje o la ruta puede reducir los efectos adversos en la salud	576	0,46
<i>conocer mascarilla</i>	0/1	conoce que usar mascarilla con filtro puede reducir los efectos adversos para la salud	576	0,56
<i>conocer ventanas</i>	0/1	conoce que cerrar las ventanas puede reducir los efectos adversos para la salud	576	0,30
<i>conocer fumar</i>	0/1	conoce que fumar menos puede reducir los efectos adversos para la salud	576	0,33
<i>conocer purificador de aire</i>	0/1	conoce que usar un purificador de aire puede reducir los efectos adversos para la salud	576	0,23
<i>conocer otros</i>	0/1	conoce que usar bufanda y medicamentos puede reducir los efectos adversos para la salud	576	0,48
Comportamiento preventivo				
<i>comportamiento</i>	0/1	cambió su comportamiento debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,13
<i>comportamiento al aire libre</i>	0/1	restringió actividad al aire libre debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,07
<i>comportamiento viaje</i>	0/1	cambió el modo de viaje o la ruta debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,05
<i>comportamiento mascarilla</i>	0/1	usó máscara con filtro debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,02
<i>comportamiento ventanas</i>	0/1	cerró ventanas debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,03
<i>comportamiento fumar</i>	0/1	fumó menos debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,01
<i>comportamiento purificador de aire</i>	0/1	utilizó purificador de aire debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,00
<i>comportamiento otro</i>	0/1	utilizó bufanda o medicamentos debido a la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	578	0,05
Advertencias de Calidad del Aire				
<i>calidad aire advertir alguien</i>	0/1	advirtió a alguien sobre la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	577	0,32
<i>calidad aire advertir familia</i>	0/1	advirtió a los miembros de la familia sobre la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	577	0,27
<i>calidad aire advertir compañeros</i>	0/1	advirtió a sus compañeros sobre la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	577	0,23
<i>calidad aire advertir otros</i>	0/1	advirtió a los profesores o al personal sanitario sobre la mala calidad del aire en las últimas 2 semanas	577	0,03

Medio Ambiente					
Discusiones					
<i>medio ambiente discutir alguien</i>	0/1	discutió con alguien sobre problemas ambientales en las últimas 2 semanas	577	0,65	
<i>medio ambiente discutir familia</i>	0/1	discutió con familiares sobre problemas ambientales en las últimas 2 semanas	577	0,43	
<i>medio ambiente discutir compañeros</i>	0/1	discutió con compañeros sobre problemas ambientales en las últimas 2 semanas	577	0,55	
<i>medio ambiente discutir otros</i>	0/1	discutió con profesores o personal sanitario sobre problemas ambientales en las últimas 2 semanas	577	0,13	
Actitudes					
<i>preocupación calidad aire largo plazo</i>	[0-4]	nivel de preocupación sobre el efecto de la calidad del aire en la salud a largo plazo	578	3,19	
<i>preocupación contaminación del agua</i>	[0-4]	nivel de preocupación por la contaminación del agua	577	2,75	
<i>preocupación residuos</i>	[0-4]	nivel de preocupación por los residuos peligrosos	576	2,74	
<i>preocupación crecimiento</i>	0/1	cree que la contaminación es necesaria para fomentar el crecimiento económico			
<i>compensación</i>			574	0,67	
COVARIABLES					
<i>estratos 1&2</i>	0/1	casa familiar en estrato 1 or 2	568	0,35	
<i>masculino</i>	0/1	masculino	577	0,51	
<i>educación madre</i>	0/1	madre asistió a la universidad o escuela de posgrado	568	0,35	
<i>vivir con familia inmediata</i>	0/1	vivir con familia inmediata	572	0,83	
<i>empleado</i>	0/1	tener un trabajo remunerado además de estudiar	570	0,23	
<i>salud propia</i>	0/1	tiene una condición cardiopulmonar ^b	578	0,18	
<i>salud familia</i>	0/1	miembro de familia inmediata tiene una condición cardiopulmonar ^b	577	0,55	
<i>humo</i>	0/1	fuma productos de tabaco	575	0,22	
<i>no. miembros en el hogar <5</i>	0/1	miembros en el hogar <5 años	578	0,14	
<i>no. miembros en el hogar >60</i>	0/1	miembros en el hogar >60 años	578	0,30	
<i>ejercicio al aire libre</i>	0/1	hace ejercicio al aire libre al menos algunos días de la semana	578	0,32	
<i>región 1</i>	0/1	norte (A18)	572	0,40	
<i>región 2</i>	0/1	fuera de Bogotá ^c	572	0,05	
<i>región 3</i>	0/1	sureste ^c	572	0,13	
<i>región 4</i>	0/1	suroeste ^c	572	0,42	

^aLos *estratos* son categorías socioeconómicas utilizadas por los gobiernos municipales colombianos para cobrar tarifas e impuestos diferenciales por los servicios públicos y para asignar diversos beneficios (DANE 2020). Los seis *estratos* son 1 (bajo-bajo), 2 (bajo), 3 (medio-bajo), 4 (medio), 5 (medio-alto) y 6 (alto).

^bLas condiciones son asma, bronquitis crónica, cáncer de pulmón o garganta, enfermedad cardíaca, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía, presión arterial alta u otra condición cardiopulmonar.

^cLas *localidades* (unidades administrativas municipales) que corresponden a cada región son: *región 1*, suroeste: Bosa, Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, Puente Aranda, Rafael Uribe, Usme, Tunjuelito; *región 2*, fuera de Bogotá; *región 3*, sureste: Antonio Nariño, La Candelaria, Los Martires, San Cristobal, Santa Fe; *región 4*, norte: Barrios Unidos, Chapinero, Engativá, Suba, Teusquillo, Usaquén.

El segundo conjunto de resultados se refería al conocimiento sobre la contaminación del aire y los comportamientos =preventivos. Los encuestados indicaron si sabían que su propio comportamiento podría reducir los riesgos para la salud de la contaminación del aire (*conocer*) y si sabían que comportamientos específicos podrían reducir esos riesgos, incluyendo la restricción de actividades al aire libre (*conocer al aire libre*), cambiar su modo o ruta de viaje (*conocer viajar*), usar mascarilla con filtro (*conocer mascarilla*), cerrar ventanas (*conocer ventanas*), fumar menos productos de tabaco (*conocer fumar*), usar un purificador de aire (*conocer purificador de aire*) y

usar una bufanda simple sobre la cara y/o aplicar cremas o medicamentos (*conocer otros*). En la encuesta de referencia, el 90 por ciento de los participantes sabía que cambiar su propio comportamiento podría tener beneficios para la salud. El conocimiento de los participantes sobre comportamientos =preventivos específicos varió desde un mínimo del 22 por ciento para restringir la actividad al aire libre hasta un máximo del 56 por ciento para usar mascarilla con filtro.

El tercer conjunto de resultados se refería a los comportamientos preventivos. Los encuestados informaron si habían cambiado algún comportamiento específicamente debido a la mala calidad del aire en las dos semanas anteriores (*comportamiento*) y, de ser así, qué tipo específico de comportamiento habían cambiado (*comportamiento al aire libre, comportamiento viaje, comportamiento mascarilla, comportamiento ventanas, comportamiento fumar, comportamiento purificador de aire, comportamiento otros*). En el estudio de referencia—pocos participantes, solo el 13 por ciento—informaron haber tenido algún tipo de comportamiento preventivo debido a la mala calidad del aire en las dos semanas anteriores a la sesión de referencia. Los comportamientos preventivos más comunes fueron restringir la actividad al aire libre (7 por ciento) y cambiar el modo de viaje o la ruta (5 por ciento).

El cuarto y quinto grupo de resultados se referían a la difusión de información sobre el medio ambiente. El cuarto conjunto tenía que ver con proporcionar advertencias sobre la calidad del aire. Los encuestados informaron si habían advertido a alguien sobre la mala calidad del aire en las dos semanas anteriores (*calidad aire advertir alguien*) y, de ser así, a quién habían advertido, incluyendo familiares (*calidad aire advertir familia*), compañeros (*calidad aire advertir compañeros*) y profesores y/o personal sanitario (*calidad aire advertir otros*). En el estudio de referencia, casi un tercio de los participantes informaron haber advertido a alguien sobre la mala calidad del aire en las dos semanas anteriores. Entre los grupos específicos de personas advertidas, tal vez no sea sorprendente que los más comunes fueran los familiares inmediatos (27 por ciento) y los compañeros (23 por ciento).

El quinto conjunto de resultados se refería a la discusión de cuestiones ambientales de manera más amplia. Los encuestados informaron si habían discutido temas ambientales con alguien en las dos semanas anteriores (*medio ambiente discutir alguien*) y, de ser así, con quién lo habían discutido (*medio ambiente discutir familia, medio ambiente discutir compañeros, medio ambiente discutir otros*). El propósito de este quinto conjunto de resultados, junto con algunos de los de la sexta categoría de resultados, fue resaltar si nuestro tratamiento tuvo efectos indirectos

sobre cuestiones ambientales más allá de la contaminación del aire. En el estudio de línea base, casi dos tercios de los participantes dijeron que habían discutido temas ambientales con otros en las dos semanas anteriores. Aquí, también, las interacciones más comunes fueron con familiares inmediatos (43 por ciento) y compañeros (55 por ciento).

El último conjunto de resultados tuvo que ver con las actitudes de los encuestados sobre varios temas ambientales. Utilizando una escala de Likert de cinco puntos, los encuestados indicaron su nivel de preocupación por la calidad del aire a largo plazo (*preocupación calidad aire largo plazo*), la contaminación del agua (*preocupación contaminación del agua*) y los residuos peligrosos (*preocupación residuos*). Además, respondieron a una pregunta que tenía como objetivo conocer sus actitudes generales sobre temas ambientales: si es necesario contaminar para fomentar el crecimiento económico (*preocupación compensación crecimiento*). En la encuesta de referencia, las medidas de preocupación en escala de Likert oscilaron entre 2,7 para la contaminación del agua y los residuos peligrosos y 3,2 para los efectos a largo plazo de la contaminación del aire. Y más de dos tercios de los participantes creían que la contaminación era una compensación necesaria para fomentar el crecimiento económico.

