

# Emisiones de $PM_{10}$ y Externalidades sobre la Salud en la Ciudad de Buenos Aires: un enfoque de Equilibrio General Computado.

Martín Jacquet y María Laura Ojeda

*Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. CONICET- Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires (IIEP-BAIRES)*

---

## Abstract

El establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, y en particular el ODS11 relativo a ciudades sustentables, plantea las preocupaciones relativas al rápido crecimiento de ciudades en países en desarrollo. Una de ellas es la contaminación del aire, siendo las  $PM_{10}$  las que más daño generan sobre la salud, y cuyos niveles de contaminación en muchas ciudades capitales exceden los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las  $PM_{10}$  son mayormente generadas por la combustión del transporte y, a su vez, son la causa más frecuente de enfermedades respiratorias. Por tales razones, evaluamos diferentes proyecciones a 2030 de concentraciones de  $PM_{10}$  para la ciudad de Buenos Aires (CABA) y sus costos económicos de salud asociados. Para ello, hemos desarrollado un Modelo de Equilibrio General Computado (EGC) dinámico para la CABA en 2016 que permite relacionar las emisiones de  $PM_{10}$  generadas por la actividad económica y la incidencia sobre afecciones respiratorias y cardiovasculares, para finalmente, cuantificar en términos monetarios las externalidades generadas por las  $PM_{10}$  sobre la salud de la población de CABA. Los costos económicos de salud son medidos en términos de tratamientos médicos (pediátricos y para adultos) de las afecciones y de morbilidad sobre la población económicamente activa (PEA). Los resultados relativos a concentraciones y costos de salud en la CABA no son desdenables, y subrayan la necesidad de implementar políticas públicas urbanas como correctivo de la senda de emisiones de  $PM_{10}$ , siendo la mejora de eficiencia de los medios de transporte terrestre un factor esencial en el cumplimiento del ODS11 a 2030.

*Keywords:* Emisiones  $PM_{10}$ , Externalidades sobre la Salud, Buenos Aires, Modelo EGC.

JEL codes: C68, Q52, I15.

---

## 1. Introducción

El establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas ha permitido sentar prioridades a los problemas que aquejan a los países en desarrollo y, en consecuencia, poder planificar las medidas necesarias tendientes a paliar los problemas estructurales que enfrentan. En el caso particular de la economía urbana, el ODS11 hace referencia a la necesidad de convertir a las grandes urbes en sustentables. Esta inquietud se plantea en el caso de ciudades de países en desarrollo que han crecido rápidamente, tanto en población como en concentración de la actividad económica, que sin duda van de la mano. Este OSD11 incluye preocupaciones tales como la proliferación de asentamientos poblacionales (villas), la recolección, clasificación y tratamiento de residuos urbanos, la insuficiente infraestructura organizacional para hacer frente a desastres naturales y la calidad del aire que respira la población.

La motivación principal de este trabajo se centra en este último fenómeno debido a que la contaminación del aire resulta ser costosa en términos de la vida (mortalidad), capacidad de trabajo (morbilidad) y, en consecuencia, en costos médicos en que se deben incurrir para paliar las enfermedades asociadas a una mala calidad del aire. Entre las emisiones contaminantes que mayormente dañan a la salud se encuentran las partículas suspendidas inferiores a 10 micrones ( $PM_{10}$ ), las cuales en algunas grandes ciudades exceden los límites de concentración establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).<sup>1</sup> Las  $PM_{10}$  son en gran parte generadas por la combustión del transporte y, a su vez, se encuentran íntimamente relacionadas con la bronquitis crónica, aguda, biquiolitis (casos pediátricos), asma e infartos agudos de miocardio (IAM).

En el caso particular de la capital de la Argentina, la Ciudad de Buenos Aires, las concentraciones de  $PM_{10}$  han venido creciendo, mostrando valores de concentración de  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el año 2016.<sup>2</sup> Adicionalmente, se ha observado un significativo crecimiento de su parque automotor (21,46% entre 2010 y 2016)<sup>3</sup>, cuestionando las repercusiones de un fenómeno como éste en término de contaminación del aire y de su impacto en la salud poblacional. Adicionalmente, Korzhenevych et al. (2014) señalan que dichos costos de las emisiones contaminantes del aire no suelen ser internalizados por las mismas personas que utilizan los medios de transporte que las generan y, en consecuencia, resulta necesario no solo medir los costos reales sino también diseñar e implementar políticas más eficientes que logren la internalización de los costos por parte de los agentes involucrados y que, a su vez, minimicen las distorsiones en el sistema.

Con este propósito, este trabajo propone evaluar diferentes proyecciones a 2030 de

---

<sup>1</sup>El máximo de concentración anual establecido por la OMS para las  $PM_{10}$  es de 20 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Disponible en:[https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) [Fecha de consulta:28/08/2019]

<sup>2</sup>Promedio simple de las tres estaciones de medición.

<sup>3</sup>De acuerdo a los datos del Observatorio Nacional de Transporte, UTN. Disponibles en: [www.ondat.fra.utn.edu.ar/](http://www.ondat.fra.utn.edu.ar/). [Fecha de Consulta: Octubre 2018]

las concentraciones de  $PM_{10}$  para la ciudad de Buenos Aires, como así también sus costos económicos de salud asociados. Para ello, se ha desarrollado un Modelo de Equilibrio General Computado (EGC) dinámico urbano calibrado para la ciudad de Buenos Aires y el resto del país para 2016 como año base. Este modelo permite relacionar la concentración de  $PM_{10}$  generadas por el transporte urbano con las enfermedades que éstas generan, y así medir los costos de tratamiento médico y morbilidad sobre la población. Estas simulaciones permitirán dar luz respecto de los medios que permitan cumplir con la preocupación ambiental del ODS11 para que Buenos Aires alcance el *status* de ciudad sustentable.

De aquí en más el trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se realiza un breve estado del arte relativo a emisiones contaminantes y costos de salud. En la sección 3 se detallan los supuestos del Modelo de Equilibrio General Computado dinámico, los datos de calibración (Matriz de Contabilidad Social 2016, emisiones de  $PM_{10}$  y sus costos de salud) y se describen la baseline dinámica y los escenarios a simular (reforma de política fiscal ambiental urbana y mejora de eficiencia de combustión del transporte) busca de reducir emisiones contaminantes y costos de salud. La sección 4 presentará los resultados obtenidos para cada escenario simulado para, finalmente, concluir con algunas consideraciones y recomendaciones (sección 5).

## 2. Emisiones del transporte y la salud: un estado del arte

### 2.1. Emisiones del transporte

De acuerdo con Puliafito et al. (2017), el uso de inventarios de emisiones atmosféricas resulta fundamental para determinar el balance de gases de efecto invernadero (GEI) u otros indicadores de la calidad del aire. Además, el autor puntualiza que, a la hora de considerar las emisiones producto del transporte, es importante poder diferenciar entre los gases de efecto invernadero y los contaminantes. En lo que respecta a la primera categoría, se destacan el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ). Según el Inventario de GEI (2015),<sup>4</sup> existen datos de emisiones para la Capital Federal hasta el año 2014. En concreto, el informe remarca que en ese año el nivel de gases ascendió a 12,93 millones  $tCO_2eq$ , siendo sólo un 28 % (3,65 millones  $tCO_2eq$ ) de estas emanaciones atribuibles al transporte. Por otra parte, el estudio enfatiza que durante el período desde el año 2000 hasta el 2014 no han existido variaciones sustanciales en la cantidades emitidas, debido a la ausencia de cambios estructurales significativos. Sin embargo, los efectos negativos asociados a este tipo de gases están más relacionados al calentamiento global y no tanto a la salud.

Por el otro lado, dentro de los contaminantes atmosféricos (gases y partículas) se destaca el material particulado menor a diez micrones ( $PM_{10}$ ). Éstos son conside-

---

<sup>4</sup>Elaborado por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Disponible en: <http://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/cambioclimatico/mitigacion/inventario-de-geis>. [Fecha de consulta: Septiembre 2018].

rados, según Canales-Rodríguez et al. (2014), como contaminantes constituidos por material líquido y sólido de muy diversa composición y tamaño. Desde el punto de vista químico, estas partículas pueden estar compuestas de carbón, metales, ácido nítrico y sulfúrico y demás materiales orgánicos (Rojas, 2007). Son justamente estas partículas las que resultan sumamente nocivas para el cuerpo humano.

Dentro de las posibles fuentes emisoras de  $PM_{10}$  que existen en cualquier centro urbano, Giraldo et al. (2006) señalan que las fuentes móviles tienen un papel predominante. Por esta razón, toman particular relevancia aquellos inventarios que detallan los factores de emisión asociados a cada tipo de transporte. Puliafito et al. (2017) realizó este tipo de trabajo para la totalidad de la Argentina en relación al año 2014. No obstante, no existe hasta la fecha un inventario específico oficial para la Ciudad de Buenos Aires.

Por lo previamente expuesto, las emisiones producto del transporte tienen una gran repercusión en la calidad del aire que se respira en los centros urbanos. A su vez, dicho tipo de polución tiene la potencialidad de afectar a casi la totalidad de los habitantes de un conglomerado urbano como la Ciudad de Buenos Aires.

## 2.2. Efectos en la salud

Korzhenevych et al. (2014) realiza una distinción entre los contaminantes de largo alcance y las partículas de suspensión. A su vez, Hurley (2005) y Bickel.P. (2006) diferencian entre los efectos crónicos y agudos de los gases contaminantes. En primer lugar, los efectos agudos están relacionados a las exposiciones durante cortos períodos de tiempo. En contraposición, se consideran crónicas a las consecuencias resultantes de exposiciones prolongadas. De todas maneras, tanto los efectos crónicos como los agudos están vinculados con afecciones del sistema respiratorio. Así, ambos estudios aquí mencionados coinciden en que las enfermedades más frecuentes suelen ser la bronquitis crónica y aguda, las complicaciones cardiovasculares, el asma y diversos tipos de cáncer. Según Vogelmeier et al. (2017) los tipos de afecciones crónicas se caracterizan por la presencia de síntomas respiratorios persistentes y limitaciones en el flujo aéreo a causa de alteraciones en las vías aéreas. De la misma manera, estos trastornos puede derivar en otras complicaciones de índole aguda requiriendo tratamientos más complejos. Siguiendo esta línea, según la Sociedad Argentina de Cardiología, los Infartos Agudos de Miocardio ocurren principalmente en personas mayores a 35 años. De acuerdo con Tajer (2015) en la Argentina no se disponen de datos para saber exactamente cuántas personas por año sufren esta dolencia. No obstante, se sostiene que la contaminación del aire es uno de sus causantes.

