

Tipo de documento: Tesis de maestría



Departamento de Economía. *Maestría en Economía*

Impacto de una política ambiental regional. El caso de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y su camino hacia una energía más limpia

Autoría: Covelli, María Paula

Año: 2024

¿Cómo citar este trabajo?

Covelli, M. (2024) "*Impacto de una política ambiental regional. El caso de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y su camino hacia una energía más limpia*". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella
<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13212>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.

Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>

UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA
MAESTRÍA EN ECONOMÍA

**IMPACTO DE UNA POLÍTICA AMBIENTAL
REGIONAL. EL CASO DE LA CIUDAD AUTÓNOMA
DE BUENOS AIRES Y SU CAMINO HACIA UNA
ENERGÍA MÁS LIMPIA**

María Paula Covelli

Legajo 06P750

Tutora: Dra. María Priscila Ramos

Junio de 2024

○ Abstract

A nivel global el 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provienen de las ciudades. En la Argentina, su capital genera el 4% de las emisiones del país, siendo el consumo eléctrico el responsable de más de la mitad de las emisiones de GEI de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). El último Plan de Acción Climática (PAC) de la CABA establece 24 medidas de las cuales una busca modificar la matriz energética impulsando la generación de electricidad solar en al menos el 30% de la superficie de techos residenciales a 2050. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto económico de esta medida energético-ambiental en la CABA. Para ello se desarrolló una Matriz de Contabilidad Social bi-regional de Argentina para 2018, distinguiendo la CABA del resto del país, y con una apertura sectorial detallada para el sector energético con el fin de simular esta medida de política ambiental urbana en el marco de un modelo insumo-producto regional. Se diseñó el escenario de instalación de paneles solares por parte de los hogares de CABA considerando que el gobierno local cubre el 15% del costo de instalación, y a modo de sensibilidad se consideró un rango de cobertura de hogares de 10 a 30% y asumiendo una baja del precio de la electricidad que varía entre -3% y -10% como consecuencia de la menor demanda de electricidad de la red. Los resultados destacan que esta medida ambiental de índole local tendría efectos favorables en la generación de valor tanto para CABA como para el resto del país, por la caída en el precio de la electricidad que favorece a nivel nacional. Posibles extensiones a este trabajo podrían estar orientadas a ampliar las variables de análisis (puestos de trabajo distinguiendo verde y no verdes; emisiones de GEI urbanas) y escenarios de estudio de otras medidas ambientales urbanas en la CABA con el fin de mejorar su sustentabilidad ambiental.

1 Introducción

Frente a la preocupación para abordar problemas ambientales, tales como la contaminación, el manejo de recursos naturales y el calentamiento global entre otros, y con objetivos precisos a alcanzar dentro del marco de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos en la Asamblea General de las Naciones Unidas, las ciudades se volvieron foco de implementación de nuevas políticas y cambios de hábitos. Considerando que más de la mitad de la población vive en ciudades, se entiende que cualquier transformación urbana en ese sentido acelera el proceso a nivel global. En efecto, a nivel mundial, el 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)¹ provienen de las ciudades (Roberts y Mukim, 2023).

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) es la capital de Argentina. En ella reside el 7% de la población del país, unos tres millones de habitantes y, a su vez, recibe por día más de tres millones de personas que ingresan a la ciudad para estudiar, trabajar o realizar compras. Es un destino turístico por excelencia, la visitan unos 11 millones de turistas por año aproximadamente². En términos de actividad económica, la ciudad aporta 18% al PIB nacional. Sus principales sectores son los servicios, 20% del valor agregado local en 2020, y el comercio, que representa el 15%³. El Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), que comprende CABA más 40 municipios del Gran Buenos Aires, alberga al 40% de la población, unos 14 millones de personas, y representa la mitad del PIB nacional. El tamaño de población y el nivel de las actividades económicas que se desarrollan en CABA denotan, también, la escala de las externalidades ambientales que allí se generan, y que deberían ser objeto de transformación.

La trayectoria en materia de medidas ambientales en la ciudad es la más destacada del país. Dentro de los programas porteños se encuentran las políticas de movilidad limpia (ciclovías y sistema público gratuito de uso de bicicletas), alumbrado 100% LED, el Centro de Reciclaje de la Ciudad, el programa de Escuelas Verdes, entre otros. Es miembro activo de la red de ciudades C40 desde 2009 y en 2022 fue sede de la Cumbre Mundial de Alcaldes C40.