3.5. Logística

Los participantes del estudio fueron remunerados: recibieron COP 30.000 (US \$9,25) por asistir a la encuesta de referencia y a la sesión informativa, COP 40.000 (US \$12,30) por asistir a la sesión final de la encuesta y COP 6.000 (US \$1,85) por cada pregunta de correo electrónico respondida correctamente.¹ Al asistir a las sesiones de referencia y final y responder correctamente a cada pregunta por correo electrónico, los participantes podrían ganar un máximo de COP 142.000 (US \$43,78). Los pagos de las sesiones de referencia se realizaron en efectivo inmediatamente después de la sesión. Los pagos por las respuestas correctas a las preguntas de la campaña de correo electrónico y por la sesión final se realizaron mediante aplicaciones de transferencia de dinero para teléfonos inteligentes.

Para reducir la falta de atención y garantizar el cumplimiento de los protocolos del estudio, tanto la sesión de línea base como la final se llevaron a cabo en reuniones grupales supervisadas con un máximo de 30 participantes. Las sesiones de línea base se realizaron de manera presencial en el Laboratorio de Economía Experimental y del Comportamiento de Rosario en el centro de la

¹ Los montos en USD asumen una tasa de 3243 COP por USD, la tasa de cambio de enero de 2020.

ciudad de Bogotá. Debido a los requisitos de distanciamiento social de Covid-19, las sesiones finales se realizaron en línea utilizando una plataforma de conferencias web (Zoom). Tanto las sesiones de referencia presenciales como las finales remotas fueron supervisadas por al menos dos miembros del equipo de estudio, quienes comprobaron la identificación para verificar que los participantes fueran los estudiantes universitarios que habían sido invitados; obtuvieron su consentimiento; presentaron, explicaron y supervisaron la participación en las encuestas; respondieron a las preguntas de procedimiento; y, luego de haberse completado la encuesta de referencia, presentaron los tratamientos informativos. Las encuestas de referencia y finales, realizadas con el software en línea SurveyCTO, recogieron información sobre los resultados descritos anteriormente y sobre las características sociodemográficas (Tabla 1). Un promedio de 22 estudiantes participaron en cada sesión de referencia y un promedio de 13 estudiantes participaron en cada sesión final.

3.6. Características sociodemográficas

Las características sociodemográficas de los participantes del estudio pueden moderar el efecto de nuestro tratamiento. En la encuesta de referencia, poco más de un tercio de los estudiantes de nuestra muestra procedían de hogares del estrato más bajo o segundo más bajo—categorías socioeconómicas utilizadas por los gobiernos municipales colombianos (Tabla 1).² Un poco más de la mitad eran hombres, el 83 por ciento vivía con su familia inmediata y poco menos de una cuarta parte tenía trabajos de tiempo completo o parcial además de asistir a la universidad (Tabla 1). Veintidós por ciento fumaba productos de tabaco, poco menos de una quinta parte tenía una afección cardiopulmonar que podría verse exacerbada por la contaminación del aire, y el 55 por ciento tenía un familiar inmediato con tal afección. Una parte significativa vivía con miembros del hogar vulnerables a los efectos de la contaminación del aire: El 14 por ciento vivía con niños menores de cinco años y el 30 por ciento vivía con adultos mayores de 60 años. Casi un tercio hacía ejercicio al aire libre al menos algunos días de la semana. El cuarenta y dos por ciento vivía en la parte suroeste de Bogotá, que, como se señaló anteriormente, tiene la contaminación del aire más grave de la ciudad.

²Los estratos se utilizan para cobrar tasas e impuestos diferenciales por servicios públicos y para destinar diversos beneficios (DANE 2020). Los seis estratos son 1 (bajo-bajo), 2 (bajo), 3 (medio-bajo), 4 (medio), 5 (medio-alto) y 6 (alto).

Aunque los participantes fueron asignados aleatoriamente al grupo de tratamiento o de control en la sesión informativa de referencia, es útil verificar el equilibrio de sus características observables. Solo una covariable—*estrato 1 y 2*, está (débilmente) correlacionada con la asignación al tratamiento (Tabla A2). Para controlar por correlaciones residuales, incluimos las características de los participantes como covariables en las regresiones utilizadas para generar estimaciones del efecto del tratamiento y analizar la heterogeneidad del efecto del tratamiento (ver Ecuaciones 1 y 2, a continuación).

3.7. Incumplimiento

Los participantes del estudio exhibieron dos tipos de incumplimiento. El primero se refería a la instalación de la aplicación Aire Bogotá y tenía dos lados. De los 244 participantes en el grupo de tratamiento, el 2 por ciento nunca instaló la aplicación y otro 15 por ciento la instaló en algún momento durante el experimento, pero la había desinstalado en el momento de la encuesta final (Tabla 2). De los 334 participantes en el grupo de control, el 4 por ciento tenía la aplicación instalada en el momento de la encuesta final, y el 12 por ciento la había instalado en algún momento antes de la encuesta final pero la desinstaló desde entonces.

Tabla 2. Incumplimiento de asignación de tratamiento (%)

	Grupo de control (n=334)	Grupo de tratamiento (n=244)	Total (n=578)
¿Aplicación Aire Bogotá instalada en sesión final?			
Sí	4	83	37
En un momento pero ya no	12	15	13
Nunca	84	2	49
Total	100	100	100
Campaña por correo electrónico de tratamiento (n = 6)			
Preguntas por correo electrónico sin respuestas	n/a	40	n/a
Participantes que no respondieron a 3 o más preguntas	n/a	41	n/a
Preguntas por correo electrónico con respuestas incorrectas	n/a	7	n/a
Participantes con 3 o más respuestas incorrectas	n/a	4	n/a

El segundo tipo de incumplimiento en cuestión se refería a la participación de los participantes en la campaña interactiva por correo electrónico de seis semanas. En promedio, los participantes tratados no respondieron a 2,4 (40 por ciento) de los seis correos electrónicos que se les enviaron. Y en promedio, el 7 por ciento de las respuestas de los participantes tratados fueron incorrectas. En la siguiente sección, discutimos las implicaciones de ambos tipos de incumplimiento para la consistencia de nuestras estimaciones del efecto del tratamiento.

4. ESTIMACIONES

Estimamos los efectos por intención de tratar (ITT por sus siglas en inglés) utilizando mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para ajustar regresiones de la forma

$$Y = \beta_1 \text{tratado} + \beta_2 y + \beta_3 x' + \epsilon \quad (1)$$

donde Y es el resultado en la encuesta final, *tratado* es un indicador binario de si un participante recibió la sesión informativa sobre el tratamiento, y es el resultado en la encuesta de referencia, x es un vector de covariables, β es un parámetro o vector de parámetros, y ϵ es un término de error. Como se señaló anteriormente, incluimos covariables para controlar por correlaciones residuales. Los elementos de x son *estrato 1 y 2*, *masculino*, *educación madre*, *vivir con familia inmediata*, *empleado*, *salud propia*, *salud familia*, *fumar*, *no. miembros en el hogar <5*, *no. miembros en el hogar >60*, *ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región (Tabla 1). Agrupamos los errores estándar en el nivel de la sesión de la encuesta de línea base. Nuestro efecto estimado del tratamiento viene dado por β_1 . Para mayor solidez, en el Apéndice informamos los resultados de regresiones simplificadas omitiendo el vector de variables de características de los participantes.

Como se señaló en la sección anterior, los participantes de nuestro estudio exhibieron dos tipos de incumplimiento. No todos los participantes en el grupo de tratamiento fueron tratados completamente (no todos instalaron la aplicación Aire Bogotá en un dispositivo electrónico y la mantuvieron instalada durante todo el experimento, y no todos participaron completamente en la campaña por correo electrónico) y algunos de los participantes en el grupo de control fueron tratados parcialmente (algunos habían instalado la aplicación en un dispositivo electrónico). Aunque el alcance de este incumplimiento no fue extremo—por ejemplo, solo el 2 por ciento del grupo de tratamiento nunca instaló la aplicación y solo el 4 por ciento del grupo de control la tenía instalada en la encuesta de referencia—la implicación del incumplimiento en cada grupo es que nuestras estimaciones del efecto del tratamiento probablemente estén sesgadas a la baja (Gertler *et al.* 2016). Por lo tanto, nuestras estimaciones del efecto ITT pueden considerarse límites inferiores de los efectos reales.

Para evaluar la heterogeneidad del efecto del tratamiento, usamos MCO para ajustar regresiones de la forma

$$Y = \beta_1 \text{tratado} + \beta_2 \text{tratado} \times x' + \beta_3 y + \beta_4 x' + \epsilon \quad (2)$$

Aquí, también, agrupamos los errores estándar en el nivel de la sesión de la encuesta de línea base.

5. RESULTADOS

5.1. Efectos principales

Nuestro tratamiento condujo a cambios sustanciales en cuatro de nuestras seis categorías de resultados: adquisición de información sobre la calidad del aire, comportamiento preventivo, conocimiento de prevenciones y actitudes. Con respecto a la adquisición de información sobre la calidad del aire, el tratamiento condujo a un gran aumento en el uso de la aplicación Aire Bogotá para recopilar información sobre la calidad del aire, pero no tuvo un efecto perceptible en el uso de otros medios para hacerlo. Específicamente, condujo a un aumento de 84 puntos porcentuales en la probabilidad de tener instalada la aplicación Aire Bogotá (un aumento de 2.556 por ciento sobre un nivel de referencia del 3 por ciento) y un aumento de 29 puntos porcentuales en la probabilidad de usarla para buscar información sobre la calidad del aire (un aumento de 1.873 por ciento sobre un nivel de referencia del 2 por ciento) (Tabla 3).

Tabla 3. Estimaciones del efecto por intención de tratar:
Adquisición de información de calidad del aire (s.e.)

	<i>aplicación instalada</i>	<i>búsqueda de información con app</i>	<i>búsqueda de información por otros medios</i>
<i>tratado</i>	0,840*** (0,024)	0,292*** (0,034)	0,051 (0,040)
Media de referencia	0,03	0,02	0,37
% cambio	2556,48	1872,55	13,61
N obs.	542	541	541
R2	0,712	0,239	0,127
F	213,8	19,2	11,3

La variable dependiente aparece en la fila superior. Las variables independientes son *tratadas*, la variable dependiente de referencia y las siguientes covariables: *estratos 1 y 2*, *masculino*, *educación madre*, *vivir con familia inmediata*, *empleado*, *salud propia*, *salud familia*, *fumar*, *no. miembros en el hogar <5*, *no. miembros en el hogar >60*, *ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región. Los errores estándar se agrupan al nivel de la sesión de la encuesta de línea base. La media de referencia es para toda la muestra.