Los resultantes de este tipo de afecciones pueden ser tanto morbilidad como mortalidad. Numerosos estudios, dentro de los cuales se destaca el de Ostro y Rothschild (1989), tratan de cuantificar las restricciones que pueden presentarse en la vida diaria de una persona como consecuencia de enfermedades respiratorias. Los resultados muestran que, en promedio, se pierden 7,2 días laborables al año. De manera similar, un estudio realizado por el *Guangdong Health Statistical Yearbook* del *Department of Health of Guangdong Province (2007)*, sostiene que una persona puede llegar a

disminuir su rendimiento en hasta 9,5 días de trabajo. Otros estudios más complejos, como el de Bachmann y van der Kamp (2017), utilizan el método *Disability Adjusted Life Years* (DALYs) para obtener un cálculo más exacto de los días que se pierden para cada tipo particular de enfermedad. Dicho enfoque consiste en sumar los años perdidos por mortalidad y morbilidad. Para estos últimos, basta con multiplicar la duración promedio de una afección particular, por lo que los autores consideran un *Disability Weight*. Éste indicador refleja la severidad de una enfermedad adoptando valores entre 0 (salud perfecta) y 1 (equivalente a la muerte). Con respecto a los casos de mortalidad, Huang et al. (2011) remarcan que, en base a sus investigaciones hechas en China, el 2,18% de las enfermedades respiratorias producidas por partículas de suspensión terminan en muertes. Consecuentemente, muchos cálculos de los DALYs excluyen los casos de mortalidad. A pesar de que la bibliografía que analiza los efectos de los gases contaminantes sobre la salud es considerablemente amplia, la mayoría de los estudios están enfocados en ciudades de China donde los grados de contaminación son significativamente mayores que en la Ciudad de Buenos Aires. Por cuestiones de simplificación, a lo largo de este trabajo se cuantificarán y valuarán la cantidad de casos de bronquitis crónica, aguda, asma e IAM para adultos y bronquitis aguda, asma y bronquilitis para niños dentro de la capital argentina. Esto se debe a que, según Huang et al. (2011) y Kan y Chen (2004), estas enfermedades resultan ser las que presentan el mayor número de casos ligados a las *PM*. En consecuencia, los valores que utilizemos para ajustar el modelo serán los correspondientes a este tipo de trastornos. A su vez, el presente trabajo excluye de su análisis los casos de mortalidad por estas enfermedades debido a la falta de datos disponibles.

### 3. Metodología

Con el fin de analizar diferentes escenarios que tiendan a reducir la concentración de emisiones de  $PM_{10}$  en la ciudad de Buenos Aires y, en consecuencia, las externalidades que ésta genera sobre la salud de su población, hemos desarrollado un modelo de Equilibrio General Computado (EGC) dinámico recursivo que combina características de un modelo urbano (Chisari et al., 2015) con inclusión de externalidades ambientales y costos sociales asociados al sector transporte. Las estrategias de programación utilizadas en GAMS-MPSGE (*General Algebraic Modelling System-Matematical Programming System of General Equilibrium*) siguen los lineamientos de Chisari et al. (2010).

#### 3.1. Estructura del Modelo de Equilibrio General Computado Urbano

El modelo de EGC desarrollado se inspira de Chisari et al. (2015), siendo un modelo estático, multi-regional, multi-factorial y multi-sectorial. Este modelo asume heterogeneidad espacial al diferenciar las diversas regiones y sub-regiones de acuerdo a ciertas características tales como: dotaciones factoriales, preferencias de los consumidores, producción, estructura impositiva, flujo intra e interregional de bienes y factores, entre otros. De esta manera, estos supuestos resuelven los problemas que

plantea el Teorema de Imposibilidad Espacial de Starrett (1978) que postula que bajo supuestos de espacio homogéneo, preferencias no asociadas localmente y costos de transporte positivos, cada región opera en equilibrio de autarquía.

Los aportes que hemos realizado en este trabajo respecto de Chisari et al. (2015) son principalmente su conversión en un modelo dinámico recursivo, con un detalle particular en el modelado del sector de transporte urbano, incluyendo las extensiones para el cómputo de externalidades ambientales y sociales que este sector genera.

A modo de simplificación y dado el foco urbano del análisis, el modelo representa una economía cerrada al flujo comercial y financiero del resto del mundo. Esta economía se divide en dos principales regiones: la ciudad Capital y el Resto del país ( $r=\{C,R\}$ ). Asimismo, región  $C$  se desagrega en dos sub-regiones, norte y sur ( $s=\{N,S\}$ ), estando ambas abiertas a las relaciones económicas (flujo de bienes y factores) entre ellas y con la región  $R$ .

- *Demanda*

Cada una de estas regiones y sub-regiones, dispone de un hogar representativo, los cuales difieren entre sí de acuerdo a sus patrones de consumo y restricción de presupuesto (por ejemplo, el hogar representativo de la sub-región  $N$  es más rico que el de la sub-región  $S$ ).

La función de utilidad de los hogares es una función anidada donde en el primer nivel se corresponde con las decisiones entre consumo y ahorro. Las preferencias respecto al consumo de estos hogares son función de la localización de residencia ( $l_{r,s}$ ) y la complementariedad con el uso de automóviles que eligen (*Cobb-Douglas*). En este modelo las localizaciones pueden ser tres: las sub-regiones  $N$  o  $S$  de la región  $C$  o bien la región  $R$ . Es así que los hogares maximizan su utilidad dadas sus restricciones de presupuesto como se muestra en el Problema 1 y del cual se derivan las condiciones de primer orden de igualación de tasas marginales de sustitución con precios relativos de estas  $l_{r,s}$ .

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & U_{r,s} = h(l_{r,s}) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r,s} P_{r,s}^l \cdot l_{r,s} + t \leq \sum_r [L_r \cdot P_r^L + K \cdot P^K + \sum_s T_{r,s} \cdot P_{r,s}^T] + str \end{aligned} \quad (1)$$

En el lado izquierdo de la restricción de presupuesto de los hogares se presenta el gasto total, donde  $P^l$  corresponde al precio de la localización y  $t$  corresponde a la suma de los impuestos pagados por los hogares al gobierno (nacional y local). El lado derecho de esta restricción corresponde a las fuentes de ingresos factoriales (masa salarial  $\sum_r L_r \cdot P_r^L$ , remuneración al capital  $K \cdot P^K$ , rentas netas por propiedades inmuebles  $\sum_{r,s} T_{r,s} \cdot P_{r,s}^T$ ), y transferencias sociales netas recibidas de parte del gobierno ( $str$ ).

Estas localizaciones corresponden a la definición de bien compuesto, dado que cada localización involucra no solo la elección de inmuebles de residencia ( $T_{r,s}$ ) sino también una canasta compuesta de  $i$  bienes y servicios ( $Q_{i,r,s}$ ) que dicha región/sub-región ofrece. Esto se debe a que, técnicamente, los hogares no consumen los bienes

de manera directa, sino a través de la localización que eligen como residencia (Lancaster, 1966; Becker, 2013). Los componentes de esta canasta se adquieren de forma directa para los servicios (comercio  $CC$ , transporte  $TR$  y otros servicios  $SS$ ), es decir que no se admite comercio inter-regional de servicios, o bien de forma indirecta a través de la actividad comercial para los bienes ( $AI$ ) de producción local o importada de otras regiones/sub-regiones, para los cuales sí existe comercio interno. Es así que el conjunto  $i$  se define como  $i = \{AI, CC, SS, TR\}$ . La composición del bien de localización surge del siguiente problema de minimización de costos (Problema 2).

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_i (P_{i,r,s}^Q \cdot Q_{i,r,s}) + P^{T,r,s} \cdot T_{r,s} \\ \text{s.t.} \quad & g(T_{r,s}, Q_{i,r,s}, Q_{j,r,s}) \geq l_{r,s} \end{aligned} \quad (2)$$

donde  $j$  es el alias de  $i$ .

Esta simplificación de las decisiones de consumo vía la elección de localización permite conservar una diferenciación de geográfica para cumplir con el teorema de Starret, captando tanto los hábitos de consumo regionales como las migraciones internas que pueden incitarse vía un *shock exógeno*.

La Figura 3.1 representa la estructura del árbol de demanda de localización y sus componentes, suponiendo proporciones fijas (Leontief) entre inmueble, movilidad (otros transportes) y la canasta de bienes y servicios, en el primer nivel del árbol, y en el segundo, la composición de la canasta de bienes y servicios se agrega de acuerdo a los supuestos de una función de tipo *Cobb-Douglas*.

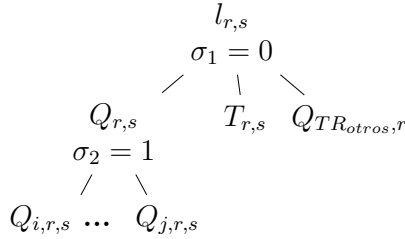


Figura 1: Árbol de Demanda - Bien Compuesto de Localización

La demanda no solo corresponde a hogares, sino también que se completa con la demanda de las instituciones gubernamentales (local y nacional). De manera similar a los hogares, la función de utilidad del sector público, también corresponde a una función *Cobb-Douglas*, pero entre gasto corriente y gasto de capital. El gobierno local debe también elegir donde localizarse con una opción acotada entre las sub-regiones  $N$  y  $S$ , mientras que el gobierno nacional puede optar entre todas las regiones-sub-regiones. El problema que deben resolver estos agentes públicos es similar al de los hogares, aunque con sus particularidades de fuentes de ingreso y gasto. Los ingresos de ambos niveles de gobierno provienen de la recaudación de impuestos,

de la propiedad de factores y de endeudamiento en menor medida.<sup>5</sup> Además, los agentes públicos gastan esos recursos en los bienes compuestos de localización, lo que correspondería al gasto corriente en bienes y servicios, en salarios pagados a sus funcionarios y en transferencias a los hogares de diferentes regiones/sub-regiones. La restricción de cada nivel de gobierno se corresponde con la ecuación 3.

$$\sum_{r,s} P_{r,s}^l \cdot l_{r,s} + \sum_r P_r^L \cdot L_r + str = tc - \sum_{r,s} P_{r,s}^T \cdot T_{r,s} - dbt \quad (3)$$

donde  $tc$  es la recaudación impositiva y  $dbt$  es el monto de la deuda pública de cada nivel de gobierno.

Desde la óptica de la inversión, el total del ahorro de los hogares o del gasto de capital del sector público, se destina a consumir un bien de inversión compuesto asociado a los bienes compuestos de localizaciones. Asimismo, el bien de inversión puede ser demandado por todos los agentes exceptuando a los de bajos ingresos. Esto se debe a que se asume que estos hogares destinan la totalidad de sus ingresos al consumo de bienes de localización. En consecuencia, no presentan un excedente que pueda ser destinado a la compra del bien de inversión.

- *Oferta*

Cada región/sub-región produce todos los bienes y servicios  $i$ , siendo estos sectores mono-producto. A pesar de ello, cada región/sub-región presenta ventajas comparativas en la producción de algún bien/servicio de acuerdo con sus dotaciones factoriales relativas y las intensidades factoriales de cada sector. Este tipo de especialización económica regional que contempla el modelo permite introducir uno de los componentes de heterogeneidad necesario en un modelo urbano.

Para el caso de un modelo urbano, el servicio de transporte presenta particular relevancia. Por esta razón, es desagregado de acuerdo a su finalidad. Es así como se distingue entre el transporte marítimo ( $TR_{Puerto,r}$ ), el transporte público ( $TR_{L,pub,r}$ ) y transporte privado ( $TR_{L,priv,r}$ ) ambos utilizados por la fuerza laboral, y otros tipos de transporte no destinados para desplazarse a los lugares de trabajo ( $TR_{Otros,r}$ ).

La función de producción de cada sector en cada región/sub-región combina consumo intermedio de bienes y servicios con valor agregado en proporciones fijas (*Leontief*). A excepción del sector  $CC$ , donde los bienes provenientes de distintas regiones son sustitutos imperfectos en el consumo intermedio, para el resto de los sectores se supone coeficientes fijos del uso de insumos intermedios.<sup>6</sup> Luego, el valor agregado se compone de trabajo ( $L$ ) combinado con el  $TR$  necesario para llegar a los centros de empleo ( $LTR = f(L, TR)$ ), capital ( $K$ ), y tierra o inmuebles en el caso urbano ( $T$ )

---

<sup>5</sup>El gobierno local recauda impuestos a la propiedad inmueble, a los ingresos brutos de las actividades localizadas en la región  $C$  entre otros, mientras que el gobierno nacional recauda principalmente impuestos a la ganancias generadas por las actividades productivas independientemente de su localización, cargas a la seguridad social y el impuesto al valor agregado.