El principal responsable de las emisiones de la CABA es el sector energético que explica más de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): el consumo de energía de los hogares es el 28% de las emisiones, 18% es de los edificios públicos y comerciales y 7,4% de las industrias⁴. El consumo eléctrico per cápita porteño asciende a 3,5 MW anual⁵ mientras que la media del país es de 2,6.

¹ Dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), dióxido de nitrógeno (NO₂) y otros gases, como los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆), entre otros.

² Fuente: Fuente: Plan de Acción Climática (PAC), https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/pac_2050_0.pdf (Consultado: noviembre de 2022).

³ Fuente: Producto Bruto Geográfico a 2020, Dirección General de Estadística y Censos de la CABA. Disponible en: <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=70385> (Consultado: diciembre de 2022).

⁴ Fuente: Agencia de Protección Ambiental, GOCC, 2021.

⁵ Fuente: PAC.

En este contexto es que resulta interesante determinar cómo impactan las políticas ambientales, no sólo en términos de disminución de GEI sino también en términos económicos y su impacto en los hogares. El Plan de Acción Climática (PAC) de la CABA publicado en 2021 determina 24 acciones a implementar en el corto, mediano y largo plazo. Entre las acciones se encuentra la número 15 denominada “hacia una energía limpia”. Su meta a largo plazo es contar en 2050 con 30% de los techos residenciales⁶ con aprovechamiento solar; y en el mediano plazo, se espera que en 2030 se generen 11 mil nuevos puestos directos de trabajo por la instalación y mantenimiento de la tecnología adecuada. Esto se traduciría en más de 80 mil techos con aprovechamiento solar.

La elección de la meta del aprovechamiento solar en techos residenciales responde a varias razones. Primero, la necesidad de cambiar la matriz energética hacia una producción más sostenible es una cuestión mundial. De hecho, muchos países ya se encuentran en esta transición y las energías que lideran este cambio son la eólica y la solar. Segundo, dada la relevancia y necesidad de la lucha contra el cambio climático, las ciudades se han vuelto foco de implementación y, en muchos casos, precursores del cambio.

Este trabajo se propone investigar cuál es el efecto de esta acción en la economía local en el mediano y largo plazo. Para esto se utilizará como herramienta un modelo insumo-producto lo que requiere construir una matriz de contabilidad social (MCS) regional en la que pueda distinguirse a la CABA del resto del país y con una apertura sectorial con foco en el sector energético. Asimismo, se proponen alternativas de política para lograr la meta incluyendo un análisis costo beneficio.

La elección de la metodología se debe a que es una herramienta flexible, para el diseño y simulación de escenarios de política, e integral, dado que permite captar efectos directos e indirectos (intersectoriales) de cada escenario simulado sobre las variables económicas. Esto es útil para determinar los impactos económicos de políticas ambientales dada la transversalidad sectorial intrínseca de estas políticas. La herramienta metodológica desarrollada en este trabajo permite analizar no solo los impactos cruzados de distintos sectores, sino también analizar la sensibilidad a supuestos clave y a la adaptación del diseño de los escenarios a la información adicional que pueda surgir y así brindar mayor flexibilidad para futuras extensiones.

El documento se organiza de la siguiente manera. A continuación, se describe la evolución de la política ambiental en la CABA, luego se discute el rol de las ciudades como responsables de la implementación de políticas ambientales y trabajos relacionados con la medición del impacto y posibilidad de instalación de paneles solares. En las secciones siguientes se describe teóricamente la metodología utilizada y el proceso de construcción de una MCS regional. Por último, se presentan los resultados y se concluye.

⁶ De acuerdo con el último Relevamiento de Usos del suelo de la CABA, existen poco más de 273 mil edificios residenciales. Disponible en: <http://www.ssplan.buenosaires.gob.ar/images/rus/rus2012.pdf> (Consultado diciembre 2022)

2 Política ambiental en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

La CABA es la ciudad del país que primero inició su recorrido en temas ambientales. El gobierno de la ciudad fecha este inicio hacia 2003 con la incorporación de equipos y líneas de trabajo específicas en materia climática, y junto con la participación en redes internacionales (C40 Cities, ICLEI⁷). Desde 2011, la ciudad reporta en CDP⁸ (*Carbon Disclosure Project*) su inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) junto con todas sus acciones con fines ambientales (mitigación y adaptación). La CABA cuenta con inventarios anuales de emisiones de GEI desde el año 2003 adoptando metodología y estándares internacionales (Protocolo Global para Inventarios de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria, GPC)