El tratamiento tuvo efectos sustanciales en el conocimiento de los participantes sobre los comportamientos preventivos. Condujo a un aumento de 3 puntos porcentuales en la probabilidad de saber que cambiar el comportamiento de uno puede reducir los efectos adversos para la salud de la contaminación del aire (aumento del 3 por ciento sobre un nivel de línea base del 90 por ciento) (Tabla 4). En cuanto al conocimiento de que determinados comportamientos pueden reducir los efectos sobre la salud, el tratamiento estimuló un aumento de 20 puntos porcentuales en la probabilidad de saber que se restringen las actividades al aire libre (un aumento del 92 por ciento sobre un nivel de línea base del 22 por ciento), un aumento de 16 puntos porcentuales en la probabilidad de saber sobre el uso de una mascarilla con filtro (un aumento del 28 por ciento sobre un nivel de línea base del 56 por ciento), un aumento de 31 puntos porcentuales en la probabilidad de saber que hay que cerrar las ventanas (un aumento del 106 por ciento sobre el nivel de línea base del 30 por ciento), y un aumento de 9 puntos porcentuales en la probabilidad de saber que fumar menos puede reducir los efectos sobre la salud (un aumento del 28 por ciento sobre el nivel de línea base del 33 por ciento).

Tabla 4. Estimaciones del efecto por intención de tratar:
Conocimientos y comportamientos

Panel A: Conocimiento								
	<i>conocer</i>	<i>conocer al aire libre</i>	<i>conocer viajar</i>	<i>conocer mascarilla</i>	<i>conocer ventanas</i>	<i>conocer fumar</i>	<i>conocer purificador de aire</i>	<i>conocer otros</i>
<i>tratado</i>	0,027** (0,012)	0,204*** (0,046)	0,022 (0,033)	0,159*** (0,038)	0,312*** (0,035)	0,092** (0,038)	0,018 (0,030)	-0,012 (0,051)
Cambio porcentual	0,90 3,00	0,22 92,40	0,46 4,84	0,56 28,32	0,30 105,58	0,33 27,68	0,23 7,89	0,48 -2,52
N obs.	540	540	540	540	540	540	540	540
R2	0,046	0,125	0,092	0,098	0,168	0,222	0,144	0,095
F	2,1	7,7	14,2	9,0	20,4	30,8	9,9	18,2
Panel A: Comportamiento								
	<i>comportamiento</i>	<i>comportamiento al aire libre</i>	<i>comportamiento viajar</i>	<i>comportamiento mascarilla</i>	<i>comportamiento ventanas</i>	<i>comportamiento fumar</i>	<i>comportamiento purificador de aire</i>	<i>comportamiento otro</i>
<i>tratado</i>	0,089** (0,033)	0,048 (0,036)	0,023 (0,016)	0,046** (0,018)	0,071*** (0,022)	0,008 (0,010)	0,014 (0,010)	0,034 (0,022)
Cambio porcentual	0,13 67,78	0,07 68,20	0,05 44,01	0,02 240,56	0,03 215,18	0,01 63,82	0,00 817,93	0,05 68,62
N obs.	542	542	542	542	542	542	542	542
R2	0,081	0,077	0,029	0,051	0,073	0,073	0,180	0,036
F	3,4	3,9	3,2	6,0	3,3	2,5	-	2,3

La variable dependiente aparece en la fila superior de cada panel. Las variables independientes son *tratadas*, la variable dependiente de referencia y las siguientes covariables: *estratos 1 y 2*, *masculino*, *educación madre*, *vivir con familia inmediata*, *empleado*, *salud propia*, *salud familia*, *fumar*, *no. miembros en el hogar <5*, *no. miembros en el hogar >60*, *ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región. Los errores estándar se agrupan en el nivel de sesión de la encuesta de línea base. La media de línea base es para toda la muestra. El cambio porcentual se calcula con respecto a la media de la línea base.

¿Qué podría explicar la variación en la importancia económica y estadística de los efectos del tratamiento estimados relacionados con el conocimiento sobre el comportamiento preventivo? En general, observamos grandes efectos significativos para los comportamientos preventivos que se discutieron específicamente en la sesión informativa de tratamiento y para los que los niveles de conciencia de referencia eran relativamente bajos (restringir la actividad al aire libre y cerrar las ventanas), y observamos efectos menores o estadísticamente insignificantes para los comportamientos que (i) no se mencionaron específicamente en la sesión informativa de tratamiento (cambiar de viaje, utilizar un purificador de aire y los comportamientos agrupados en la categoría *otros*—utilizar un simple protector facial y tomar medicamentos), o (ii) se mencionaron

específicamente en la sesión de tratamiento de línea base pero cuyos niveles de conciencia eran relativamente altos (conocer cualquier comportamiento de evitación, utilizar una mascarilla con filtro y no usar productos de tabaco).

El tratamiento también tuvo efectos sustanciales en el comportamiento preventivo real de los participantes. Condujo a un aumento de 9 puntos porcentuales en la probabilidad de cambiar cualquier comportamiento como resultado de la mala calidad del aire (aumento del 68 por ciento sobre un nivel de línea base del 13 por ciento). Específicamente, el tratamiento estimuló un aumento de 5 puntos porcentuales en la probabilidad de usar una mascarilla con filtro (un aumento de 241 por ciento sobre un nivel de línea base del 2 por ciento) y un aumento de 7 puntos porcentuales en la probabilidad de cerrar ventanas (un aumento de 215 por ciento sobre un nivel de línea base del 3 por ciento) (Tabla 4).³ No podemos discernir los efectos sobre otros comportamientos preventivos, incluyendo la restricción de actividades al aire libre, el cambio de modo o ruta de viaje, el uso de un simple protector facial, fumar menos, usar un purificador de aire o ajustar los medicamentos. Discutimos el posible sesgo en estos resultados debido al auto-reporte y los efectos de la pandemia de Covid-19 en la Sección 6.

¿Qué podría explicar la variación en las magnitudes de los efectos del tratamiento estimados relacionados con el comportamiento preventivo? Es poco probable que los efectos de techo sean la explicación: los niveles de referencia de todos nuestros comportamientos de evitación específicos (usar mascarillas, cerrar ventanas, etc.) fueron inferiores al 10 por ciento. Más bien, planteamos la hipótesis de que la explicación puede tener que ver con los costos financieros y/o psicológicos no observados asociados con el comportamiento. Los efectos del tratamiento para los comportamientos para los que uno esperaría que tales costos fueran sustanciales (cambiar los viajes, limitar las actividades al aire libre, usar un purificador de aire y reducir el uso de productos de tabaco) no son estadísticamente significativos, mientras que los efectos del tratamiento para los

³ Las mascarillas con filtro escaseaban en Bogotá durante nuestro experimento debido al aumento de la demanda asociado con la pandemia de Covid-19 (Semana 2021). Sin embargo, creemos que nuestro efecto de tratamiento estimado para usar una mascarilla con filtro es plausible. Aunque es grande en términos porcentuales (230 por ciento), las tasas de referencia de usar una mascarilla con filtro fueron bastante bajas (2 por ciento). Por lo tanto, nuestro efecto estimado solo implica que el tratamiento hizo que una docena de miembros de nuestro grupo de tratamiento de 244 personas comenzaran a usar tales mascarillas debido a la mala calidad del aire. Dicho esto, dada la escasez de mascarillas con filtro, no podemos descartar la posibilidad de que algunos participantes tratados que informaron haber comenzado a usar dichas mascarillas durante el transcurso del experimento tuvieran en mente mascarillas sin filtros.

comportamientos para los que uno esperaría que estos costos fueran más bajos (usar una mascarilla con filtro y cerrar las ventanas) son significativos.

En términos de magnitud, el efecto de nuestro tratamiento sobre la probabilidad de cambiar cualquier comportamiento como resultado de la mala calidad del aire (un aumento del 69 por ciento) es comparable con los efectos informados en la literatura de otras TIC personales sobre resultados similares (Tabla A7). Araban *et al.* (2017) encuentran que una intervención combinada, incluyendo mensajes de texto, impulsó una medida auto-reportada en la escala de Likert de un grupo de comportamientos de evitación en un 81 por ciento, y Hanna *et al.* (2021) encuentran que los mensajes de texto aumentaron la probabilidad de “haber hecho algo diferente en la última semana” en un 62 por ciento. Sin embargo, los efectos de nuestro tratamiento sobre la probabilidad de cerrar ventanas (un aumento del 237 por ciento) es considerablemente mayor que el único efecto de tratamiento similar informado en la literatura que conocemos: Hanna *et al.* (2021) encontraron que los mensajes de texto aumentaron la probabilidad de quedarse en casa con las ventanas cerradas en un 88 por ciento. La discrepancia puede atribuirse, al menos en parte, al hecho de que Hanna *et al.* (2021) miden el efecto de una TIC tanto en cerrar ventanas como en quedarse en casa, mientras que nosotros medimos el efecto solo en cerrar ventanas. Aunque no podemos discernir un efecto de nuestro tratamiento sobre la restricción de actividades al aire libre, otros estudios han encontrado efectos significativos (aunque algo modestos) de alertas impersonales de calidad del aire que van del 6 al 35 por ciento.

Nuestro tratamiento solo tuvo efectos débiles en las advertencias de los participantes sobre la calidad del aire y las discusiones sobre temas ambientales (Tabla 5). A lo sumo, todos esos efectos fueron significativos solo al nivel del 10 por ciento. En cuanto a las advertencias, el tratamiento condujo a un aumento de 8 puntos porcentuales en la probabilidad de advertir a alguien sobre la mala calidad del aire (un aumento del 24 por ciento sobre un nivel de línea base del 32 por ciento). Específicamente, estimuló un aumento de 8 puntos porcentuales en la probabilidad de advertir a familiares (aumento del 30 por ciento sobre un nivel de línea base del 27 por ciento). En cuanto a los efectos sobre las discusiones ambientales, el tratamiento provocó un aumento de 6 puntos porcentuales en la probabilidad de haber discutido un tema ambiental con alguien (10 por ciento de aumento sobre un nivel de línea base del 65 por ciento) (Tabla 5). Específicamente, condujo a un aumento de 8 puntos porcentuales en la probabilidad de haber tenido tales conversaciones con familiares (un aumento del 19 por ciento sobre un nivel de línea base del 43

por ciento). Nuestra hipótesis es que encontramos efectos (débilmente) significativos de nuestro tratamiento en las advertencias y discusiones con familiares y no con compañeros u otros porque los costos de comunicarse con la familia fueron relativamente bajos: cabe recordar que el 83 por ciento de nuestros participantes viven con sus familias. Además, al menos en el caso de las advertencias, los beneficios percibidos pueden haber sido mayores.