<sup>6</sup>La ausencia de sustitución entre insumos también contribuye a generar heterogeneidad en el espacio.



de acuerdo a una función de producción de tipo *Cobb-Douglas*. Cada sector está conformado por una firma representativa que maximiza beneficios en un contexto de competencia perfecta y bajo rendimientos constantes a escala, por lo que deben cumplir con la condición de beneficios nulos. Formalmente, el problema de maximización de beneficios de cada sector en cada región/sub-región podría simplificarse como en el Problema 4.

$$\pi_{i,r,s} = (P_{i,r,s}^Q \cdot Q_{i,r,s}) - t^Q - \sum_r P_r^{LTR} \cdot LTR_r - P^K \cdot K - P_{r,s}^T \cdot T_{r,s} - P_{j,r,s}^Q \cdot Q_{j,r,s} \quad (4)$$

donde  $Q_{i,r,s} = f(Q_{i,r,s}, Q_{j,r,s}, L_r, K, T_{r,s})$  es la función de producción,  $t^Q$  el monto de impuestos pagados sobre sus ingresos brutos. Los precios de los factores incluyen sus respectivos impuestos.

Como se mencionó anteriormente, el trabajo requiere del transporte para poder llegar a los centros de empleo, por lo cual es un factor compuesto ( $LTR_r$ ) en proporciones fijas de la fuerza laboral ( $L_r$ ) propiamente dicha, la cual puede ser de la misma o diferente región, y el transporte asociado al trabajo ( $TR_{L,r}$ ). El  $TR_{L,r}$  puede ser a su vez, público ( $TR_{L,pub,r}$ ) o privado ( $TR_{L,priv,r}$ ), siendo sustitutos entre sí (función Constant Elasticity of Substitution - CES con  $\sigma = 1,5$ ). El  $TR_{L,priv,r}$  está formado por automóviles propios ( $KA$ ) y por los requerimientos en combustible ( $CC$ ) en proporciones fijas. Además, se asume que el gasto de transporte asociado a la disponibilidad de la mano de obra es abonado por las firmas. Esto genera que el costo del trabajo pagado por las mismas difiera del salario percibido por las familias. La estructura de este factor compuesto puede observarse en la figura 3.1.

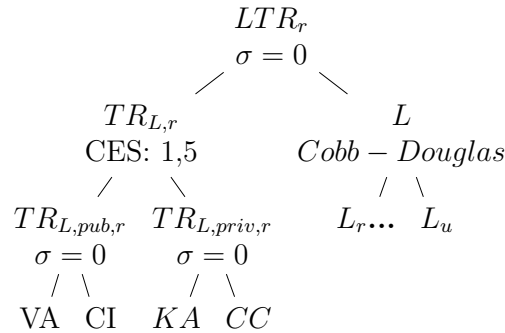


Figura 2: Factor Compuesto de Trabajo y Transporte

Asimismo, se asume que los inmuebles ( $T$ ) son un factor específico e inmóvil a nivel regional/sub-regional. Por el contrario, el capital  $K$ , es móvil tanto intersectorialmente como entre regiones/sub-regiones de acuerdo a las tasas de retorno.

- Emisiones y Salud

Para analizar las externalidades ambientales se introduce la ecuación que relaciona las actividades productivas con la concentración de emisiones de  $PM_{10}$  en la ciudad

capital  $C$ . A su vez otra ecuación relacionará los niveles de concentración de  $PM_{10}$  resultantes para cada año con cada tipo de afección, para luego computar sus costos económicos asociados.

Para el caso de las emisiones de  $PM_{10}$ , se adoptó una ecuación 5 para cada sub-región de la ciudad capital, que represente la concentración de emisiones generadas por el uso de cada tipo de vehículo de transporte y fuentes fijas, generadas por “residencias, comercios e industrias (RCI)”. Por ende, tenemos:

$$E_{r,s} = \gamma_{1,r,s}Q_{\{TR.L,priv,r\}} + \gamma_{2,r,s}Q_{\{TR.L,pub,r\}} + \gamma_{3,r,s}Q_{\{TR.Otros,r\}} + \gamma_{4,r,s}Q_{\{TR.Puerto,r\}} + \gamma_{5,r,s}l_{\{r,s\}} \quad (5)$$

siendo  $r = C$ .

Para modelizar los impactos en la salud, las formas funcionales elegidas siguen un enfoque de Exposición-Respuesta extraído de los trabajos de Huang et al. (2011) y Kan y Chen (2004). Ambos estudios fueron realizados en distintas ciudades de China donde existen altos niveles de concentración de partículas de suspensión en el aire.

Si bien este trabajo pretende realizar una adaptación de estos modelos al caso de Buenos Aires, es preciso mencionar las posibles limitaciones que presenta este enfoque. Primeramente, las diferencias en grados de contaminación entre las ciudades de China y la Ciudad de Buenos Aires no pueden ser pasadas por alto. Por esta razón, resulta lógico pensar que los grados de incidencia de China serán mucho más altos. En segundo lugar, las densidades poblacionales también son muy disímiles. Por lo tanto, para realizar una adaptación apropiada, es necesario hacer un ajuste por densidad.

Para calcular la incidencia de las enfermedades consideradas sobre la población tanto Huang et al. (2011) como Kan and Chen (2004) optaron por utilizar una función log-normal. Esto se debe a que entienden que la incidencia de morbilidad en una población es un suceso aleatorio que sigue una distribución Poisson. Así, la tasa de incidencia de una afección ( $a$ ), para cualquier período de estudio adopta la siguiente forma funcional:

$$I_a = I_{a,0} * e^{\beta_a*(E-E_0)} \quad (6)$$

siendo  $a =$  Bronquitis crónica, Bronquitis aguda, Asma, Bronquiolitis e Infarto Agudo de Miocardio.

El parámetro  $\beta_a$  nos simboliza un coeficiente de exposición-respuesta propio del tipo de enfermedad  $a$  que se trate. Asimismo,  $E$  representa el grado de concentración de las emisiones en el período de estudio mientras que  $E_0$  hace referencia al período base. En este caso,  $I_{a,0}$  es la tasa de incidencia del año base para cada enfermedad  $a$ . Si bien se omiten sub-índice regionales para simplificar notación, hay que tener en cuenta que tendremos diferentes incidencias en las distintas sub-regiones de la Ciudad.

Una vez obtenida la incidencia de cada enfermedad, se podrá utilizar como insumo para calcular el número de casos totales de estos trastornos en la afectada por las emisiones. En particular, se obtendrán a partir de la siguiente fórmula calculada para cada período:

$$C_{e,a} = P_e \cdot I_a \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{\beta_a(E-E_0)}}\right) \quad (7)$$

Donde la  $P_e$  hace referencia a los distintos grupos etarios de la población expuesta. Siendo  $e = 0-4, 5-14, 15-64, \text{ mayores de } 65$  años.

Ahora bien, las ecuaciones aquí propuestas han sido pensadas de manera estática y no contemplan variaciones en el tiempo de la población. En consecuencia, si se reexpresan los números de casos como:

$$C_{e,t} = P_{e,t} \cdot I_t - P_0 \cdot I_0 \quad (8)$$

es posible ver los nuevos casos por períodos para, luego, obtener un estimativo de la evolución en el tiempo.

Una vez calculados la cantidad de afectados por cada tipo de enfermedad en cada período, se cuantifican y monetizan las pérdidas económicas totales que se generan. Para ello, se parte de la siguiente ecuación:

$$L = \sum_{a=1}^M \sum_{e=1}^U C_{e,a} \cdot \delta_{e,a} \quad (9)$$

El total de las pérdidas económicas viene dado por  $L$  mientras que  $\delta_{e,a}$  simboliza el costo incurrido por cada grupo etario por caso de las enfermedades analizadas. Para el cálculo de dicho parámetro se utilizó el trabajo presentado por Bachmann and van der Kamp (2017) donde se emplea el concepto de DALYs.

$$\delta = DALY \cdot W + CS$$

donde  $W$  es el salario promedio diario y  $CS$  son los costos de tratamientos médicos.

La demanda de servicios se ve directamente afectada el incremento en la demanda de servicios médicos frente a incrementos de la concentración de  $PM_{10}$  en cada período. Adicionalmente, la tasa de crecimiento de la PEA se ajusta a los casos por enfermedades debidos a mayores niveles de concentración de  $PM_{10}$  y a los días de licencia por enfermedad asociados. De esta manera la concentración de  $PM_{10}$  impacta negativamente sobre la oferta laboral.

- Cierres y dinámica del modelo

El modelo se completa suponiendo las condiciones de vaciamiento de todos los mercados de bienes, servicios y factores, los cuales están plenamente ocupados. Una

excepción a este supuesto es el factor trabajo para el que se suponen condiciones iniciales de desempleo debido a rigideces nominales del salario, los cuales ajustan parcialmente al crecimiento del PBG de cada región.

El *numeraire* del modelo es el precio del factor capital que es móvil entre sectores y regiones/sub-regiones. Entonces, todos los precios del modelo estarán expresados en términos de este *numeraire*.

El modelo supone, además, una forma dinámica recursiva en la cual los agentes no poseen expectativas y la economía retorna al equilibrio en cada período. Para ello el modelo se alimenta año a año de una tasa exógena de crecimiento poblacional, que en el caso de este modelo estará diferenciada por grupo etario (tasa de crecimiento de la población de 0-4 años, 5-14 años, 15-64 años, y para población mayor a 65 años). Adicionalmente, también se considera una tasa de mejora del progreso tecnológico la cual afecta de manera equitativa a todos los sectores.

Por último, a diferencia de lo previamente expuesto, se considera, a la tasa de crecimiento del capital como endógena y respondiendo a la siguiente forma funcional:

$$\hat{K} = \frac{I_v - d.v.Y}{v.Y} \quad (10)$$

El término  $I_v$  hace referencia al nivel de inversión real que existe en la economía mientras que  $d$  y  $v$  representan la depreciación y la relación capital-producto respectivamente. Finalmente,  $Y$  refleja el producto real de la economía en cada período. Sin embargo, es relevante puntualizar algunas consideraciones en relación a esta ecuación. La relación capital-producto ( $v$ ) se va ajustando de acuerdo a cómo evolucionan  $K$  e  $Y$  en cada período. En otros términos, este modelo supone a  $v$  flexible.

### 3.2. Datos de calibración

La calibración de un modelo de EGC requiere de información consistente para el conjunto de la economía en un año de referencia. Para este análisis urbano hemos construido una Matriz de Contabilidad Social (MCS) para la economía argentina en 2016, con la ciudad de Buenos Aires desagregada del resto del país. Los trabajos de Mastronardi (2013), Mastronardi et al. (2013) y Chisari et al. (2015) proveyeron la estructura de base para dicha matriz. Sin embargo, las principales fuentes de información requeridas han sido: el Sistema de Cuentas Nacionales; la Encuesta Permanente de Hogares (2016) y la ENGHo (2012) para las estructuras de ingresos y gastos de los hogares representativos de cada región/sub-región; la estructura del PBG de la ciudad de Buenos Aires desagregada por comunas y sectores (2004) con el propósito de construir los agregados de las sub-regiones  $N$  y  $S$  y de los cuatro principales sectores del modelo ( $AI$ ,  $CC$ ,  $SS$ ,  $TR$ ); y por último, los presupuestos (ingresos y gastos) de los dos niveles de administración pública con residencia en la ciudad capital. Esta MCS dispone de una descomposición sectorial y regional acorde al modelo descripto anteriormente y nos servimos de ella para la calibración de los coeficientes estructurales.