Respecto al marco normativo, la ley 3.871 de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático fue sancionada en 2011 y reglamentada en 2014. Luego, fue modificada en 2022 por la ley 6.598 para que se ajustara a lo establecido por la ley nacional 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. La normativa vigente establece que la ciudad debe tener un plan de acción que determine las medidas a implementar para abordar la problemática del cambio climático; y que este debe ser actualizado con una periodicidad no mayor a cinco años. Asimismo, es obligatorio que informe a su Legislatura, tanto las medidas dentro de los planes, así como también su ejecución y seguimiento.

En efecto, la ciudad cuenta con tres planes estratégicos, que evalúan y determinan las acciones de manera sistemática para alcanzar sus objetivos ambientales. En 2009, previo a la ley, presentó su primer Plan de Acción Climática (PAC) que estuvo vigente desde 2009 a 2015. Su actualización devino en el segundo PAC con vigencia 2016-2020. Finalmente, en 2021 se presentó el tercer PAC 2050⁹, con vigencia hasta 2025, en donde se seleccionaron, de acuerdo con un proceso que premia la reducción de GEI y la factibilidad de implementación, 19 acciones principales más cinco acciones adicionales transversales que conforman una hoja de ruta con metas a corto, mediano y largo plazo. En este último se amplió el horizonte temporal bajo análisis para incorporar metas hacia 2050 en línea con lo acordado en el Club de París. Dentro de su estrategia, busca alcanzar el objetivo intermedio de reducir más del 50% las emisiones con respecto al 2015 para 2030 y convertirse en una ciudad carbono neutral para el año 2050.

De acuerdo con el Inventario de GEI publicado por la Gerencia Operativa de Cambio Climático de la CABA, el sector energético es el responsable de más de 50% de los GEI en

⁷ C40 es una red global de casi 100 alcaldes de las principales ciudades del mundo con el objetivo de enfrentar la crisis climática. Por su parte, ICLEI *Local Governments for Sustainability* está conformada por más de 2.500 gobiernos locales y regionales, su objetivo es promover el desarrollo urbano sostenible.

⁸ CDP es una organización internacional sin fines de lucro que gestiona un sistema global de difusión para ciudades y empresas con el objetivo de comunicar acciones ejecutadas y su impacto. Es la herramienta de reporte oficial adoptada por el Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía.

⁹ Disponible en: https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/2023-02/pac_2050_buenos_aires_0.pdf

el año 2021. Le sigue el sector de transporte con 26,8%, y, por último, el sector de residuos con 18,5% del total. Dentro de las emisiones de energía, el subsector más relevante es el de edificios residenciales que aporta con 28% de las emisiones totales, incluso más que el transporte de la ciudad.

Tabla 1. Emisiones GEI por sector, CABA, año 2021. En porcentaje.

Sector	Porcentaje
<i>Energía</i>	54,8%
Edificios residenciales	28,4%
Edificios comerciales y públicos	17,7%
Industrias	7,4%
Emisiones fugitivas	1,3%
<i>Transporte</i>	26,8%
Transporte carretero	26,4%
Trenes y subtes	0,4%
<i>Residuos</i>	18,5%
Residuos sólidos	15,2%
Aguas residuales	3,3%

Fuente: Agencia de Protección Ambiental, GOCC

Por lo anterior, a la luz del objetivo de carbono neutral es fundamental que la ciudad cambie su matriz energética, y, considerando el peso relativo de las emisiones de los edificios residenciales, se entiende que sea una de las principales fuentes a reducir.

La matriz energética de la Ciudad de Buenos Aires presenta similitudes con la matriz energética del país, no existen grandes diferencias. Si bien la CABA cuenta con dos centrales eléctricas, Central Puerto y Costanera, por el modelo eléctrico, no consume directamente de sus centrales. De acuerdo con Furlán (2017), en Argentina pueden identificarse tres etapas de esta matriz. La primera etapa abarca veinte años entre 1950 y 1970, donde prevalecía la generación por combustión fósil: luego hasta mitad de los noventa, se vuelve una matriz más diversificada con presencia de la generación nuclear e hidroeléctrica (gracias a las represas ubicadas en la zona de Comahue, por ejemplo). Hacia fines de la década de 1990 aparece, de forma incipiente, una generación no convencional de fuentes renovables; no obstante, existe una dependencia de la generación térmica alentada por los generadores de ciclo combinado con la explotación intensiva del gas natural. En el mismo momento, se da la liberalización del sector y el Estado ya no se hace cargo de la producción, sino que tiene un rol de regulador.