Tabla 5. Estimaciones del efecto por intención de tratar:
Advertencias y discusiones

Panel A: Advertencias sobre la calidad del aire				
	<i>calidad aire advertir alguien</i>	<i>calidad aire advertir familia</i>	<i>calidad aire advertir compañeros</i>	<i>calidad aire advertir otros</i>
<i>tratado</i>	0,078* (0,042)	0,080* (0,042)	0,018 (0,026)	0,008 (0,011)
Cambio porcentual	0,32 24,33	0,27 30,35	0,23 7,81	0,03 23,90
N obs.	541	541	541	541
R2	0,103	0,116	0,086	0,045
F	13,0	14,4	10,4	1,1
Panel B: Discusiones sobre el medio ambiente				
	<i>medio ambiente disc. alguien</i>	<i>medio ambiente disc. familia</i>	<i>medio ambiente disc. compañeros</i>	<i>medio ambiente disc. otros</i>
<i>tratado</i>	0,062* (0,035)	0,079* (0,039)	0,056 (0,035)	0,002 (0,022)
Cambio porcentual	0,65 9,64	0,43 18,48	0,55 10,22	0,13 1,56
N obs.	541	541	541	541
R2	0,088	0,131	0,109	0,083
F	10,3	15,0	12,7	2,8

La variable dependiente aparece en la fila superior de cada panel. Las variables independientes son tratadas, la variable dependiente de referencia y las siguientes covariables: *estratos 1 y 2, masculino, educación madre, vivir con familia inmediata, empleado, salud propia, salud familia, fumar, no. miembros en el hogar <5, no. miembros en el hogar >60, ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región. Los errores estándar se agrupan al nivel de la sesión de la encuesta de línea base. La media de línea base es para toda la muestra. El cambio porcentual se calcula con respecto a la media de la línea base.

Finalmente, nuestro tratamiento tuvo efectos significativos en las actitudes de los participantes sobre el medio ambiente, incluyendo sus actitudes sobre problemas ambientales distintos de la contaminación del aire (Tabla 6). Aumentó la preocupación por los residuos peligrosos, aumentando en 0,19 el nivel de preocupación auto-reportado [0-4] conforme a la escala de Likert (aumento del 7 por ciento sobre un nivel de línea base del 2,7). El tratamiento tuvo un efecto débil en el nivel de preocupación por la contaminación del agua, elevándolo en un 0,14 (5 por ciento de aumento sobre un nivel de línea base del 2,8). De manera algo contraintuitiva, el tratamiento no tuvo un efecto perceptible en el nivel de preocupación sobre el efecto de la contaminación del aire en la salud, quizás porque el nivel promedio de la escala de Likert era bastante alto al inicio (3,2). Finalmente, el tratamiento redujo en 8 puntos porcentuales la probabilidad de creer que la contaminación era una compensación necesaria para fomentar el crecimiento económico (reducción del 13 por ciento sobre un nivel de línea base del 67 por ciento).

Tabla 6. Estimaciones del efecto por intención de tratar: Actitudes

	<i>preocupación calidad aire largo plazo</i>	<i>preocupación contaminación del agua</i>	<i>preocupación residuos</i>	<i>preocupación compensación crecimiento</i>
<i>tratado</i>	0,005 (0,072)	0,138* (0,069)	0,186** (0,085)	-0,084** (0,035)
Media de referencia	3,19	2,75	2,74	0,67
% cambio	0,15	5,04	6,78	-12,47
N obs.	542	541	541	539
R2	0,148	0,361	0,307	0,266
F	8,3	42,5	35,6	27,5

La variable dependiente aparece en la fila superior. Las variables independientes son tratadas, la variable dependiente de referencia y las siguientes covariables: *estratos 1 y 2, masculino, educación madre, vivir con familia inmediata, empleado, salud propia, salud familia, fumar, no. miembros en el hogar <5, no. miembros en el hogar >60, ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región. Los errores estándar se agrupan al nivel de la sesión de la encuesta de referencia. La media de referencia es para toda la muestra.

Para las seis categorías de variables de resultado, las regresiones de efectos principales simplificadas en las que se omitieron las covariables de características de los participantes, generan resultados que son cualitativamente idénticos a los resumidos anteriormente (Tablas A3–A6).

5.2. Heterogeneidad del efecto del tratamiento

Para que el análisis de la heterogeneidad del efecto del tratamiento sea manejable, lo limitamos a un resultado representativo en cada una de nuestras seis categorías de resultados (Tabla 7). Por ejemplo, para la categoría "Comportamiento preventivo", en lugar de analizar la heterogeneidad del efecto del tratamiento para los ocho resultados, nos enfocamos en el *comportamiento*, un indicador de si el participante cambió algún comportamiento en las dos semanas anteriores como resultado de la mala calidad del aire. Se encontró que todos los efectos del tratamiento menos uno para estos seis resultados representativos están moderados por las características de los participantes. Además, para tres, encontramos que nuestro tratamiento fue menos efectivo para cambiar los resultados entre los participantes que tenían un trabajo. Aunque nuestros resultados de heterogeneidad generalmente concuerdan con la intuición, nuestras explicaciones de estos efectos son necesariamente especulativas—equivalen a hipótesis que proporcionan bases para el estudio de seguimiento.

Tabla 7. Heterogeneidad del efecto por intención de tratar (s.e.)

	<i>búsqueda de información con app</i>	<i>conocer</i>	<i>comporta miento</i>	<i>calidad aire advertir alguien</i>	<i>medio ambiente discutir alguien</i>	<i>preocupación calidad aire prioridad</i>
<i>tratado</i> × <i>estrato</i>	0,051 (0,081)	-0,013 (0,025)	0,061 (0,073)	0,015 (0,056)	0,006 (0,103)	-0,008 (0,226)
<i>tratado</i> × <i>masculino</i>	-0,108* (0,057)	0,032 (0,038)	0,021 (0,079)	-0,075 (0,069)	-0,096 (0,099)	0,038 (0,199)
<i>tratado</i> × <i>educación madre</i>	-0,058 (0,063)	-0,053* (0,028)	-0,165** (0,065)	-0,133 (0,090)	0,007 (0,101)	-0,060 (0,203)
<i>tratado</i> × <i>vivir con familia inm.</i>	0,053 (0,088)	0,021 (0,039)	-0,038 (0,080)	-0,019 (0,101)	0,208* (0,108)	-0,366 (0,274)
<i>tratado</i> × <i>empleado</i>	-0,201** (0,074)	-0,025 (0,046)	-0,187** (0,090)	-0,143* (0,082)	-0,073 (0,093)	-0,127 (0,160)
<i>tratado</i> × <i>salud propia</i>	0,095 (0,094)	0,038 (0,028)	0,122 (0,081)	0,147 (0,087)	-0,000 (0,119)	0,108 (0,189)
<i>tratado</i> × <i>salud familia</i>	-0,002 (0,060)	0,010 (0,027)	-0,087 (0,061)	-0,048 (0,063)	0,117 (0,078)	-0,109 (0,147)
<i>tratado</i> × <i>fumar</i>	0,006 (0,055)	-0,050 (0,043)	0,065 (0,069)	0,024 (0,088)	0,006 (0,103)	-0,253 (0,151)
<i>tratado</i> × <i>no. miembros en el hogar <5</i>	0,108 (0,072)	0,022 (0,032)	0,045 (0,066)	0,034 (0,099)	0,127 (0,119)	0,074 (0,204)
<i>tratado</i> × <i>no. miembros en el hogar >60</i>	-0,025 (0,063)	-0,008 (0,045)	0,138 (0,092)	-0,116* (0,059)	0,124 (0,089)	0,186 (0,209)
<i>tratado</i> × <i>ejercicio al aire libre</i>	0,182*** (0,065)	0,046 (0,033)	-0,007 (0,059)	0,071 (0,088)	-0,005 (0,110)	-0,105 (0,122)
N obs.	541	540	542	541	541	542
R2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
F	219,7	16,5	120,6	404,8	57,1	23,6

La variable dependiente aparece en la fila superior. Las variables independientes son tratadas, la variable dependiente de referencia y las siguientes covariables: *estratos 1 y 2*, *masculino*, *educación madre*, *vivir con familia inmediata*, *empleado*, *salud propia*, *salud familia*, *fumar*, *no. miembros en el hogar <5*, *no. miembros en el hogar >60*, *ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región. Los errores estándar se agrupan al nivel de la sesión de la encuesta de línea base.

Para la categoría “adquisición de información sobre la calidad del aire”, nos enfocamos en la *búsqueda de información con app*, un indicador de si el participante usó la aplicación Aire Bogotá para buscar información sobre la calidad del aire en las dos semanas anteriores. Encontramos que nuestro tratamiento fue más efectivo para estimular el uso de la aplicación Aire Bogotá entre los participantes que en la encuesta de referencia hacían ejercicio al aire libre con frecuencia y fue menos efectivo entre los participantes que en la encuesta de referencia tenían trabajo y que eran hombres (Tabla 7). Los participantes que al momento de la encuesta de referencia hacían ejercicio al aire libre con frecuencia pueden haberse visto más afectados por nuestro tratamiento porque estaban más expuestos a la contaminación del aire exterior y, por lo

tanto, se beneficiaron más del uso de la aplicación y/o porque la contaminación del aire era un problema más importante para ellos. Las personas con trabajos pueden haber sido menos afectadas porque tenían menos control sobre su comportamiento de viaje y el entorno inmediato y, como resultado, menos oportunidades para el comportamiento preventivo (por ejemplo, retrasar el viaje y cerrar las ventanas). La razón por la que los hombres se vieron menos afectados por el tratamiento no está clara.

Para la categoría “conocimiento de prevención”, nos enfocamos en *conocer*, un indicador de si los participantes saben que cambiar cualquier tipo de comportamiento puede reducir los efectos adversos de la contaminación del aire. Cabe recordar que en la encuesta de referencia, el 90 por ciento de los participantes sabía esto. Por lo tanto, es probable que entren en juego los efectos de techo. Encontramos que nuestro tratamiento fue menos efectivo para aumentar la conciencia sobre el comportamiento de prevención para los participantes cuyas madres asistieron a la universidad (Tabla 7). La explicación puede ser que, por alguna razón, los efectos de techo fueron un poco menos vinculantes para este subgrupo—era un poco menos probable que fueran conscientes de los beneficios para la salud del comportamiento de prevención al momento de la encuesta de referencia (89 por ciento frente a 91 por ciento para los participantes cuyas madres no asistieron a la universidad).