El Cuadro 18 en anexo presenta una versión simplificada de la MCS en formato rectangular que es el que se asocia a la programación de un modelo EGC en GAMS-MPSGE. Para una rápida interpretación de la información vale decir que las primeras columnas hacen referencia a la descomposición de ingresos y costos de los sectores productivos  $i$  y de las localizaciones en cada región/sub-región. Todos ellos cumplen con la condición de beneficios nulos. Las columnas referidas a los agentes privados y públicos muestran el balances de sus presupuestos. Las filas representan los mercados de cada bienes, servicios, localizaciones según regiones/sub-regiones y factores productivos. Todos ellos cumplen con la condición de excesos de demanda nulos. Los impuestos que cobran las administraciones públicas, las transferencias sociales como así también sus deudas (bonos) están representados en las últimas filas de la matriz.

Los datos de la MCS 2016 confirman la heterogeneidad espacial requerida por el modelo. Por ejemplo, por el lado de la oferta, si bien todos los bienes y servicios se producen en todas las regiones/sub-regiones, cada una de estas últimas presenta ventajas comparativas en la producción de un bien/servicio en particular. Por ejemplo, los datos nos muestran que la región  $R$  se especializa en bienes  $AI$ , que el  $N$  de la capital lo hace en  $SS$ , mientras que el  $S$  presenta una ventaja comparativa en el  $CC$ . Por el lado de la demanda, los hogares localizados inicialmente en  $N$  presenta relativamente mayores ingresos que en el  $S$  de la ciudad.

Dentro del modelo existen parámetros de comportamiento que no son calibrables con la información de la MCS y para los cuales se requieren supuestos e información externa. Tal es el caso de las elasticidades de sustitución y transformación para las demandas y ofertas respectivamente que mantienen los supuestos descriptos en el modelo anteriormente. También se requiere la calibración de otros parámetros que caracterizan la situación de la economía argentina en 2016. Tal es el caso de la tasa de desempleo para el trabajo de la ciudad de Buenos Aires y para el trabajo del resto del país. Estos datos corresponden al relevamiento de 2016 (4to. trimestre) de la Encuesta Trimestral de Ocupación e Ingresos (ETOI) para la ciudad de Buenos Aires y de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del Gran Buenos Aires para el Resto del País (Cuadro 1).

Esta información económica no es suficiente para representar de costos de salud por concentración de emisiones de  $PM_{10}$ . Por tal motivo, necesitamos conocer el patrón de este tipo de emisiones por actividad económica en la ciudad. Dada la especialización productiva de cada sub-región de la capital, las emanaciones y la concentración de  $PM_{10}$  van a diferir entre  $N$  y  $S$  de la ciudad.

De acuerdo a las mediciones realizadas en la ciudad de Buenos Aires para 2016, la concentración promedio de  $PM_{10}$  presente en el aire fue de  $27 \text{ ug}/\text{m}^3$ , valor que corresponde al promedio de las tres estaciones de medición en ubicadas en CABA.<sup>7</sup> Respecto del patrón sectorial de emisiones, Martin (2005) señala que más del 80 % de las  $PM_{10}$  se explican por el transporte de la ciudad en 2005 y Puliafito et al. (2017) confirma dicho valor identificando que el 97 % de ellas son producto del transporte

---

<sup>7</sup>La estación de la Boca ubicada en la sub-región  $S$  y las estación de Parque Centenario y Palermo entran del radio considerado para la definición de la sub-region  $N$  de la ciudad.

terrestre según Puliafito et al. (2017) en 2014 para todo el país. Consecuentemente, las participaciones del transporte marítimo/fluviál pueden ser fácilmente despreciadas. Por ello para la calibración inicial de la ecuación 5 se utilizaron los VBP del los transportes privado y público asociados al desplazamiento del trabajo y otros tipos de transporte para otros usos. Los valores de los coeficientes de concentración de  $PM_{10}$  asociados a cada tipo de transporte fueron estimados en base a datos de participación elaborados en los trabajos de Puliafito et al. (2017), Venegas y Martin (2005) y Martin (2005). Estos, a su vez, también han permitido identificar las zonas geográficas de CABA donde se concentran las emisiones de  $PM_{10}$  generadas por el flujo de transporte. Los valores de los coeficientes asociados a residencias, comercios e industrias fueron calculados a partir de las emisiones de fuentes fijas según Martin (2005) y asociadas geográficamente según las cantidades de los paquetes de localización  $l_{\{r,s\}}$ . Este supuesto permite captar mejor el componente residencial de emisiones de  $PM_{10}$ .

Para la calibración de la ecuación 7 y dada la ausencia de estudios para la ciudad de Buenos Aires, hemos adoptado los valores de los coeficientes de exposición-respuesta ( $\beta_a$ ) e incidencia base ( $I_{a,0}$ ) de Kan y Chen (2004) para la ciudad de Shanghai. Por último, se parte de considerar a  $E_0$  igual al grado de concentración de  $PM_{10}$  que ha sido obtenido para 2016. En la Cuadro 17 en anexo se resumen los valores utilizados para cada tipo de enfermedad  $a$ , al igual que los valores de los *Disability Weight* que fueron utilizados.

Para el cálculo de los costos de salud generados por la concentración de  $PM_{10}$ , se utilizaron los costos unitarios de tratamiento para cada afección  $a$  según los datos de costos de tratamientos médicos provistos por el Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria (IECS) para 2018. Éstos, presentados en el Cuadro 16, están diferenciados según los sistemas público y privado de salud en la ciudad, y fueron deflactados a 2016 utilizando el índice de precios del sector salud del gobierno de la ciudad de Buenos Aires.<sup>8</sup> Adicionalmente, se considerados los costos de medicamentos tomados de Kairos<sup>9</sup>. Entrevistas con especialistas médicos neumonólogos (para pacientes adultos y pediátricos) como así también cardiológos nos permitieron elaborar un protocolo mínimo de tratamiento para el cálculo de los costos por afección por caso. Los Cuadros 10, 11, 12, 13, 14, 15 en anexo sintetizan los requerimientos mínimos en días de internación, visitas hospitalarias/médicas y cualquier otro tipo de práctica e intervención según la afección considerada. Vale subrayar que no estamos considerando la posibilidad de co-morbilidad y complicaciones agudas de cada afección, por lo que los cálculos de los costos de salud serán considerados como costos mínimos para los nuevos casos debido a incrementos en la concentración de  $PM_{10}$  en la ciudad. Adicionalmente, dada la diferencia entre los costos de tratamientos de afecciones entre los sistemas públicos y privados de salud, hemos considerado ambos para disponer de un rango de variabilidad de estos costos mínimos. Por último, para el caso de la PEA se adiciona a estos costos médicos la pérdida de productividad de trabajo según su salario promedio diario por día no trabajado por licencia médica

---

<sup>8</sup><https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-5-31> [Consultado: Julio 2019]

<sup>9</sup><http://urlm.es/www.kairosweb.com> [Consultado: Julio de 2019].

asociada a una afección por  $PM_{10}$ . Este valor del salario promedio diario del sector formal fue calculado en 847 pesos de 2016 a partir de datos de la DGEyC de la ciudad de Buenos Aires.

La construcción de la línea base dinámica del modelo entre 2016 y 2030 también requirió de información exógena. Entre estos datos se requieren la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores, de la relación capital-producto y de la tasa de depreciación del capital, las cuales fueron tomadas de las proyección macroeconómicas de Fouré et al. (2013) para la Argentina (Cuadro 1). Debido a las diferencias de tratamientos médicos para las distintas afecciones según rango etario, fue necesario desagregar la composición de la población de la ciudad de Buenos Aires por este criterio. En consecuencia, se utilizaron tasas de crecimiento poblacional por rango de 0-4 años, 5-14 años, 15-64 años (PEA), y mayores de 65 años. Para la mayoría de los rangos se consideró el promedio de las tasas de crecimiento interanuales para el período 2016-2025. Sin embargo, para el crecimiento de la población entre 0-4 años de edad consideramos dos opciones en la construcción de la línea base, una tasa de 0% y otra tasa de 2% de crecimiento en la ciudad de Buenos Aires (Cuadro 19). Las fuentes de información para las tasa de crecimiento poblacional en la ciudad de Buenos Aires es la Dirección General de Estadística y Censos del Gobierno de la ciudad de Buenos Aires y para el resto del país se utilizaron las proyecciones de crecimiento poblacional del INDEC de los 24 partidos del Gran Buenos Aires (GBA). Al mismo tiempo, se asume que la tasa de actividad permanece constante hasta 2030.

Cuadro 1: Parámetros de calibración.

Relación Capital Producto base	2,22
Progreso Tecnológico	0,0082
Tasa de actividad	0,8642
Tasa depreciación capital	0,06
Tasa depreciación automóviles	0,2
Tasa de desempleo CABA	0,08
Tasa de desempleo RP	0,094
Población CABA	3.059.122
Tasa de crecimiento Población CABA	0,001975
Población RP	5.663.346
PEA RP empleada en CABA	0,12
Tasa crecimiento población RP	0,01064

### 3.3. *Diseño y fundamentación de Escenarios*

En el Cuadro 2 se sintetiza los escenarios que se simularán con el fin de evaluar alternativas para que la ciudad de Buenos Aires reduzca sus emisiones de  $PM_{10}$  y en consecuencia los costos de salud que éstas generan. Como mencionamos en la motivación de este trabajo, de acuerdo a los ODS de las Naciones Unidad, una

ciudad sustentable también implica una ciudad con menos emisiones contaminantes que dañan la salud de sus habitantes.

Para ello, en primer lugar, se simularán las trayectorias dinámicas 2016-2030 del escenario generalmente denominado "Business As Usual" (BAU) bajo dos modelos de EGC. Tanto el Modelo 1 como el Modelo 2 siguen los supuestos explicitados en la subsección 3.1, la única diferencia es que el Modelo 2 incluye el bloque de ecuaciones y supuestos relativos a la concentración de  $PM_{10}$  y sus externalidades sobre la salud de la población urbana.

Cuadro 2: Modelos y Escenarios para la Reducción de Concentración de  $PM_{10}$

<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>
Modelo Base.	Modelo con Emisiones y Salud.	Cambios en las Políticas Fiscales.	Cambios en la eficiencia de combustión.

Dado que el sector de transporte público en la ciudad de Buenos Aires es el sector relativamente más contaminante en término de la  $PM_{10}$ , el Escenario 1 simula la implementación de un impuesto sobre la producción de este sector. De esta manera, se espera que la política impositiva urbana por motivos ambientales genere los incentivos para que los agentes internalicen las externalidades negativas generadas por el uso de este tipo de transporte urbano.