En la entrada del nuevo milenio, el país retoma la promoción de las energías renovables. En efecto, el Plan Sectorial para Energía, presentado en la Cumbre Climática de 2017, las tiene como eje clave. Ese año se sanciona la Ley Nacional de Generación Distribuida, N° 27,424, que establece el marco normativo para una generación por fuera del sistema interconectado lo que hace surgir el concepto del prosumidor¹⁰. Al mismo

¹⁰ Agente que es consumidor y productor de manera simultánea gracias a la energía autogenerada. Al producir energía de manera autónoma puede redistribuir a la red sus excedentes.

tiempo, Argentina se compromete con una meta más ambiciosa en términos de emisiones GEI¹¹.

La posibilidad relativamente sencilla de la instalación de paneles solares hace de la generación solar una alternativa llamativa. De hecho, ante la evidente proliferación de uso de paneles solares en el mundo, en especial en zonas con características climáticas similares, parece recomendable seguir esta tendencia. Además, el paradigma de la matriz energética está mutando hacia una matriz energética más limpia, de fuentes renovables, y descentralizada (con puntos de generación más cercanos a los consumidores).

En su PAC actual, la CABA postula tres escenarios de trayectorias de emisiones futuras: i) escenario BAU (*Business as usual*); ii) escenario inicial y, iii) escenario ambicioso. El escenario BAU es aquel en donde no se aplica ninguna medida de mitigación. El escenario inicial contempla las acciones que ya estaban planificadas a estrategias anteriores al actual PAC. El escenario ambicioso incluye metas a mediano plazo, reducción de emisiones de 52,9% respecto del año base 2015; y 84,4% para el año 2050.

En este contexto, la acción número 15 del PAC 50, denominada *Hacia una energía limpia*, fija como meta el 30% de los techos residenciales con aprovechamiento solar fotovoltaico para el año 2050. Incluye las siguientes sub-acciones:

- Desarrollo del Mapa Solar¹² de la Ciudad para proveer información concreta sobre el potencial de generación en cada parcela.
- Incorporación gradual del aprovechamiento solar fotovoltaico en la reglamentación del Código de Edificación
- Desarrollo de una plataforma de compras conjuntas
- Utilización de espacios públicos y techos de edificios públicos para instalaciones comunitarias
- Reglamentación Ley 6.165 de adhesión local a la Ley Nacional de Generación Distribuida e implementación de incentivos
- Gestión y asesoramiento del trámite de Usuario Generador
- Talleres de formación técnica para instaladores de energías renovables
- Generación fotovoltaica en edificios públicos

Además, como acciones que complementan se especifican:

- Encuesta permanente para el sector de energías renovables: registro y vinculación con actores del sector
- Mapa de techos inteligentes y registro de instalaciones fotovoltaicas
- Plataforma de monitoreo de generación de energías renovables
- Ciclos de charlas energéticas
- Talleres de introducción a las energías renovables

¹¹ En el marco del Acuerdo de París, se define la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, *Nationally Determined Contribution*) y cada país establece sus objetivos. Argentina busca no superar los 359 MtCO₂ en términos de emisiones a través de la reducción de la deforestación (bosques) y apuntando a una energía más limpia. De acuerdo con estimaciones de Vilallonga (2021), se necesitan incluir anualmente entre 1,000 y 2,000 mw de nueva potencia eléctrica de generación renovable para alcanzar este objetivo.

¹² <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/mapa-solar>
<https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/mapa-techos-solares/resource/56d784cb-892d-44d8-89d5-e3eb592f2c14>

- Laboratorio Modelo Escolar de Energía Renovable
- Espacio de prueba de tecnologías innovadoras

También se menciona como acción ilustrativa la posibilidad de generación de empleo de bajos requerimientos técnicos o formación, lo que los hace más accesibles a la población en situación de mayor vulnerabilidad social. De acuerdo con el PAC, las metas planteadas para 2030 para generación distribuida permiten estimar 38 mil nuevos empleos¹³.

3 Las ciudades como vector de cambio

El cambio climático es un hecho que se viene analizando y estudiando hace ya varias décadas. Existen numerosos trabajos que analizan los factores de este fenómeno e incluyen a la transición energética como un cambio indispensable.