Para la categoría “comportamiento preventivo”, nos enfocamos en el *comportamiento*, un indicador de si el participante cambió algún comportamiento debido a la mala calidad del aire en las dos semanas anteriores. Encontramos que nuestro tratamiento fue menos efectivo para cambiar este resultado entre los participantes que tenían un trabajo y aquellos cuyas madres habían asistido a la universidad (Tabla 7). Las personas con trabajos pueden haber sido menos afectadas por la razón señalada anteriormente—tenían menos oportunidades de adoptar comportamientos preventivos. Nuestra hipótesis es que aquí, la educación de la madre recoge el efecto del estatus socioeconómico. Los participantes con un nivel socioeconómico más alto pueden haberse visto menos afectados porque tenían un mejor acceso a la atención médica y, por lo tanto, tenían menos aversión al riesgo. En Bogotá, los hogares pobres dependen principalmente de los establecimientos de salud públicos, no de los privados, y como resultado, no tienen acceso a atención médica a la altura de los hogares más ricos (García-Subirats 2014).

Para la categoría “advertencias de calidad del aire”, nos enfocamos en *calidad aire advertir alguien*, un indicador de si el participante advirtió a alguien sobre la mala calidad del aire en las

dos semanas anteriores. Encontramos que nuestro tratamiento fue menos efectivo entre aquellos que tenían un trabajo y aquellos que vivían en hogares con personas mayores de 60 años (Tabla 7). Las personas con trabajos pueden haberse visto menos afectadas porque su propensión a advertir a los demás se correlacionó con su propia capacidad para adoptar comportamientos preventivos. La razón por la que el tratamiento fue menos efectivo entre los participantes que vivían con personas mayores puede tener que ver con la pandemia de Covid-19. Aunque no conocemos datos específicos por edad sobre la movilidad durante la pandemia, anecdóticamente, los residentes de edad avanzada de Bogotá eran más propensos a quedarse más en casa que los más jóvenes y, por tanto, los participantes que vivían con personas mayores de 60 años tendrían menos motivos para advertir a los demás sobre la calidad del aire.

Para la categoría “discusiones ambientales”, nos enfocamos en *medio ambiente discutir alguien*, un indicador de si el participante discutió temas ambientales con alguien en las dos semanas anteriores. Encontramos que nuestro tratamiento fue más efectivo para motivar discusiones entre los participantes que vivían con familiares inmediatos (Tabla 7). Es posible que estos participantes se vieran más afectados porque eran más propensos a mantener este tipo de discusiones con sus familiares que con otras personas.

Finalmente, para la categoría “actitudes”, nos enfocamos en la *preocupación calidad aire largo plazo*, un nivel de preocupación de cinco puntos en la escala de Likert sobre la calidad del aire. Ninguno de los términos de interacción es estadísticamente significativo (Tabla 7).

6. DISCUSIÓN

Realizamos un ensayo controlado aleatorizado con estudiantes universitarios en Bogotá para evaluar el efecto sobre una variedad de resultados de la capacitación en el uso de una aplicación para teléfonos inteligentes que brinda información sobre la calidad del aire. Encontramos que la capacitación impulsó la adquisición de información sobre la calidad del aire, el conocimiento sobre el comportamiento preventivo y la adopción de algunos comportamientos preventivos—específicamente, usar una mascarilla con filtro y cerrar las ventanas durante episodios graves de contaminación del aire. También aumentó la preocupación por otros problemas ambientales—a saber, la contaminación del agua y los residuos peligrosos—y redujo las preocupaciones sobre las posibles compensaciones entre la protección ambiental y el crecimiento económico. Solo tuvo efectos débiles en proporcionar advertencias sobre la calidad

del aire a otros y discutir temas ambientales con otros. Finalmente, encontramos que los efectos de la capacitación fueron mediados por las características de los participantes; para varios resultados fue menos eficaz entre los que tenían un puesto de trabajo.

Nuestro estudio tiene limitaciones. En primer lugar, nuestros datos de resultados son auto-reportados y podrían estar sesgados al alza si los encuestados tendieran a dar respuestas que se ajustaran a las normas sociales percibidas (Zerbe y Paulhus 1987; Fisher 1993). Este sesgo, a su vez, podría afectar nuestras estimaciones del efecto del tratamiento si estuviera correlacionado con nuestro tratamiento—es decir, si nuestro tratamiento creara incentivos adicionales para que los participantes reportaran un excesivo cumplimiento. Desafortunadamente, no podemos probar dicho sesgo porque no observamos los resultados reales. Sin embargo, dos factores brindan tranquilidad. Primero, encontramos efectos estadísticamente significativos para algunos resultados pero no para otros. Si el sesgo de auto-reporte fuera el causante de nuestros resultados, esperaríamos ver efectos de tratamiento más consistentes y significativos. Por ejemplo, entre nuestros resultados de comportamiento, podemos discernir efectos significativos para usar una mascarilla y cerrar ventanas, pero no para otros comportamientos de evitación que se recomendaron específicamente en el tratamiento, incluyendo la limitación de actividades al aire libre durante episodios graves de contaminación del aire y no fumar. Además, aunque no conocemos ninguna evidencia sobre el sesgo de los auto-reportes sobre el comportamiento de evitación de la contaminación, los estudios del sesgo de auto-reporte para otros tipos de comportamiento de evitación han concluido que no es grande.⁴ Replicar una versión de nuestro experimento con resultados observables, como datos de viaje de geolocalizadores de teléfonos inteligentes, ayudaría a aclarar el problema.

En segundo lugar, en principio, la superposición entre la pandemia de Covid-19 y nuestro experimento podría sesgar nuestros resultados. Nuestro diseño empírico de diferencias en diferencias controla los factores transversales que afectan a los grupos de tratamiento y de control de la misma manera.⁵ La pandemia definitivamente afectó a ambos grupos. Sin embargo, nuestros

⁴ Tres estudios de sesgo en auto-reportes sobre comportamientos de evitación destinados a frenar la propagación de Covid-19, incluyendo el uso de mascarillas y el distanciamiento social—cada uno de los cuales utilizó un método diferente para detectar desviaciones entre los comportamientos reales y los auto-reportados (experimentos con listas, modelos transversales y análisis de datos de ubicación de teléfonos inteligentes)—concluyeron que estas desviaciones son bastante pequeñas o insignificantes (Jensen 2020; Gollwitzer *et al.* 2020; Larsen *et al.* 2020).

⁵Por ejemplo, al restringir la actividad económica—y en particular el uso de vehículos motorizados—el confinamiento en Colombia mejoró la calidad del aire en Bogotá: en promedio, las concentraciones de partículas finas cayeron en más de un tercio en los primeros meses del confinamiento, cuando se implementó nuestro

resultados podrían estar sesgados al alza si tuviera efectos diferenciales en esos grupos—ya sea haciendo que los cambios positivos en los resultados sean más probables en el grupo de tratamiento o menos probables en el grupo de control. Eso podría suceder si, por ejemplo, nuestro tratamiento llevara a los participantes a percibir un vínculo positivo entre la exposición a la contaminación del aire y la susceptibilidad al Covid-19, creando así incentivos adicionales para que adopten comportamientos preventivos, adviertan a otros sobre la contaminación del aire grave, etc.

Desafortunadamente, no tenemos forma de probar tales percepciones o sesgos utilizando los datos de nuestra encuesta. Aquí también, sin embargo, varios factores brindan cierta tranquilidad. Nuestros materiales de tratamiento se diseñaron mucho antes de que comenzara la pandemia y no hacían referencia al Covid-19, un vínculo potencial entre la contaminación del aire y el Covid-19, o incluso un vínculo entre la contaminación del aire y una enfermedad infecciosa. Además, uno de los dos efectos estadísticamente significativos de nuestro tratamiento sobre el comportamiento de evitación no concuerda con la hipótesis del sesgo inducido por la pandemia. Encontramos que nuestro tratamiento aumentó la probabilidad de que los participantes hubieran cerrado las ventanas como resultado de la contaminación del aire en las dos semanas anteriores. La guía de mitigación de Covid-19 recomendaría lo contrario: mantener las ventanas abiertas. Finalmente, nos parece improbable que los efectos indirectos positivos de nuestro tratamiento de la preocupación por los problemas ambientales distintos de la contaminación del aire surgieran de la preocupación por el Covid-19. A pesar de estos factores, reconocemos que es posible que nuestras estimaciones del efecto del tratamiento hayan estado sesgadas debido a la pandemia de Covid-19. Reproducir nuestro experimento después de que la pandemia haya disminuido ayudaría a aclarar el problema.

Nuestros hallazgos tienen una serie de implicaciones **sobre las políticas e intervenciones en torno a la contaminación del aire**. Se suman a la creciente evidencia de que las TIC que brindan información en tiempo real sobre la calidad del aire pueden ayudar a reducir la exposición a la contaminación. Más específicamente, brindan una prueba de concepto de que la capacitación en el uso de aplicaciones para teléfonos inteligentes puede ser un medio eficaz para reducir la

experimento (Blackman *et al.* 2021). Además, el confinamiento hizo que la gente permaneciera en sus hogares. Tanto la mejora en la calidad del aire como la disminución de las actividades al aire libre deberían haber reducido los incentivos de nuestros participantes para aprender sobre el comportamiento de evitación, para adoptar dicho comportamiento, para advertir a otros sobre la contaminación del aire, etc. Pero a menos que estos factores afecten a nuestros participantes de tratamiento y de control de manera diferente—y no vemos ninguna razón para esperar que lo hagan—no sesgarían nuestros resultados.

exposición en los países en desarrollo, donde la contaminación atmosférica tiene los efectos más graves sobre la salud humana y donde las perspectivas de reducir las emisiones a corto y mediano plazo son posiblemente más limitadas. Como se señaló anteriormente, los tratamientos combinados como el nuestro podrían ampliarse a un costo relativamente bajo, por ejemplo, reemplazando la sesión informativa en vivo con un video en línea pregrabado y/o materiales impresos, automatizando la campaña por correo electrónico y orientando el tratamiento a quienes probablemente se beneficien más, por ejemplo, residentes con condiciones cardiopulmonares que los hacen susceptibles a los efectos de la contaminación atmosférica severa. Finalmente, nuestros resultados brindan alguna evidencia de que la capacitación en el uso de las TIC para la calidad del aire puede tener efectos indirectos en las actitudes de las personas sobre otros tipos de contaminación y la calidad ambiental en general.