Por su parte, el Escenario 2, simula un shock exógeno de mejora de la eficiencia de combustión del transporte urbano. Este escenario supone un cambio tecnológico donde la nueva tecnología consume en promedio menos combustible y por lo tanto, las emisiones por unidad de producto del sector deberían disminuir. Esta situación podría asimilarse a la incorporación de vehículos eléctricos en reemplazo de los vehículos a combustión. Este shock se vería reflejado en una disminución anual del factor de concentración asociado al transporte (es decir, el parámetro  $\gamma$ ).

Si bien el Escenario 2 puede pensarse como un escenario alternativo al 1, podría pensarse que la mejora tecnológica surge como incentivo del impuesto a sector contaminante.

A partir de estos escenarios individuales, se espera poder comparar la performance de cada uno en términos de la reducción de la concentración de las  $PM_{10}$  de la ciudad de Buenos Aires, y en consecuencia, en términos de menores costos de salud para su población.

## 4. Resultados

### 4.1. Modelo 1: Modelo Base

En el Cuadro 3 se exponen los resultados obtenidos para el Modelo Base desde el año 2016 hasta el año 2030.



Los valores que pueden apreciarse en relación al PBG tanto para el resto del país como para la Capital Federal están expresados a precios de mercado del año base (2016). Como se observa, el modelo prevee un crecimiento positivo y sin sustanciales variaciones a lo largo de los períodos considerados. Además, el PBG para la Capital Federal tiene un crecimiento menor que para el resto del país.

Desde la óptica de la relación capital producto, el modelo indicaría que la tasa de crecimiento del producto es mayor que la del capital. En consecuencia, podemos esperar que a lo largo de los años el capital en Argentina se vuelva cada vez más productivo. Asimismo, se prevee una reducción gradual de la tasa de desempleo impulsada por el crecimiento de la actividad económica en la ciudad.

En suma, los resultados arrojados en el modelo base no presentan irregularidades relevantes que indiquen algún tipo de falla estructural del modelo por parte del modelo.

Cuadro 3: Evolución de las Principales Variables Macroeconómicas - Modelo 1

Año	Desempleo CABA	PBI RP	PBI CABA	K	K/Y	IPC CABA	Deflactor CABA
2016	8 %	6,291,158	2,854,216	20,302,730	2,22	100	100
2017	7 %	2,04 %	1,60 %	0,07 %	2,18	0,25 %	-1,17 %
2018	9 %	-2,52 %	-2,04 %	0,16 %	2,24	-0,18 %	1,97 %
2019	9 %	-2,18 %	-1,84 %	0,03 %	2,28	0,78 %	1,07 %
2020	7 %	2,26 %	1,79 %	-0,09 %	2,24	0,43 %	-1,72 %
2021	7 %	1,83 %	1,52 %	0,02 %	2,20	-0,53 %	-0,82 %
2022	7 %	1,88 %	1,51 %	0,11 %	2,16	-0,15 %	-0,80 %
2023	7 %	1,91 %	1,49 %	0,20 %	2,13	0,11 %	-0,74 %
2024	7 %	1,98 %	1,51 %	0,29 %	2,10	0,36 %	-0,71 %
2025	7 %	2,07 %	1,55 %	0,37 %	2,06	0,58 %	-0,69 %
2026	7 %	2,17 %	1,60 %	0,45 %	2,03	0,79 %	-0,67 %
2027	7 %	2,27 %	1,65 %	0,53 %	2,00	1,00 %	-0,66 %
2028	6 %	2,38 %	1,70 %	0,60 %	1,97	1,20 %	-0,65 %
2029	6 %	2,50 %	1,76 %	0,68 %	1,94	1,39 %	-0,64 %
2030	6 %	2,61 %	1,82 %	0,76 %	1,91	1,57 %	-0,63 %

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

Nota: La variable IPC hace referencia al Índice de Precios del Consumidor para el bien de localización.

#### 4.2. Modelo 2: Emisiones y Salud

Una vez introducidos los bloques de emisiones y de gastos en salud, se incorporan a la dinámica del modelo base la variable de concentración de  $PM_{10}$  como así también el cómputo de casos que ésta genera de acuerdo a las cinco afecciones consideradas.

Es así que obtenemos la eventual evolución (2016-2030) de la concentración de  $PM_{10}$  producto de las distintas fuentes en la Ciudad de Buenos Aires (Cuadro 5). Sin embargo, abstrayendo el efecto escala de la actividad del sector transporte, vale la pena observar la intensidad de emisiones por unidad de producto. Para ello hemos calculado un índice ambiental de Kuznets que mide el nivel de concentración de emisiones de  $PM_{10}$  generadas por cada unidad adicional del valor agregado del sector (Cuadro 4). Como puede observarse, los valores del mismo en el escenario base se

mantienen relativamente constantes a lo largo de los años, denotando ninguna mejora en la tecnología de combustión.

Cuadro 4: Evolución de las Principales Variables - Modelo 2

<b>VARIABLES CABA</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
PBG	2.854.216	2.838.333	3.060.293	3.330.619
Salario	1,00	0,99	1,01	1,01
IPC	1,00	1,01	1,02	1,08
Desempleo	8,0 %	7,3 %	7,1 %	5,9 %
Concentración Norte	26,60	26,66	28,34	30,93
Concentración Sur	28,00	28,06	29,57	31,96
Kutznets Norte	100,00	100,78	99,38	99,66
Kutznets Sur	100,00	100,77	98,51	97,82
Número de Casos y Costos: tasa 0 %				
B. Crónica	-	36	107	197
B. Aguda	-	820	2.821	5.442
Asma	-	206	680	1.287
Bronquiolitis	-	5	141	353
IAM	-	76	183	299
Costo total Público	-	93	242	404
Costo total Privado	-	231	608	1.022
Número de Casos y Costos: tasa 2 %				
B. Crónica	-	36	107	197
B. Aguda	-	15.689	38.036	63.178
Asma	-	15.075	35.895	59.023
Bronquiolitis	-	14.873	35.357	58.089
IAM	-	76	183	299
Costo total Público	-	600	1.444	2.373
Costo total Privado	-	1.458	3.515	5.788

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

Como bien puede apreciarse en el Cuadro 4, se prevee una variación positiva del 16,27% en el total de la concentración de  $PM_{10}$  para la sub-región norte mientras que para la sub-región sur la variación es del 14,14%. No obstante, de acuerdo al Cuadro 5 resulta llamativo cómo el transporte público es el que presenta una mayor variación entre 2016 y 2030, aumentando su participación en el total en 5,42%. Por esta razón, cualquier política orientada a la reducción de emisiones debería tener como objetivo desincentivar el uso de este tipo de transporte.

Cuadro 5: Concentraciones de  $PM_{10}$  promedio por tipo de transporte - Modelo 2

	2016	2020	2025	2030
Transporte Privado	14,42	14,44	14,54	14,87
Transporte Público	8,82	8,88	10,07	11,86
Transporte Otros	3,37	3,35	3,61	3,92
RCI	0,69	0,69	0,74	0,79

Nota: los datos presentados corresponden al promedio de las dos sub-regiones.

Nota: RCI hace referencia al nivel de concentración por residencia, comercio e industrias. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

Al igual que la evolución en la concentración de las emanaciones, este modelo permite proyectar la cantidad de casos y sus costos asociados a lo largo del período considerado.

Frente a las variaciones de la población total, la población económicamente activa del resto del país y las tasas de incidencia, se evidenció un aumento en el número de afectados por las enfermedades consideradas. En consecuencia, el 2030 presentará 197 casos más de bronquitis crónica, 5.442 de bronquitis aguda, 1.287 de asma, 353 de bronquiolitis y 299 infartos agudos de miocardio en relación al año base. Dichos aumentos son explicados, en su mayoría, por el crecimiento poblacional más que por aumentos en la tasa de incidencia. A partir del número de casos, se fueron proyectando los costos totales a precios constantes del año base.

La evolución en la cantidad de casos y sus costos evidencian la gravedad de esta problemática y la necesidad de tomar algún tipo de medida al respecto. Puntualmente, se obtiene que los costos totales mínimos acumulados en todos los períodos equivalen a 0,10 % del PBG de CABA en 2016 según los costos del sistema público de salud y 0,25 % según los costos del sistema privado de salud. Estas magnitudes son para nada desdeñable si se tiene en cuenta que sólo se contemplan cinco enfermedades producidas por un único contaminante. De considerar una tasa de crecimiento del 2 % para el menor grupo etario, encontraríamos que los costos acumulados ascenderían a 0,60 % de considerar los costos públicos y 1,45 % de considerar los privados.

Además, dentro de estos costos no se consideran muertes prematuras ni gastos que excedan al tratamiento en medicamentos mínimo.

#### 4.3. Escenario 1: Shock de Política Fiscal

Bajo esta simulación, se analiza el caso en el cuál el gobierno de la ciudad de Buenos Aires decide elevar la tasa efectiva de los Ingresos Brutos sobre  $TR_{L, pub}$  del 1,18 % al 15 %. El propósito de este aumento es penalizar al transporte público por ser el sector con mayor factor de concentración de  $PM_{10}$ .

Como muestra el cuadro 6, este shock provoca una disminución del 6,79 % de las concentraciones totales para la sub-región Norte si se compara con los valores obtenidos para el 2030 en el Modelo Base. De manera análoga, la concentración de

emisiones para la sub-region Sur disminuyen en un 5,76%. Como se puede observar en el cuadro 7, estas reducciones se encuentran explicadas en gran parte por la disminución del uso del transporte laboral. Frente a tales variaciones, los casos de cada tipo de enfermedad se reducen en el período inicial producto de la reducción del nivel de actividad del transporte público. Sin embargo, a medida que la economía crece, las concentraciones aumentan y los casos vuelven a incrementar en el tiempo.

Cuadro 6: Evolución de las Principales Variables - Escenario 1

<b>Variables CABA</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
PBG	2.850.204	2.834.423	3.055.875	3.325.496
Salario	1,00	0,99	1,01	1,01
IPC	1,00	1,01	1,02	1,08
Desempleo	8,3 %	7,6 %	7,3 %	6,1 %
Concentración Norte	25,10	25,16	26,65	28,96
Concentración Sur	26,67	26,73	28,08	30,22
Kutznets Norte	94,49	95,23	93,59	93,45
Kutznets Sur	95,40	96,13	93,66	92,62
Número de Casos y Costos: tasa 0 %				
Casos B. Crónica	- 23	12	80	165
Casos B. Aguda	- 850	-37	1.841	4.277
Casos Asma	- 190	16	464	1.033
Casos Bronquiolitis	- 120	-115	6	195
Casos IAM	- 8	69	175	289
Costo total Público	- 34	59	202	355
Costo total Privado	- 90	140	502	894
Número de Casos y Costos: tasa 2 %				
Casos B. Crónica	- 23	12	80	165
Casos B. Aguda	- 850	14.821	37.030	61.962
Casos Asma	- 190	14.874	35.653	58.719
Casos Bronquiolitis	- 120	14.743	35.195	57.880
Casos IAM	- 8	69	175	289
Costo total Público	- 34	565	1.402	2.323
Costo total Privado	- 90	1.367	3.407	5.656

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

En relación al Modelo 2, los resultados muestran que la cantidad total de casos por afección se verán reducidas para el 2030. Consecuentemente, los costos económicos totales también sufrirían una caída similar en relación a la línea base del Modelo 2. En particular, la figura 3 (e) nos indica que suponiendo una tasa de crecimiento poblacional del rango etario 0-4 años del 0%, los costos totales disminuirían, en relación a los valores para 2030 del Modelo 2, en un 12,12% valuados a los costos del sistema público de salud y un 12,50% si se consideran los costos del sistema

privado. De manera análoga, si se considera una tasa del crecimiento 2% para la población de 0-4 años, obtenemos una disminución del 2,14% para el sector público y 2,28% para el sector privado.