El calentamiento global y la crisis energética son dos problemas transversales que aquejan a nivel mundial. Como bien se menciona en Nogar *et al.* (2021) existen tres factores consensuados de las razones de la crisis energética: los impactos ambientales asociados con la generación, el suministro y el consumo de la energía, ii) la disponibilidad de los recursos energéticos y iii) el acceso desigual a la energía. Según datos de Gil y Dutt (2015) el 65% de las GEI son producto del uso de combustibles fósiles en el mundo, esto es, el 80% de la demanda de energía fue cubierta gracias al uso de petróleo, gas natural y carbón (Agencia Internacional de Energía, 2020). Además, el uso de fuentes fósiles se agrava por su carácter de no renovable.

De acuerdo con lo analizado en Bulkeley (2010), las ciudades generan aproximadamente tres cuartas partes de los GEI globales gracias a un marcado proceso de urbanización que trae aparejado una concentración de la demanda de energía. En este sentido, se espera que las emisiones sigan en aumento debido a la creciente demanda energética mundial.

Tal como menciona Nogar *et al.* (2021), la transición energética, además de contemplar el desarrollo de fuentes renovables, requiere transformaciones tecnológicas, económicas, sociales, políticas y culturales. Por lo tanto, puede pensarse que estas transformaciones son más sencillas desde el punto de vista local en una primera instancia. Lo que va de la mano con la idea de las ciudades como vectores de cambio. En efecto, la intervención de los gobiernos locales en la lucha contra el cambio climático no es nueva. No es casual que hayan surgido numerosas redes internacionales que conecten gobiernos locales: Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía, C40, ICLEI, 100 Resilient Cities, por nombrar algunas. Hacia principios de la década de los noventa, ciudades pioneras como Leicester, Kirklees y Newcastle en el Reino Unido y Heidelberg, Munich y Frankfurt en Alemania desarrollaron políticas de cambio climático (Bulkeley, 2010).

Bulkeley (2010) explora la historia y la evolución de la gobernanza climática urbana junto con los factores que hicieron posible esta tendencia. Si bien menciona que las redes

¹³ De los cuales, 11.000 corresponderían a empleos directos destinados a la construcción de las instalaciones fotovoltaicas; 12.000 a empleos indirectos creados en las industrias adyacentes que suministran bienes y servicios necesarios y otros 15.000, a empleos inducidos, creados por el aumento de ganancias de puestos de trabajo, directos e indirectos, que se vuelven a gastar localmente.

internacionales de ciudades colaboran con la promoción de un abordaje sistemático al problema climático (considerando como indicador las emisiones de GEI), encuentra que la mayoría de las ciudades no han podido brindar una respuesta tan sistemática, sino que se evidencia una implementación individual. No obstante, sí encuentra que la mayoría de las ciudades ha concentrado sus esfuerzos en el sector energético. Iniciativas como objetivos en uso de energías renovables, programa de incentivos para la eficiencia energética, políticas de transporte público son las acciones más implementadas.

En términos de la evolución de la gobernanza, no solo urbana, y la reestructuración del estado, Bulkeley (2010) menciona que si bien es claro el rol clave que tienen los estados para luchar contra el cambio climático, que estos se apoyen en las numerosas redes internacionales y acuerdos público-privado plantea la cuestión de si la política de control de emisiones es inequívocamente un proyecto propio del estado. No obstante, se reconoce que el cambio climático se está volviendo una cuestión estratégica para las ciudades de todo el mundo.

Desde el punto de vista de la eficacia de la implementación de políticas urbanas, existen ciertos factores plausibles de críticas. Por un lado, pueden encontrarse argumentos de capacidad institucional (relacionado con el nivel de autonomía vertical, alcance no transversal de la dirección o departamento estatal de ambiente) o, hasta de factores políticos relacionados con el liderazgo o problemática local más urgente, relacionado con la posible falta de recursos, tanto financieros como humanos. Por lo tanto, las recomendaciones de los expertos giran en torno al desarrollo de capacidades, tanto técnicas, legales y financieras; como también a asociar las políticas de cambio climático con otras iniciativas orientadas a resolver la problemática local.