Nuestro estudio destaca varias direcciones para futuras investigaciones. En primer lugar, debido a que nuestro tratamiento combinado fue efectivo para impulsar los resultados previstos, incluyendo la adquisición de información sobre la calidad del aire, el conocimiento sobre el comportamiento preventivo y el comportamiento preventivo real, las investigaciones futuras podrían tratar de separar los efectos de los componentes de nuestro tratamiento combinado. Hacerlo aclararía el mecanismo causal que explica nuestros hallazgos y ayudaría a mejorar la eficacia y la eficiencia de capacitaciones similares. Este enfoque paso a paso de demostrar la eficacia de un tratamiento combinado antes de intentar separar los efectos de sus componentes se ha recomendado para evaluar otras aplicaciones relacionadas con la salud (Regmi et al. 2017). En segundo lugar, sería útil determinar si, y cómo, nuestros resultados se generalizan a otros entornos geográficos y subpoblaciones, en particular aquellos que son más vulnerables a los efectos de la contaminación del aire y para quienes las TIC personales pueden tener los mayores beneficios. En tercer lugar, sería útil comparar la efectividad de las TIC personales como la aplicación Aire Bogotá con las impersonales como las alertas de calidad del aire difundidas a través de medios convencionales. Finalmente, como se señaló anteriormente, sería útil replicar alguna versión de nuestro experimento para probar cualquier sesgo de auto-reporte relacionado con la pandemia.

Agradecimientos: El Banco Interamericano de Desarrollo proporcionó financiamiento a través de la Cooperación Técnica CO-T1560 y las Obras del Sector Económico RG-E1543 y RG-E1499. Agradecemos a José Eguiguren-Cosmelli y María Paula Medina por su asistencia en la investigación; a Laura Polanco, Dayana Téllez y Sebastián Balcucho de IPA–Colombia por coordinar la investigación de campo; a Diego Aycinena, Diego Bermúdez y Andrés Zambrano del Laboratorio de Economía Experimental y del Comportamiento de Rosario por reclutar nuestra muestra y ayudar a administrar nuestras encuestas; a Gildardo Bermero, Ivette Gómez, Lina Guerrero, Karin Troncoso, Leonardo Quiñones y a los participantes del seminario LAERE/EfD por sus valiosos comentarios y sugerencias; y a Sally Atwater por su asistencia editorial. La información y las opiniones presentadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no se expresa ni implica ningún tipo de respaldo por parte del Banco Interamericano de Desarrollo, su Junta Directiva o los países que representan. La aprobación ética fue proporcionada por la Junta de Revisión Institucional de Innovations for Poverty Actions (Protocolo No. 15344). El experimento se registró en el Registro de Ensayos Controlados Aleatorizados de la Asociación Económica Estadounidense (AEARCTR-0005348).

REFERENCIAS

- Araban, M., S. Sadat Tavafian, S. Motesaddi Zarandi, A. Reza Hidarnia, A. Burri, and A. Montazeri. 2017. A behavioral strategy to minimize air pollution exposure in pregnant women: A randomized controlled trial. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(26).
- Barwick, P. J., S. Li, L. Lin, and E. Zou. 2019. From fog to smog: The value of pollution information. Working paper 26541. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w26541>.
- Blackman, A., J. Bonilla, and L. Villalobos. 2021. Quantifying Covid's silver lining: Avoided deaths from air quality improvements in Bogotá. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- Blackman, A. 2010. Alternative pollution control policies in developing countries. *Review of Environmental Economics and Policy* 4(2): 234–53.
- Delmas M. and A. Kohli. 2021. Engagement with air quality information: Stated versus revealed preferences. *Organization & Environment* 4(3): 413-434.
- Dirección Nacional de Estadística (DANE). 2020. Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios. <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/estratificacion-socioeconomica>.
- Fisher, R. J. 1993. Social desirability bias and the validity of indirect questioning. *Journal of Consumer Research* 20: 303–15.
- Garcia-Subirats, I., I. Vargas, A. S. Mogollón-Pérez, P. De Paepe, M. Rejane da Silva, et al. 2014. Inequities in access to health care in different health systems: A study in municipalities of central Colombia and north-eastern Brazil. *International Journal for Equity in Health* 13(10). <https://doi.org/10.1186/1475-9276-13-10>.
- Gertler, P., S. Martinez, P. Premand, L. Rawlings, and C. Vermeersch. 2016. *Impact Evaluation in Practice*, 2nd ed. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- Global Burden of Disease Collaborative Network (GBD). 2021. Global Burden of Disease Study 2019. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation.
- Gollwitzer, A., C. Martel, J. Marshall, J. Höhs, and J. Bargh. 2020. Connecting self-reported social distancing to real-world behavior at the individual and US state level. Working paper.

- Department of Psychology, Yale University, New Haven, CT.
<https://psyarxiv.com/kvnwp/>.
- Greenstone, M., G. He, R. Jia, and T. Liu. 2019. Can technology solve the principal-agent problem? Evidence from China's war on air pollution. Working paper 2019-87. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. https://bfi.uchicago.edu/wp-content/uploads/BFI_WP_202087.pdf.
- Guertler D, C. Vandelanotte, M. Kirwan and M.J. Duncan. 2015. Engagement and nonusage attrition with a free physical activity promotion program: The case of 10,000 Steps Australia. *Journal of Medical Internet Research* 17(7): e176.
- Haddad, H., and A. de Nazelle. 2018. The role of personal air pollution sensors and smartphone technology in changing travel behaviour. *Journal of Transportation and Health* 11: 230–43.
- Hanna, R., B. Hoffmann, P. Oliva, and J. Schneider. 2021. The power of perception: Limitations of information in reducing air pollution exposure. Working paper 1260. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- Jensen, U. T. 2020. Is self-reported social distancing susceptible to social desirability bias? Using the crosswise model to elicit sensitive behaviors. *Journal of Behavioral Public Administration* 3(2): 1–11.
- Landrigan, P. J., R. Fuller, N. J. R. Acosta, et al. 2018. The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119): 462–512.
- Larsen, M., J. Nystrup, and M. Petersen. 2020. Do survey estimates of the public's compliance with COVID-19 regulations suffer from social desirability bias? *Journal of Behavioral Public Administration* 3(2): 1–9.
- Leight, J., J. Awonon, A. Pedehombga, R. Ganaba, and A. Gelli. 2022. How light is too light touch: The effect of a short training-based intervention on household poultry production in Burkina Faso. *Journal of Development Economics* 155: 102776.
- Lelieveld, J., J. S. Evans, M. Fnais, D. Giannadaki, and A. Pozzer. 2015. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 525: 367–71.

- Liu, T., G. He, and A. Lau. 2017. Avoidance behavior against air pollution: Evidence from online search indices for anti-PM2.5 masks and air filters in Chinese cities. *Environmental Economics and Policy Studies* 20: 325–63.
- Lyons, R., A. S. Rodgers, S. Thomas, R. Bailey, H. Brunt, et al. 2016. Effects of an air pollution personal alert system on health service usage in a high-risk general population: A quasi-experimental study using linked data. *Journal of Epidemiology and Community Health* 70(12): 1184–90.
- Noonan, D. 2014. Smoggy with a chance of altruism: The effects of ozone alerts on outdoor recreation and driving in Atlanta. *Policy Studies Journal* 42(1): 122–45.
- O'Connor, M, R. Whelan, J. Bricker, L. McHugh. 2020. Randomized controlled trial of a smartphone application as an adjunct to acceptance and commitment Therapy for smoking cessation. *Behavioral Therapy* 51(1):162-177.
- Oltra, C., R. Sala, À. Boso, and S. López Asensio. 2017. Public engagement on urban air pollution: An exploratory study of two interventions. *Environmental Monitoring and Assessment* 189(296).
- Regmi K, N. Kassim, N. Ahmad and N. Tuah. 2017. Effectiveness of mobile apps for smoking cessation: A review. *Tobacco Prevention and Cessation* 3(12): doi:10.18332/tpc/70088.
- Saberian, S., A. Heyes, and N. Rivers. 2017. Alerts work! Air quality warnings and cycling. *Resource and Energy Economics* 49: 65–185.
- Secretaría Distrital del Ambiente (SDA). 2020. Inventario de emisiones de Bogotá. Contaminantes atmosféricos. Año 2018. Alcaldía de Bogotá.
- Semana. 2021. Alcaldía de Bogotá recomendó a ciudadanos usar tapabocas quirúrgicos y no los de tela. ¿Cuál es la diferencia? January 27. <https://www.semana.com/coronavirus/articulo/alcaldia-de-bogota-recomendo-a-ciudadanos-usar-tapabocas-quirurgicos-y-no-los-de-tela-cual-es-la-diferencia/202158/> (accessed August 2, 2021).
- Semenza, J., D. Wilson, J. Parra, B. Bontempo, M. Hart, et al. 2008. Public perception and behavior change in relationship to hot weather and air pollution. *Environmental Research* 107(3): 401–11.
- Stephens, M. and D. Toohey. In Press. The impact of health on labor market outcomes: Evidence from a large-scale health experiment. *American Economic Journal: Applied Economics*.

- Stieb, D., J. Paola, and K. Neuman. 1996. Do smog advisories work? Results of an evaluation of the Canadian Smog Advisory Program. *Canadian Journal of Public Health* 87(3): 166–69.
- Torous, J. Lipschitz, M. Ng, and J. Firth. 2020. Dropout rates in clinical trials of smartphone apps for depressive symptoms: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders* (263): 413–419.
- Vohra, K., A. Vodonos, J. Schwartz, E. Marais, M. Sulprizio, and L. Mickley. 2021. Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. *Environmental Research* 195: 110754.
- Wheeler, L., R. Garlick, E. Johnson, P. Shaw, and M. Gargano. In Press. LinkedIn(to) job opportunities: Experimental evidence from job readiness training. *American Economic Journal: Applied Economics*.
- World Bank/Institute for Health Metrics and Evaluation (World Bank/IHME). 2016. The cost of air pollution: Strengthening the economic case for action. Washington, DC: World Bank.
- World Health Organization (WHO). 2021. Air pollution. Geneva. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- Yoo, G. 2021. Real time information on air pollution and avoidance behavior: Evidence from South Korea. *Population and Environment* 42: 406–24.
- Zerbe, W., and D. Paulhus. 1987. Socially desirable responding in organizational behavior: A reconception. *Academy of Management Review* 12(2): 250–64.
- Zivin, G., and M. Neidell. 2009. Days of haze: Environmental information disclosure and intertemporal avoidance behavior. *Journal of Environmental Economics and Management* 58(2): 119–28.

Tabla A1. Prueba de sesgo de deserción: resultados de regresión probit; variable dependiente es la probabilidad de que el participante de la referencia no tomó la encuesta final y fue eliminado de la muestra; efecto marginal (s.e.)