La disminución en la cantidad de casos por enfermedad es explicada por dos vías. Por un lado, al llegar al 2030 con un menor nivel de concentración, la incidencia de cada tipo de afección también es menor. Por otro lado, la población expuesta disminuye ya que al ser el transporte público más caro, menor población del RP trabaja en CABA. Esto se debe a la modificación de los precios relativos del paquetes de trabajo de la ciudad respecto al RP.

Además, al comparar las variables macroeconómicas respecto al Modelo 2 se aprecia que en 2030 el PGB a precios de mercado constantes de 2016 de CABA es 0,11% menor mientras que el del RP es 0,03% menor. Esa caída del PGB de CABA es equivalente a la baja acumulada de los costos de salud por menor concentración de  $PM_{10}$  durante el período 2016-2030 cuando el impuesto sobre el transporte público permite internalizar la externalidad ambiental-salud.

Esta política también tendría efectos adversos sobre el empleo tanto para la ciudad capital como para el resto del país. El aumento en la tasa impositiva impactaría de manera directa en el salario pagado por las firmas (incluido el costo de traslado) provocando un aumento del desempleo al tiempo que se reduciría el salario percibido por los hogares.

Cabe destacar que el shock no modifica de manera sustancial la dinámica del modelo.

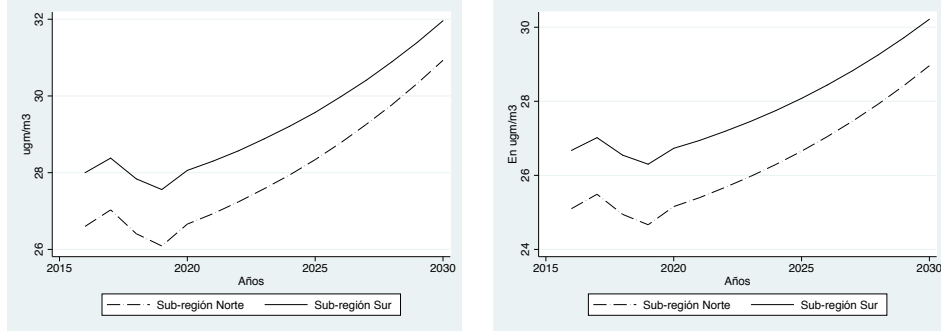
Cuadro 7: Concentraciones de  $PM_{10}$  promedio por tipo de fuente - Escenario 1

	2016	2020	2025	2030
Transporte Privado	14,42	14,44	14,54	14,87
Transporte Público	7,41	7,47	8,48	10,01
Transporte Otros	3,37	3,35	3,61	3,92
RCI	0,69	0,69	0,74	0,79

Nota: los datos presentados corresponden al promedio de las dos sub-regiones.

Nota: RCI hace referencia al nivel de concentración por residencia, comercio e industrias. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

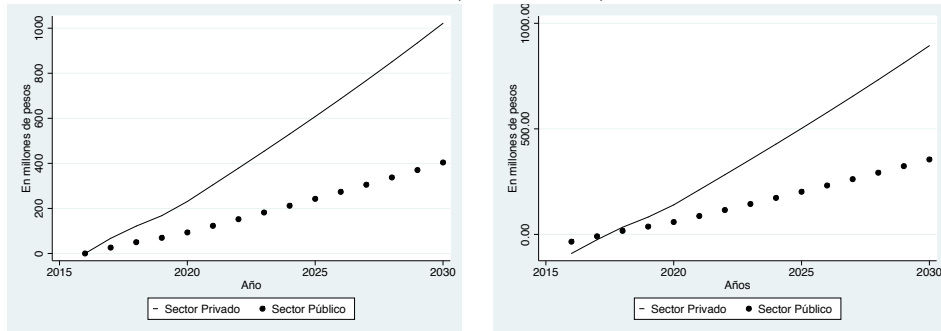
Figura 3:  
Evolución Concentración  $PM_{10}$



(a) Escenario Base

(b) Shock Fical

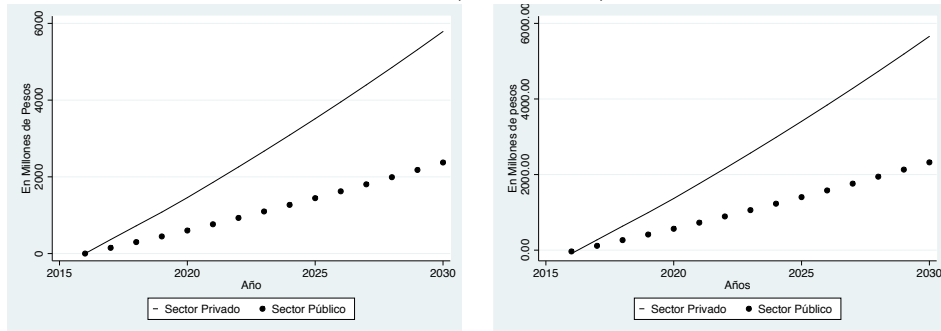
Costos de Salud (Base 2016) tasa 0 %



(d) Escenario Base

(e) Shock Fical

Costos de Salud (Base 2016) tasa 2 %



(f) Escenario Base

(g) Shock Fical

#### 4.4. Escenario 2: Shock de Eficiencia

Si al Modelo con concentraciones y salud le introducimos una mejora en la eficiencia de combustion de un 1,31 % en promedio cada año, se obtienen resultados sustancialmente diferentes en relación al Modelo 2. En concreto, la Figura 4 nos muestra que esta medida es exitosa a la hora de revertir la tendencia ascendente en el nivel de concentraciones tanto para la sub-región norte como para la sub-región sur.

Cuadro 8: Evolución de las Principales Variables - Escenario 2

<b>Variables CABA</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
PBG	2.854.216	2.838.198	3.059.986	3.330.110
Salario	1,00	0,99	1,01	1,01
IPC	1,00	1,01	1,02	1,08
Desempleo	8,0 %	7,3 %	7,0 %	5,8 %
Concentración Norte	26,60	25,26	25,22	25,84
Concentración Sur	28,00	26,57	26,29	26,66
Kutznets Norte	100,00	95,49	88,44	83,27
Kutznets Sur	100,00	95,43	87,57	81,60
Número de Casos y Costos: tasa 0 %				
Casos B. Crónica	-	12	54	109
Casos B. Aguda	-	-41	886	2.253
Casos Asma	-	14	250	586
Casos Bronquiolitis	-	-117	-130	-87
Casos IAM	-	69	166	271
Costo total Público	-	58	162	270
Costo total Privado	-	138	397	672
Número de Casos y Costos: tasa 2 %				
Casos B. Crónica	-	12	54	109
Casos B. Aguda	-	14.817	36.048	59.848
Casos Asma	-	14.872	35.413	58.182
Casos Bronquiolitis	-	14.741	35.033	57.508
Casos IAM	-	69	166	271
Costo total Público	-	565	1.361	2.235
Costo total Privado	-	1.365	3.300	5.427

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

Al mismo tiempo, el transporte privado es el que más reduce la cantidad de concentraciones generadas. La reducción del Índice de Kuznets para ambas sub-regiones estaría indicando que las mejoras tecnológicas juegan un papel relevante para hacer que la economía se vuelva cada vez más eficiente.

Cuadro 9: Concentraciones de  $PM_{10}$  promedio por tipo de transporte - Escenario 2

	2016	2020	2025	2030
Transporte Privado	14,42	13,67	12,92	12,39
Transporte Público	8,82	8,39	8,89	9,80
Transporte Otros	3,37	3,17	3,21	3,27
RCI	0,69	0,69	0,74	0,79

Nota: los datos presentados corresponden al promedio de las dos sub-regiones.

Nota: RCI hace referencia al nivel de concentración por residencia, comercio e industrias. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo.

Desde el punto de vista de la salud, el Cuadro 8 permite apreciar una reducción en el número de personas afectadas para todos los tipos de afecciones. Particularmente, para el caso de una tasa del 0% de crecimiento poblacional del rango etario 0-4 años, los costos totales de salud se reducirían en un 33,18% para el año 2030 (valuados a los costos del sistema público de salud) y un 34,26% según los costos del sistema privado. Por el otro lado, si se considera un tasa de crecimiento del 2% para la población más joven, se puede ver que los costos totales de salud valuados a costos del sistema público de salud sufren una reducción del 5,85% mientras que valuados a costos del sistema privado se reducen 6,25%. Las enfermedades que experimentaron una reducción más importante fueron bronquiolitis (125%) y bronquitis aguda (58%) en el caso de considerar una tasa del 0% y bronquitis crónica (45%) e infarto agudo de miocardio (9%) cuando se considera una tasa del 2%.

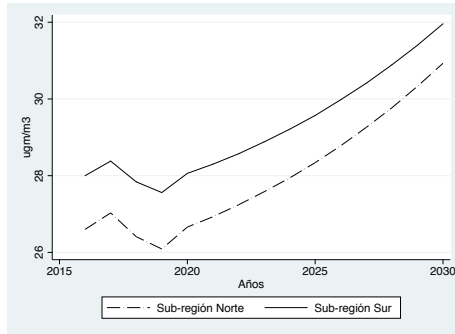
Por consiguiente, a pesar de que un shock de eficiencia de combustión de 1,31% anual es efectivo para reducir en cierta medida el grado de concentraciones, es posible que mejoras tecnológicas más importantes tengan una mayor contribución a la hora de reducir las emanaciones de  $PM_{10}$ .

En términos macroeconómicos, los resultados de este escenarios son relativamente mejores que los del escenario 1, dado que el PGB en CABA permanece prácticamente en torno de los mismos niveles que la baseline del Modelo 2 en 2030. Del mismo modo, el empleo acompaña la actividad económica, permitiendo una baja marginal en la tasa de desempleo, aunque con una pérdida de poder adquisitivo del salario en relación al IPC (Cuadro 8).

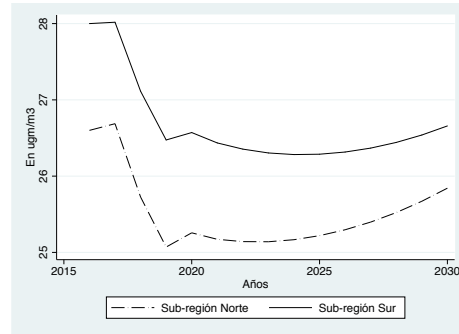
Sumado el ahorro de costos de salud ligados a la reducción en la concentración de  $PM_{10}$  a los resultados macroeconómicos, esta mejora en la eficiencia de combustión permitiría alcanzar los objetivos ambientales y sociales sin sacrificar crecimiento económico.