La necesidad de cambiar la matriz energética hacia una producción más sostenible y limpia se evidencia en el crecimiento de las fuentes solar y eólica. De acuerdo con un informe de EMBER (2022), las energías solar y eólica crecieron 23% y 14% en 2021 respecto de 2020, respectivamente; y representaron 10% del total de la generación eléctrica mundial.¹⁴ Existen numerosos trabajos que investigan la energía de fuentes no convencionales y el desarrollo de sistemas de energía distribuida. Por ejemplo, en Shahsavari y Akbari (2018) se aborda una visión integral para revisar las fuentes de emisiones relacionadas con la energía, el potencial global de la energía solar junto con las barreras para el uso generalizado de la energía solar en países en desarrollo. Lowder *et al.* (2017) estudian los casos de Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Australia, haciendo hincapié en los cambios de política y regulación que fueron necesarios a medida que se avanzaba en la incorporación de la energía solar. El caso de Australia, que posee uno de los ratios de adopción de energía solar per cápita más altos del mundo (Lan *et al.*, 2021), es en particular interesante, porque comparte condiciones climáticas muy similares a Argentina.

En relación con la energía solar, existe una vasta cantidad de literatura que aborda el potencial de esta generación en ciudades a través de modelos que predicen las condiciones climáticas y toman en consideración los espacios para la instalación de paneles. Por ejemplo, se han estudiado ciudades en Nigeria (Okoye *et al.*, 2016), India (Singh y Banerjee, 2015), Estados Unidos (Gagnon *et al.*, 2016), Brasil (Miranda *et al.*, 2015).

¹⁴ Fuente: Global Electricity Review 2022, EMBER. Disponible en: <https://ember-climate.org/app/uploads/2022/03/Report-GER22.pdf> (Consultado noviembre de 2022).

En Byrne *et al.* (2017) se debate si la “ciudad solar” es viable, proponen un análisis multivariado y un enfoque costo beneficio en Londres, Nueva York, Múnich, Seúl y Tokio. Por su parte, Tapia *et al.* (2023) abordaron el caso de tres ciudades de Ecuador (Quito, Guayaquil y Cuenca). La medición del impacto económico fue calculada a partir del costo nivelado de la energía (LCOE, por sus siglas en inglés). En Lee *et al.* (2018) se construye un modelo para determinar los niveles de *break even* de la generación solar residencial en estados seleccionados de EE.UU.

Respecto de la aplicación de modelos insumo-producto, el trabajo de Garrett-Pelter (2017) lo utilizar para evaluar el impacto sobre el empleo de la inclusión de energía más limpia a través de la creación de “industrias sintéticas” (construidas por el modelo) y lo modela a través de shocks de demanda. En Argentina, el trabajo reciente de Mardones y Andaur (2024) evalúa los efectos de un impuesto a todas las emisiones de GEI también con un enfoque insumo- producto.

No obstante su aplicación en modelos tradicionales donde se estudia a un país en conjunto, la regionalización de los modelos brinda una mirada estratégica y flexible para comprender y distinguir los impactos regionales y nacionales, así como también la implementación regional. Rodríguez-Serrano *et al.* (2016) utiliza un modelo input-output para explorar el impacto de la planta termosolar Cerro Dominador, ubicada en Antofagasta, Chile, inaugurada en el año 2021. Llop y Pié (2008) utilizan un modelo insumo-producto para evaluar los efectos de un impuesto sobre los usos energéticos intermedios en Caledonia, España. En Brasil, de Carvalho *et al.* (2015) estiman los *trade-off* entre la actividad económica, emisiones de GEI y el nivel de empleo por medio de un modelo insumo-producto incluyendo una cuenta satélite de emisiones de GEI. Por su parte, Vasconcellos y Couto (2021) aplican un modelo insumo-producto para estimar el impacto interregional de un proyecto eólico en el noreste de Brasil.

Por último, existen antecedentes de la construcción de MCS en CABA para la aplicación de modelos de equilibrio general computado (CGE, por sus siglas en inglés). El trabajo de Chisari *et al.* (2019) construye una MCS regional pero para estudiar los efectos del crimen en la configuración urbana y localización en la CABA. En cambio, los trabajos de Mastronardi *et al.* (2022) y Jaquet y Ojeda (2020) se evalúa cuestiones ambientales. En particular, en Mastronardi *et al.* (2022) se discute una metodología y se construye un modelo para la CABA para el año 2006 donde se estima la huella de carbono nacional y regional para la Argentina y la ciudad, respectivamente. Jaquet y Ojeda (2020) desarrollan un modelo dinámico para 2016 donde se relacionan las emisiones de PM_{10} ¹⁵ generadas por la actividad económica y la incidencia sobre las afecciones respiratorias y cardiovasculares de la población.