Variable		
<i>tratado</i>	0,0106 (0,0277)	-0,0003 (0,0245)
Controles	no	sí
N obs.	661	613
Chi-cuadrado	0,148	126,921

Para el modelo con controles, las variables independientes son: *estratos 1 y 2, masculino, educación madre, vivir con familia inmediata, empleado, salud propia, salud familia, fumar, no. miembros en el hogar <5, no. miembros en el hogar >60, ejercicio al aire libre* y tres efectos fijos de región.

Tabla A2. Balance de covariables: resultados de regresión probit; variable dependiente es la probabilidad de asignación al grupo de tratamiento; efectos marginales (s.e.)

Variable	
<i>estratos 1&2</i>	-0,102* (0,053)
<i>masculino</i>	0,044 (0,049)
<i>educación madre</i>	0,045 (0,053)
<i>vivir con familia inmediata</i>	-0,053 (0,058)
<i>empleado</i>	0,088* (0,053)
<i>salud propia</i>	-0,006 (0,049)
<i>salud familia</i>	-0,021 (0,040)
<i>fumar</i>	-0,048 (0,057)
<i>no. miembros en el hogar <5</i>	0,018 (0,071)
<i>no. miembros en el hogar >60</i>	0,048 (0,050)
<i>ejercicio al aire libre</i>	0,025 (0,038)
<i>región 1</i>	0,001 (0,112)
<i>región 3</i>	0,056 (0,128)
<i>región 4</i>	0,015 (0,103)
N obs.	542
Significado conjunto ^a	0,092

^aValor de probabilidad de la prueba de que todas las covariables son conjuntamente predictores significativos del tratamiento.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Tabla A3. Estimaciones del efecto por intención de tratar: Adquisición de información de calidad del aire (s.e.)

	<i>aplicación instalada</i>	<i>búsqueda de info. días</i>	<i>búsqueda de info con app</i>	<i>búsqueda de info por otros medios</i>
<i>tratado</i>	0,834*** (0,023)	0,330** (0,130)	0,275*** (0,031)	0,024 (0,037)
N obs.	578	577	577	577
R2	0,687	0,071	0,161	0,067
F	679,1	13,9	49,3	19,1

La variable dependiente aparece en la fila superior. Las variables independientes son *tratadas* y la variable dependiente de línea base. Los errores estándar se agrupan en el nivel de sesión de la encuesta de línea base.

Tabla A4. Estimaciones del efecto por intención de tratar:
Conocimientos y comportamientos

Panel A: Conocimiento								
	<i>conocer</i>	<i>conocer al aire libre</i>	<i>conocer viajar</i>	<i>conocer mascarilla</i>	<i>conocer ventanas</i>	<i>conocer fumar</i>	<i>conocer purificador de aire</i>	<i>conocer otros</i>
<i>trata do</i>	0,020 (0,013)	0,197*** (0,045)	0,024 (0,031)	0,154*** (0,039)	0,298*** (0,035)	0,086** (0,036)	0,023 (0,032)	-0,020 (0,042)
N								
obs.	576	576	576	576	576	576	576	576
R2	0,006	0,104	0,062	0,088	0,138	0,152	0,113	0,065
F	2,0	24,6	37,1	31,3	65,9	60,9	29,6	14,5
Panel A: Comportamiento								
	<i>comportami ento</i>	<i>comportami ento al aire libre</i>	<i>comportami ento viajar</i>	<i>comportami ento mascarilla</i>	<i>comportami ento ventanas</i>	<i>comportami ento fumar</i>	<i>comportami ento purificador de aire</i>	<i>comportami ento otro</i>
<i>trata do</i>	0,073** (0,034)	0,035 (0,032)	0,024 (0,017)	0,041** (0,020)	0,061*** (0,020)	0,003 (0,011)	0,011 (0,008)	0,026 (0,021)
N								
obs.	577	577	577	577	577	577	577	577
R2	0,036	0,031	0,003	0,006	0,027	0,008	0,144	0,008
F	10,1	4,5	1,0	2,2	7,5	0,4	-	2,9

La variable dependiente aparece en la fila superior de cada panel. Las variables independientes son *tratadas* y la variable dependiente de línea base. Los errores estándar se agrupan al nivel de la sesión de la encuesta de referencia.

Tabla A5. Estimaciones del efecto por intención de tratar: Advertencias y discusiones

Panel A: Advertencias sobre la calidad del aire				
	<i>calidad aire advertir alguien</i>	<i>calidad aire advertir familia</i>	<i>calidad aire advertir compañeros</i>	<i>calidad aire advertir otros</i>
<i>tratado</i>	0,071* (0,035)	0,069* (0,037)	0,022 (0,022)	0,008 (0,010)
N obs.	577	577	577	577
R2	0,046	0,055	0,034	0,006
F	17,6	15,2	7,3	0,5
Panel B: Discusiones sobre el medio ambiente				
	<i>medio ambiente disc. alguien</i>	<i>medio ambiente disc. familia</i>	<i>medio ambiente disc. compañeros</i>	<i>medio ambiente disc. otros</i>
<i>tratado</i>	0,032 (0,034)	0,058 (0,036)	0,020 (0,034)	0,001 (0,020)
N obs.	577	577	577	577
R2	0,051	0,089	0,074	0,068

La variable dependiente aparece en la fila superior de cada panel. Las variables independientes son *tratadas* y la variable dependiente de línea base. Los errores estándar se agrupan al nivel de la sesión de la encuesta de línea base.

Tabla A6. Estimaciones del efecto por intención de tratar: Actitudes

	<i>preocupación calidad aire largo plazo</i>	<i>preocupación contaminación del agua</i>	<i>preocupación residuos</i>	<i>preocupación compensación crecimiento</i>
<i>tratado</i>	0,001 (0,072)	0,103 (0,072)	0,186** (0,086)	-0,064* (0,033)
N obs.	578	577	576	573
R2	0,148	0,338	0,271	0,218
F	39,1	109,0	83,7	70,1

La variable dependiente aparece en la fila superior. Las variables independientes son *tratadas* y la variable dependiente de línea base. Los errores estándar se agrupan en el nivel de sesión de la encuesta de línea base.

Tabla A7. Tamaños del efecto del tratamiento de los estudios que descubren que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) afectan el conocimiento y/o el comportamiento de evitación

Estudio	Intervención	Resultado	Unidades	Efecto (% cambio)
<i>TIC personales</i>				
Araban <i>et al.</i> (2017)	Mensajes de texto + otros	Comportamiento preventivo de beneficio percibido	LS [4-16]	8
	Mensajes de texto + otros	Comportamiento de preventivo de barreras percibidas	LS [1-5]	-9
	Mensajes de texto + otros	Autoeficacia ^a	LS [4-16]	31
	Mensajes de texto + otros	Práctica ^b	LS [5-20]	81
Hanna <i>et al.</i> (2021)	Mensajes de texto	Conocimiento de día de alta contaminación ^c	(0/1)	26
	Mensajes de texto	Hizo algo diferente ^c	(0/1)	62
	Mensajes de texto	Quedarse en casa y cerrar ventanas ^c	(0/1)	88
<i>TIC impersonales</i>				
Liu <i>et al.</i> (2017)	Alerta de calidad del aire	Consultas en línea ^d	no	100
Noonan (2014)	Alerta de calidad del aire	Hacer ejercicio en el parque	(0/1)	-26
	Alerta de calidad del aire	Correr en el parque	(0/1)	-17
	Alerta de calidad del aire	Niños en el parque	(0/1)	-14
	Alerta de calidad del aire	Ancianos en el parque	(0/1)	-5
	Alerta de calidad del aire	Uso cíclico	no.	-(14-35)
Saberian <i>et al.</i> (2017)	Alerta de calidad del aire	Asistencia a juego de béisbol	no.	-7
Ziven y Neidell (2009)	Alerta de calidad del aire	Asistencia a zoológico	no.	-13
	Alerta de calidad del aire	Asistencia a observatorio	no.	-6

LS = escala de Likert. ^aConfianza en la capacidad para adoptar comportamientos preventivos; ^bComportamiento de preventivo real; ^cEn la semana pasada; ^dPara mascarillas N95 y filtros de aire.

APÉNDICE 1

SESIONES INFORMATIVAS DE LOS GRUPOS DE TRATAMIENTO Y DE CONTROL

1. Antecedentes

Como se comenta en el texto principal, inmediatamente después de la encuesta de referencia, los participantes del grupo de tratamiento y del grupo de control asistieron a una sesión informativa en la que un miembro del equipo del estudio hizo una presentación en PowerPoint. Hacia el final de la sesión informativa, todos los participantes tuvieron la oportunidad de participar en una campaña por correo electrónico de seis semanas. Aquellos que se ofrecieron como voluntarios para hacerlo recibieron seis correos electrónicos—uno por semana durante las próximas seis semanas. A continuación, presentamos las traducciones al inglés de la sesión informativa en PowerPoint y del primero de los seis correos electrónicos de la campaña (los correos electrónicos posteriores eran similares pero contenían preguntas diferentes).

2. Grupo de tratamiento

2.1. Texto de diapositivas de PowerPoint

Diapositiva 1: Agenda

- Contaminación del aire en Bogotá
- Efectos de la contaminación del aire en la salud
- Información básica sobre la contaminación del aire
- Comportamientos para evitar la exposición a la contaminación del aire en Bogotá
- Aplicación para teléfonos inteligentes Aire Bogotá
- Cómo usar la aplicación Aire Bogotá
- Explicación de la campaña por correo electrónico

Diapositiva 2: ¿Cuál es el nivel de contaminación del aire en Bogotá?

- Bogotá es una de las ciudades más contaminadas de América Latina

Diapositiva 3: Efectos a corto plazo de la contaminación del aire en la salud

- Dolor de garganta
- Bronquitis
- Neumonía
- Asma
- Reacciones alérgicas

Diapositiva 4: Efectos a largo plazo de la contaminación del aire en la salud

- Envejecimiento acelerado de los pulmones
- Pérdida de capacidad pulmonar
- Enfermedades pulmonares crónicas

Diapositiva 5: Muertes y enfermedades por contaminación del aire en Bogotá

- La contaminación del aire provoca casi 2.000 muertes al año en Bogotá
- La contaminación del aire en Bogotá eleva la tasa de mortalidad en un 14%
- Según la alcaldía de Bogotá, en 2019 hubo 130.000 consultas médicas por problemas respiratorios

Diapositiva 6: ¿Qué es la contaminación del aire?