Figura 4:  
Evolución Concentración  $PM_{10}$

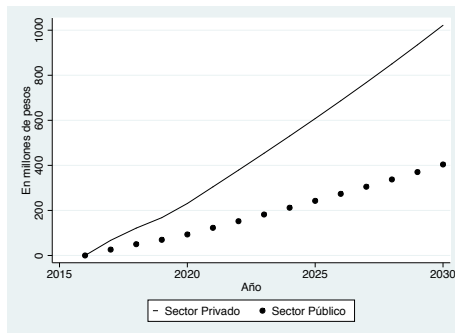


(a) Escenario Base

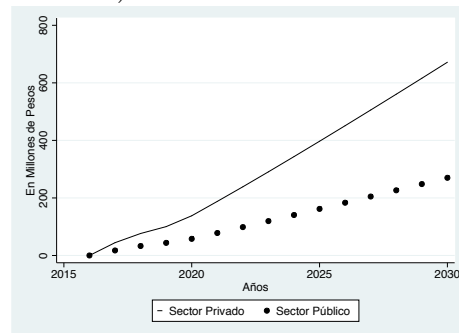


(b) Shock Eficiencia

Costos de Salud (Base 2016) tasa 0 %

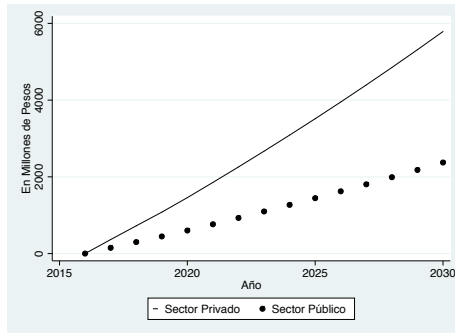


(d) Escenario Base

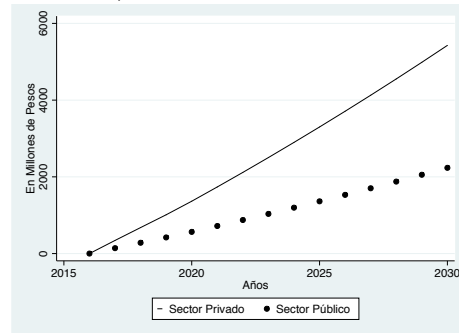


(e) Shock Eficiencia

Costos de Salud (Base 2016) tasa 2 %



(f) Escenario Base



(g) Shock Eficiencia

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

A lo largo de este trabajo se ha analizado la relación entre las concentraciones de  $PM_{10}$  producto del transporte y el surgimiento de casos de bronquitis crónica, aguda, bronquiolitis, asma e IAM en la Ciudad de Buenos Aires. Mediante la utilización de un Modelo de Equilibrio General Computado dinámico recursivo se han realizado proyecciones hasta el año 2030 de cuáles podrían ser los grados de concentración de  $PM_{10}$ . Al mismo tiempo, ha sido posible ver cómo irían increyendo la cantidad de personas afectadas.

Por los resultados obtenidos, se ha podido determinar que no será posible que la Capital Federal Argentina cumpla con los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por las Naciones Unidas para el 2030 sin tomar medidas al respecto. Esta situación podría cambiar si el gobierno local y nacional desarrollan políticas apropiadas que tengan por fin reducir la concentración de gases contaminantes como son las  $PM_{10}$ .

A este respecto hemos evaluado dos escenarios que podrían ir en línea con el ODS11 para la ciudad de Buenos Aires. Por un lado, simulamos el impacto de la implementación de un impuesto a la actividad del sector más contaminante en términos del material particulado, el transporte público. Por otro, simulamos el escenario potencial de una mejora de eficiencia en los procesos de combustión de los vehículos urbanos. Ambos escenarios permiten reducir la concentración de emisiones y los consecuentes externalidades de salud. Sin embargo, sus trayectorias e impactos macroeconómicos difieren, siendo preferible este último escenario. Si bien ambos escenarios fueron simulados de manera individual, en la realidad podrían pensarse como interdependientes, donde un impuesto ambiental sobre el sector contaminante incentive la inversión en nueva tecnología que mejore la performance ambiental sin sacrificar generación de valor.

Desde el punto de vista técnico, este trabajo presenta ciertas limitaciones, particularmente ligadas a la disponibilidad de información por tipo de contaminante y por por afecciones asociadas de forma actualizada y detallada geográfica y sectorialmente. Esto impide poder estimar para la ciudad de Buenos Aires las tasas de incidencia por afección y rango etario, debiendo adoptar valores de parámetros de ciudades de configuraciones urbanas diferentes a las de CABA (ej., composición poblacional, densidad poblacional y concentración de contaminantes).

En caso de mejora de la información disponible, futuras extensiones a este trabajo podrían considerar la incorporación de un mayor número de enfermedades y/u otras emisiones contaminantes en el ámbito urbano. Esto permitiría ganar precisión a la hora de calcular los costos económicos totales. Siguiendo esta misma línea, resultaría interesante no sólo contemplar las pérdidas económicas sino que también evaluar la voluntad de los agentes para reducir las. Esta noción viene reflejada por lo que se conoce como *Willingness To Pay* (WTP). Sin embargo, su cálculo puede generar una serie de problemas metodológicos ya que se deben considerar aspectos tangibles e intangibles de un trastorno. Estos últimos son, justamente, los que contienen un gran componente subjetivo que dificultan las estimaciones.

Con respecto a los shocks de eficiencia presentados, se podría evaluar cuál sería el eventual impacto de considerar la presencia de vehículos eléctricos. Según Castro Mediavilla et al. (2017), los autos eléctricos tienen la potencialidad de eliminar totalmente las emanaciones. De manera similar, la incorporación del uso de bicicletas también podría traer cambios interesantes al estudio. De cierta manera el escenario de mejora de la eficiencia de combustión podría estar reflejando una transición de la economía hacia ese tipo de tecnología de transporte o cambio de preferencias.

Más allá de las limitaciones y de lo que resta por hacer supeditado a la disponibilidad de datos, es posible extraer algunas recomendaciones para que la Ciudad de Buenos Aires busque alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sustentables de 2030.

Más allá de la síntesis de resultados de las simulaciones, donde la mejora de eficiencia de combustión es relativamente más eficaz para reducir las emisiones a 2030 sin costos en términos de crecimiento económico, la implementación de una política fiscal ayudaría a reducir la concentración en el corto plazo a pesar de no impactar cambios significativos de la tendencia de emisiones.

Por esta razón, se considera vital la construcción de políticas fiscales apropiadas que, eventualmente, generen los incentivos necesarios para redirigir recursos hacia los sectores de investigación y desarrollo. De esta manera, se estarían generando condiciones propicias para avanzar sobre mejoras en la tecnología de transporte.

## **Agradecimientos**

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto UBACyT 20020170200328BA de la programación Científica 2018 de la Universidad de Buenos Aires. Se agradece a María Priscila Ramos, Omar Chisari y María José Fernandez por los comentarios y sugerencias recibidas, a la Dra. Silvia Fernandez, Neumonóloga-Pediatra M..N. 84.547, al Dr. Horacio Fernandez y al IECS por las bases de datos facilitadas.

## ANEXO

Cuadro 10: Costos en Medicamentos para Asma en Adultos

Medicamento	Precio por unidad	gasto anual	Precio 2017	Precio 2016
<i>Corticoides inhalados</i>				
FLUTICASONA TEVA X 120	\$ 222,40	\$1.334,40	\$ 902,05	\$ 712,62
BUDESONIDA DF BRONQUIAL X 200	\$ 476,98	\$ 858,56	\$ 580,39	\$ 458,51
SUAVICORT NASAL SPRAY X 150	\$ 516,02	\$1.253,93	\$ 847,66	\$ 669,65
RINOSOL NASAL SUSP X 200	\$ 159	\$ 290	\$ 196	\$ 155
ALVESCO X 60	\$ 218,13	\$1.326,88	\$ 896,97	\$ 708,61
CYCLOSISTEM NASAL X 120	\$ 393,28	\$1.195,96	\$ 808,47	\$ 638,69
OMNARIS X 120	\$ 173,97	\$ 529,04	\$ 357,63	\$ 282,53
BUDESONIDA DF BRONQUIAL C/AEROC. DF 280 X 200	\$ 367,24	\$ 670,21	\$ 453,06	\$ 357,92
<i>Promedio</i>		\$ 932,40	\$ 630,30	\$ 497,94
<i>Agonistas beta de acción prolongada</i>				
OXIS TURBUHALER X 60	\$ 386,29	\$2.317,74	\$1.566,79	\$1.237,77
<b>Costo Promedio Total Anual</b>				<b>\$1.735,70</b>

Nota: Los costos fueron elaborados en base a un promedio de los precios de las principales marcas de medicamentos recomendados para el tratamiento de esta afección según la Dr. Silvia Fernandez.

Nota: Los precios fueron obtenidos de [www.kairos.com](http://www.kairos.com) y deflactados a 2016 utilizando el IPC del sector salud para los años correspondientes.

Cuadro 11: Costos de Medicamentos para bronquitis Aguda en Adultos

Medicamento	Gasto anual	Gasto Anual 2017	Gasto Anual 2016
<i>Antitusivos</i>			
ANTITUSIVO FORTE x 120ml	\$ 187,26	\$ 126,59	\$ 100,00
ANTITUSIVO L LABSA x 60ml	\$ 178,26	\$ 120,50	\$ 95,20
ANTITUSIVO LABSA x 120 ml	\$ 176,36	\$ 119,22	\$ 94,18
BENADRYL ANTITUSIVO	\$ 532,50	\$ 359,97	\$ 284,38
EXPECTOSAN ANTITUSIVO	\$ 209,90	\$ 141,89	\$ 112,09
MUCOLITIC ANTITUSIVO x 100ml	\$ 358,95	\$ 242,65	\$ 191,69
<b>Gasto Total Anual</b>			<b>\$ 146,26</b>

Nota: Los precios fueron obtenidos de [www.kairos.com](http://www.kairos.com) y deflactados a 2016 utilizando el IPC del sector salud para los años correspondientes.

Cuadro 12: Costos de Medicamentos para Infartos Agudos de Miocardio

Medicamentos	Gasto anual 2018	Gasto Anual 2017	Gasto Anual 2016
<i>Aspirina 80-100mg/día</i>			
ASPIRINA PREVENT 100 x50 comp	\$1.081,86	\$ 731,34	\$ 577,76
<i>Ticagrelor 60mg/12hs</i>			
BRILINTA 60mg x 60 comp	\$43.976,64	\$29.728,21	\$23.485,28
<b>Costo Anual Total</b>			<b>\$24.063,04</b>

Nota: Los precios fueron obtenidos de *www.kairos.com* y deflactados a 2016 utilizando el IPC del sector salud para los años correspondientes.

Cuadro 13: Costo de Medicamentos para Niños con Asma

Medicamento	Gasto anual 2019	Gasto anual 2018	Gasto Anual 2017	Gasto Anual 2016
Ventolin HFA 100mcg Inhal. Aer. x 200 Dosis + aplic.	\$ 519,49	\$ 371,44	\$ 251,09	\$ 198,36
Corteroide 0.6mg Comp. x 30	\$ 259,17	\$ 185,31	\$ 125,27	\$ 98,96
Flootide HFA 125mcg Inhal. x 120 Dosis	\$ 11.101,72	\$ 7.937,73	\$ 5.365,91	\$ 4.239,07
Seretide 25mcg /125mcg HFA Aer. x 120 Dosis	\$ 17.678,36	\$ 12.640,03	\$ 8.544,66	\$ 6.750,28
AGRIPPAL S1 Jer. Prell. x 1 x 0.5ml	\$ 676,68	\$ 483,83	\$ 327,07	\$ 258,38
Montelukast 10mg Mast. Comp. x 30	\$ 12.653,64	\$ 9.047,35	\$ 6.116,01	\$ 4.831,65
<b>TOTALES 0-2</b>	<b>\$ 25.210,70</b>	<b>\$ 18.025,65</b>	<b>\$ 12.185,34</b>	<b>\$ 9.626,42</b>
<b>TOTALES 2-7</b>	<b>\$ 31.787,34</b>	<b>\$ 22.727,95</b>	<b>\$ 15.364,09</b>	<b>\$ 12.137,63</b>

Nota: Los precios fueron obtenidos de *www.kairos.com* y deflactados a 2016 utilizando el IPC del sector salud para los años correspondientes.