- La contaminación del aire es una mezcla de partículas sólidas y gases
- Los tres contaminantes más importantes son PM2.5 (material de menos de 2,5 micras), PM10 (material de menos de 10 micras) y O₃ (ozono)

Diapositiva 7: Red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá

- La red de monitoreo de Bogotá consta de 13 estaciones fijas y 1 estación móvil

Diapositiva 8: En el mismo día, la contaminación del aire en Bogotá puede variar mucho entre ubicaciones

- En general, la contaminación del aire es peor en el suroeste y mejor en el norte

Diapositiva 9: En un mismo día, la contaminación del aire en Bogotá puede variar mucho de una cuadra a otra

- En general, la contaminación es peor cerca de las carreteras principales

Diapositiva 10: La contaminación del aire en Bogotá varía mucho con el tiempo: Generalmente es peor al mediodía

Diapositiva 11: Comportamientos para evitar la contaminación del aire (1/3)

- El gobierno municipal de Bogotá recomienda a los habitantes tomar las siguientes medidas durante episodios severos de contaminación del aire
- Usar una mascarilla
- Evitar el ejercicio al aire libre

Diapositiva 12: Comportamientos para evitar la contaminación del aire (2/3)

- Mascarilla N95 versus mascarilla normal

Diapositiva 13: Comportamientos para evitar la contaminación del aire (3/3)

- Consultar a un médico de inmediato cuando experimente síntomas de exposición a la contaminación del aire
- No fumar productos de tabaco
- Cerrar las ventanas y limpiar con un trapeador húmedo

Diapositiva 14: Información disponible en la aplicación Aire Bogotá

- [Mapa de índice de calidad del aire en las estaciones de monitoreo]

Diapositiva 15: Tutorial pregrabado sobre el uso de la aplicación Aire Bogotá

Diapositiva 16: Cómo se puede utilizar la información sobre la contaminación del aire para tomar decisiones

- A qué hora y dónde hacer ejercicio al aire libre
- Cuándo usar una mascarilla
- Cuándo cerrar las ventanas
- Elección de modos y horarios de viaje

Diapositiva 17: Ejemplo de correo electrónico

- [Ver abajo]

Diapositiva 18: Correo electrónico de confirmación (para suscribirse a la campaña por correo electrónico)

Diapositiva 19: Información necesaria para registrarse

Diapositiva 20: La aplicación Aire Bogotá

- Disponible en Play store y Appstore

Diapositiva 21: Proceso de correo electrónico semanal

Diapositiva 22: Correo electrónico de práctica

- Si tiene preguntas sobre la dinámica, levante la mano y un miembro del personal lo ayudará.

Diapositiva 23: Preguntas

- Si tiene preguntas sobre el material presentado, levante la mano
- Si en las próximas semanas tiene otra pregunta, escriba un correo electrónico a [dirección de correo electrónico]

2.2. Ejemplo de texto de correo electrónico

Hola << Nombre >>,

Le enviamos este correo electrónico de Innovations for Poverty Action para invitarlo a interactuar con la aplicación AIRE BOGOTÁ y luego responder a dos preguntas. Esta acción no tomará más de cinco minutos y usted recibirá una remuneración monetaria de 6.000 COP, que será pagada en mayo de 2020, por responder correctamente a la pregunta presentada en el enlace de este correo electrónico. Tendrá la oportunidad de ganar un total de (6 semanas \times 6000 COP =) 36 000 COP en el transcurso de la campaña por correo electrónico de 6 semanas. Todas las preguntas respondidas correctamente se le pagarán en mayo de 2020 de manera electrónica para que no tenga que ir a la Universidad del Rosario ni a ningún otro lugar público para recibir el pago.

Primer paso:

1. Ingrese a la aplicación AIRE BOGOTÁ ([PlayStore](#) y [AppStore](#))

2. Diríjase a la estación de Barrios Unidos y seleccione la información sobre el contaminante PM2.5.
3. Luego encuentre el nivel de concentración de PM2.5 ($\mu g/m^3$) en esta estación.
4. Además, infórmese de las acciones voluntarias que le ofrece la aplicación.

Segundo paso: Vaya a este [enlace](#) y responda las preguntas relacionadas con la información que acaba de buscar.

[Ejemplo de pregunta: ¿Dónde se expone la pintura del artículo que se publicó el 20 de marzo de 2020?]

La pregunta formulada en el cuestionario vinculado a este correo electrónico estará disponible solo por un período de 24 horas una vez que se reciba este correo electrónico. Si tiene alguna pregunta, escriba a [dirección de correo electrónico]; nuestro canal de atención estará abierto los martes y miércoles de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Información de interés

La exposición a la contaminación del aire se asocia con asma, bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y otras afecciones cardiopulmonares graves. Estas son las mismas condiciones que aumentan significativamente el riesgo de que un caso de coronavirus resulte en una enfermedad grave o la muerte. Con la información que le ofrece la aplicación Aire Bogotá, podrá

- Decidir cuándo y dónde es mejor hacer ejercicio al aire libre.
- Cuando sea necesario, usar una mascarilla N95.
- Cuando sea necesario, cerrar las ventanas de casa.
- Seleccionar el mejor horario y medio de transporte para desplazarse.

¡Gracias por tomarse el tiempo de aprender sobre los niveles de calidad del aire en Bogotá!

3. Grupo de control

3.1. Texto de diapositivas de PowerPoint

Diapositiva 1: Agenda

- Qué es la historia del arte
- Principales características de los períodos artísticos
- Explicación de la dinámica de los correos electrónicos

Diapositiva 2: Qué es la historia del arte

- La historia del arte es el estudio de los objetos de arte en su desarrollo histórico y contextos estilísticos; que incluye género, diseño, formato y estilo
- El estudio abarca pintura, escultura, arquitectura, cerámica

Diapositiva 3: Características de los períodos artísticos (1/8)

- Prehistoria del arte: representación de objetos, animales y rituales
- Arte antiguo: su propósito era contar historias, decorar objetos, representar rituales religiosos y mostrar estatus social
- Arte medieval: caracterizado por imágenes grotescas y paisajes brutales

Diapositiva 4: Características de los períodos artísticos (2/8)

- Renacimiento: enfoque en la naturaleza y el individualismo, pensando en el hombre como independiente y autosuficiente
- Manierismo: surge de los ideales del Renacimiento, pero su enfoque en el estilo y la técnica superó el significado del tema
- Barroco: se caracterizó por la grandeza y la riqueza, marcado por el interés por expandir el intelecto humano

Diapositiva 5: Características de los períodos artísticos (3/8)

- Rococó: se caracteriza por su ligereza y elegancia, centrándose en el uso de formas naturales, diseño asimétrico y colores
- Neoclásico: se inspiró en elementos de la antigüedad clásica
- Romántico: rechaza el orden, la armonía y la racionalidad; Los artistas románticos enfatizaron el individuo y la imaginación

Diapositiva 6: Características de los períodos artísticos (4/8)

- Realismo: inspiró un nuevo interés en capturar con precisión la vida cotidiana
- Modernismo: centrado en el mundo natural, caracterizado por líneas y curvas largas y sinuosas
- Impresionismo: caracterizado por pinceladas cortas y rápidas y una sensación de boceto inacabado

Diapositiva 7: Características de los períodos artísticos (5/8)

- Postimpresionismo: centrado en visiones subjetivas y significados simbólicos y personales más que en observaciones del mundo exterior
- Fovismo: caracterizado por el uso expresivo de colores intensos, trazos y pinceladas
- Expresionismo: surgió en respuesta a visiones del mundo cada vez más conflictivas y pérdida de espiritualidad

Diapositiva 8: Características de los períodos artísticos (6/8)

- Cubismo: rechaza el concepto de que el arte debe copiar la naturaleza
- Surrealismo: obras de arte que desafiaron la razón
- Expresionismo abstracto: utilizó la espontaneidad y la improvisación para crear obras de arte abstractas

Diapositiva 9: Características de los períodos artísticos (7/8)

- Op art: los artistas activos en este estilo usaban formas, colores y patrones para crear imágenes que parecían estar en movimiento o borrosas.

- Arte pop: utilizó objetos cotidianos para crear obras de arte innovadoras que desafiaron el consumismo y los medios.
- Arte pobre: desafió los sistemas modernistas y contemporáneos al infundir materiales comunes en las creaciones

Diapositiva 10: Características de los períodos artísticos (8/8)

- Minimalismo: centrado en el anonimato, llamando la atención sobre la materialidad de las obras
- Arte conceptual: los artistas valoraron las ideas sobre los componentes visuales, creando arte en forma de representaciones efímeras
- Arte contemporáneo: la década de 1970 marcó el inicio del arte contemporáneo, que se extiende hasta nuestros días

Diapositiva 11: Correo Electrónico

- [Ver abajo]

Diapositiva 12: Aplicación DailyArt

- Disponible en Play store y Appstore

Diapositiva 13: Correo electrónico de confirmación (para suscribirse a la campaña por correo electrónico)

Diapositiva 14: Información necesaria para suscribirse

Diapositiva 15: Proceso de correo electrónico semanal

Diapositiva 16: Correo electrónico de práctica

- Si tiene preguntas sobre la dinámica, levante la mano y un miembro del personal lo ayudará.

Diapositiva 17: Preguntas

- Si tiene preguntas sobre el material presentado, levante la mano
- Si en las próximas semanas tiene otra pregunta, escriba un correo electrónico a [dirección de correo electrónico]

3.2. Ejemplo de texto de correo electrónico

Hola << Nombre >>,

Le enviamos este correo electrónico de Innovations for Poverty Action para invitarlo a interactuar con la aplicación Daily Art y luego responder a una pregunta. Esta acción no tomará más de cinco minutos y usted recibirá una remuneración monetaria de 6.000 COP, que será pagada en mayo de 2020, por responder correctamente a la pregunta presentada en el enlace de este correo electrónico. Tendrá la oportunidad de ganar un total de (6 semanas \times 6000 COP =) 36 000 COP en el transcurso de la campaña por correo electrónico de 6 semanas. Todas las preguntas respondidas correctamente se le pagarán

en mayo de 2020 de manera electrónica para que no tenga que ir a la Universidad del Rosario ni a ningún otro lugar público para recibir el pago.

Primer paso: Vaya a la aplicación DailyArt ([PlayStore](#) y [AppStore](#)) y vea dónde se expone la pintura del artículo que se publicó el 20 de marzo de 2020.

Segundo paso: Vaya a este [enlace](#) y responda a la pregunta relacionada con la información que acaba de buscar.

La pregunta formulada en el cuestionario vinculado a este correo electrónico estará disponible solo por un período de 24 horas una vez que se reciba este correo electrónico. Si tiene alguna pregunta, escriba a [dirección de correo electrónico]; nuestro canal de atención estará abierto los martes y miércoles de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

¡Gracias por tomarse el tiempo para aprender sobre la historia del arte!