Cuadro 14: Costos en Medicamentos para Niños con Bronquitis Aguda

Medicamento	Gasto anual 2019	Gasto anual 2018	Gasto Anual 2017	Gasto Anual 2016
Ventolin HFA 100mcg Inhal. Aer. x 200 Dosis + aplic.	\$ 519,49	\$ 371,44	\$ 251,09	\$ 198,36
Corteroide 0.6mg Comp. x 30	\$ 259,17	\$ 185,31	\$ 125,27	\$ 98,96
Amoxidal Clavuláico 875mg Comp. x 14	\$ 576,74	\$ 412,37	\$ 278,76	\$ 220,22
<b>Costo total Anual</b>				<b>\$ 517,54</b>

Nota: Los precios fueron obtenidos de *www.kairos.com* y deflactados a 2016 utilizando el IPC del sector salud para los años correspondientes.

Cuadro 15: Costo de Medicamentos para Niños con Bronquiolitis

Medicamento	Gasto anual 2019	Gasto anual 2018	Gasto Anual 2017	Gasto Anual 2016
Ventolin HFA 100mcg Inhal. Aer. x 200 Dosis + aplic.	\$ 519,49	\$ 371,44	\$ 251,09	\$ 198,36
Flootide HFA 125mcg Inhal. x 120 Dosis	\$ 11.101,72	\$ 7.937,73	\$ 5.365,91	\$ 4.239,07
AGRIPPAL S1 Jer. Prell. x 1 x 0.5ml	\$ 676,68	\$ 483,83	\$ 327,07	\$ 258,38
<b>Costo total Anual</b>				<b>\$ 4.695,81</b>

Nota: Los precios fueron obtenidos de *www.kairos.com* y deflactados a 2016 utilizando el IPC del sector salud para los años correspondientes.

Cuadro 16: Costos de tratamientos médicos

Tipo de estudio o intervención	Costo 2016	
	S. Público	S. Privado
Espirometría	\$89	\$118
Día de internación	\$1.035	\$4.475
Angioplastia Transluminal coronaria primaria	\$12.696	\$16.806
Electrocardiograma	\$58	\$121
Cirugía de revascularización miocardio	\$12.753	\$41.499
Consulta médica	\$125	\$240

Fuente: Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria.

Nota: Los precios fueron deflactados utilizando el IPC del sector salud para GBA.

Nota: Se realizó una distinción entre los costos de la medicina pública y privada para la Ciudad de Buenos Aires.

Cuadro 17: Datos utilizados para la calibración.

	Coefficiente exposición respuesta	Tasa de Incidencia Base	Disability Weight	Duration
Bronquitis Crónica Adultos	0,00505	0,00148	0,099	365
Bonquitis Aguda Adultos	0,00505	0,0372	0,07	21
Asma Adultos	0,0019	0,0094	0,015	77,4
IAM adultos	0,00066	0,00325	0,588	13,87
Bronquitis Aguda Niños	0,00047	0,54261	0,07	21
Asma Niños	0,00047	0,54261	0,015	77,4
Bronquiolitis Niños	0,00047	0,54261		

Fuente: Kan and Chen (2004)

Nota: Los coeficientes de exposición-respuesta y tasas de incidencia para Bronquitis Aguda, Asma y Bronquiolitis en niños entran en la categoría "Pedíatrica" según los estudios realizados por Kan and Chen (2004).

Nota: Niños hace referencia al grupo etario: 0 a 4 años.

Nota: La Duration se encuentra expresada en días.

Cuadro 18: Matriz de Contabilidad Social de Argentina 2016 - Millones de pesos corrientes.

	Actividades				Factores			Recaudación		Hogares			Gobierno		Inversión
	N	S	TR	RP	LOC	L	K	A	Impuestos	H01	H02	HRP	G.CABA	G.NAC	Inv
<b>Actividades</b>															
N	95.678	93.843	50.998	713.666	1.836.970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	103.883	16.758	15.244	288.475	527.303	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TR	65.824	22.401	-	141.156	256.833	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RP	627.239	220.985	34.394	3.642.468	6.555.675	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LOC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.374.490	3.342.870	3.879.180	449.463	1.915.769	1.702.191
<b>Factores</b>															
L	517.695	146.830	76.491	2.334.176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	494.473	143.476	75.528	3.085.385	-	-	-	-	-	43.123	124.072	-	-	-	-
A	50.536	24.319	5.520	-	3.481.239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Impuestos</b>															
T.CABA	58.034	17.689	6.885	102	5.942	-	-	-	-	1.148	3.302	-	-	-	-
IVA	160.345	56.147	53.965	135.663	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T.NAC	617.448	209.215	167.187	739.670	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Hogares</b>															
H01	-	-	-	-	-	146.247	186.854	534.484	-	-	-	-	-	10.662	167.660
H02	-	-	-	-	-	314.100	1.078.636	2.398.634	-	-	-	-	-	4.718	74.194
HRP	-	-	-	-	-	2.614.845	2.700.569	-	-	-	-	-	-	-	236.182
<b>Gobierno</b>															
G.CABA	-	-	-	-	-	-	-	508.060	93.102	-	-	-	-	-	27.752
G.RP	-	-	-	-	-	-	-	120.436	2.139.640	-	-	-	-	-	-
<b>Inversión</b>															
Inv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.473	182.045	-
<b>Bono de cierre</b>															
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.598	-	-

Actividades: N: producción en el Norte, S: Sur, TR: transporte en la Ciudad, RP: Resto del País.

Factores: L: trabajo, K: capital, A: área.

Hogares: H01: hogares de ingresos bajos CABA, H02: ingresos altos CABA, HRP: Hogares RP.

Gobiernos: G\_CABA: de la Ciudad.G\_RP: gobierno de la Nación.

Impuestos: T\_CABA: recaudados por G\_CABA, T\_NAC: recaudados por G\_RP.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19: Población y tasas de crecimiento

Grupos etarios	Norte	Sur	RP
Población			
0-4	176.850	155.555	-
5-14	146.187	132.694	-
15-64	1.171.819	786.998	5.663.346
Mayores de 65	310.444	178.575	-
Tasas de crecimiento			
0-4	0,0000	0,0000	-
0-4b	0,02	0,02	-
5-14	-0,0027	-0,0014	-
15-64	0,0003	0,0013	0,0106
Mayores de 65	0,0087	0,0096	-

Nota: 0-4b refiere al escenario alternativo.

Fuente: Elaboración propia en base a DGEyC e INDEC.

## Referencias Bibliográficas

- Bachmann, T. M., van der Kamp, J., Marzo 2017. Expressing air pollution induced health related externalities in physical terms with the help of dalys. Elsevier.
- Becker, G. S., 2013. The economic approach to human behavior. University of Chicago press.
- Bickel.P., 2006. Proposal for harmonised guidelines. deliverable d5 of heatco project, including annexes a-e. ier. HEATCo.
- Canales-Rodríguez, M. A., Quintero-Núñez, M., Castro-Romero, T. G., García-Cuento, R., Junio 2014. Las partículas respirables pm10 y su composición química en la zona urbana y rural de mexicali, baja california en México. Scielo.
- Castro Mediavilla, J. J., Orbea Hinojosa, L. X., Toapaxi Csanoba, J. A., Guano Calvache, C. A., 2017. Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100 % eléctrico en el Ecuador. INNOVA Research Journal.
- Chisari, O., Ferro, G., González, M., León, S., Maquieyra, A., Mastronardi, L., Roitman, M., Romero, C., Theller, R., Septiembre 2010. Modelo de equilibrio general computado para la Argentina 2006. Serie de Textos de Discusión N° 63.
- Chisari, O., Ramos, P., León, S., Mastroscello, L., Abril 2015. Localización de la actividad económica en CABA. UADE.
- Department of Health of Guangdong Province, 2007. Health Statistical Yearbook of Guangdong Province. Flower City Publishing House.
- Fouré, J., Bénassy Quéré, A., Fontagné, L., August 2013. Modelling the world economy at the 2050 horizon. Economics of Transition, 21, 4, 617–54.



- Giraldo, L., Ardila, A., E., B., 2006. Estimación del inventario de fuentes móviles para la ciudad de bogotá e identificación de variables pertinentes., 19–44.
- Huang, D., Xu, J., Zhang, S., Noviembre 2011. Valuing the health risks of particulate air pollution in the pearl river delta, china. *Environmental and science policy*.
- Hurley, F., 2005. Methodology for the cost-benefit analysis for cafe: Volume 2: Health impact assessment. AEA Technology Environment.
- Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria (IECS), diciembre 2018. Base de datos de costos unitarios (bcu) de argentina. Tech. rep.
- Kan, H., Chen, B., 2004. Particulate air pollution in urban areas of shanghai, china: health-based economic assessment. *Science of Total Environment*.
- Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröcker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., Varma, A., Cox, V., Enero 2014. Update of the handbook of external costs of transport. Ricardo-AEA.
- Lancaster, K. J., 1966. A new approach to consumer theory. *Journal of political economy* 74 (2), 132–157.
- Martin, P. B., 2005. Contaminación del aire por material particulado en la ciudad de buenos aires. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires.
- Mastronardi, L., Romero, C., Chisari, O., 2013. Un modelo de equilibrio general computado con dos regiones: Ciudad de Buenos Aires y resto de la Argentina. Evaluación de impacto de políticas impositivas. In: *Anales de la 48 Reunión de la Asociación Argentina de Economía Política - Rosario*.
- Mastronardi, L. J., 2013. Federalismo fiscal en Argentina: Un análisis de efectos spillover mediante un CGE regional. University Library of Munich No. 54376., <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/54376>.
- Ostro, B., Rothschild, S., Diciembre 1989. Air pollution and acute respiratory morbidity: an observational study of multiple pollutants. *Environ res*.
- Puliafito, S. E., Allende, D. G., Castesana, P. S., Ruggeri, M. F., Diciembre 2017. High-resolution atmospheric emission inventory of argentine energy sector. comparison with edgar global emission database. *Heliyon*.
- Rojas, N. Y., Diciembre 2007. Aire y problemas ambientales de bogotá.
- Starrett, D., 1978. Market allocations of location choice in a model with free mobility. *Journal of Economic Theory*, Vol. 9, pp. 418–448.
- Tajer, C. D., 2015. Consenso de infarto agudo de miocardio con elevación del segmento st. *Revista Argentina de Cardiología* 83 (4).
- Venegas, L., Martin, P., 2005. Concentración de material particulado en aire en la ciudad de buenos aires.

Vogelmeier, C. F., Criner, G. J., Martínez, F. J., Anzueto, A., Barnes, P. J., Bourbeau, J., Celli, B. R., Chen, R., Decramer, M., Fabbri, L., Frit, P., Halpin, D. G., López Varela, M., Nishimura, M., Roche, N., Rodríguez-Roisin, R., Sin, D., Singh, D., Stockley, R., Vestbo, J., Wedzicha, J., Agustí, A., Enero 2017. Informe 2017 de la iniciativa global para el diagnóstico, tratamiento y prevención de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica: Resumen ejecutivo de gold. Archivos de Bronconeumología.