¹⁵ Las partículas PM_{10} son partículas sólidas o líquidas que se encuentran dispersas en la atmósfera y que tienen un diámetro aerodinámico menor que $10\mu m$; pueden ser de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento, polen, entre otras.

4 Metodología

El enfoque metodológico propuesto es un modelo de insumo-producto (IP) regional que pueda identificar y evaluar el impacto de la política ambiental elegida. Este modelo requiere de la construcción de una Matriz de Contabilidad Social (MCS) que desagregue a la CABA como una región para su calibración para el año 2018. La elección de esta metodología sobre otras se basa en la funcionalidad que brindan este tipo de modelos. En particular, se busca identificar y cuantificar los efectos tanto multisectoriales como de redistribución de ingresos ante un shock específico lo que no puede realizarse con metodologías alternativas.

A continuación, se presentan los aspectos teóricos de la MCS y de los modelos IP, respectivamente. Luego, se describe la construcción de la MCS con los detalles del proceso, los supuestos asumidos, las fuentes de información utilizadas y la calibración necesaria.

La matriz de contabilidad social (MCS) es una matriz que permite plasmar las interrelaciones de todos los sectores de la economía. En su estructura básica contiene seis tipos de cuentas: de producción, de bienes, de factores productivos, instituciones (hogares y gobierno), inversión y resto del mundo. Todas las cuentas pueden desagregarse de acuerdo con los objetivos de la investigación. En este caso, se deben realizar desagregaciones para caracterizar la dinámica de la CABA con el resto del país, y el resto del mundo.

La Tabla 2 muestra la estructura genérica de una MCS. Las columnas se leen como gastos y las filas como ingresos.

Tabla 2. Estructura genérica de una MCS

	Actividades	Bienes	Factores	Gobierno	Hogares	Inversión	Resto del mundo	
Actividades		Oferta						Ingreso Actividades
Bienes	Consumo intermedio			Consumo Público	Consumo de los hogares	Inversión	Exportaciones	Demanda total
Factores	Valor Agregado							Ingreso factorial
Gobierno		Impuestos y aranceles			Impuestos		Transferencias	Ingresos Gobierno
Hogares			Remuneración factorial	Transferencias				Ingreso de los hogares
Inversión				A-I	Inversión privada		Balanza de Cta Cte	Inversión
Resto del mundo		Importaciones						Salida de divisas
	VBP	Oferta	Gasto factorial	Gasto Público	Gasto de los hogares	Inversión	Ingreso divisas	

Las celdas en gris son cero por definición

Fuente: Elaboración propia

La construcción de una MCS es una tarea que exige la conciliación de una gran cantidad de información que proviene de diversas fuentes estadísticas: Sistema de Cuentas Nacionales, Cuentas Internacionales, estadísticas sectoriales, Encuestas de Hogares de Ingresos y Gastos, Información de ingresos y gastos del gobierno, entre otras. En general, el detalle sectorial de la información es escaso por lo que se llevó a cabo un trabajo de recopilación de información sectorial.

Asegurar su consistencia es una tarea minuciosa y laboriosa; para esto se utilizan técnicas de ajuste como RAS (Stone, 1962 y Bacharach, 1970) y entropía cruzada (Kullback y Leibler, 1951) para el rebalanceo de las matrices. Estas técnicas se utilizan para ajustar matrices cuando se cuenta con información específica de algún vector en particular, lo que permite incluir información parcial conservando consistencia.

La matriz insumo producto (MIP) es una herramienta contable que esquematiza el flujo de bienes y servicios entre los diferentes agentes económicos, tanto consumidores como productores. Los modelos IP pueden ser abiertos o cerrados, y estáticos o dinámicos. En los modelos abiertos la demanda final es considerada exógena y se utilizan, en general, para evaluar cómo debe cambiar el producto ante cambios en la demanda final. Es decir, cuánta producción adicional debe generarse. De estos modelos pueden diferenciarse el efecto inicial (el shock), el efecto directo y el efecto indirecto. En los modelos cerrados se incluye toda o parte de la demanda final como endógena. Esto quiere decir que un shock de demanda o de producto, además de aumentar la producción también aumenta el ingreso de los hogares a través del pago adicional a los factores productivos.

De acuerdo con Miller y Blair (2009), en su forma más básica, un modelo IP es un sistema de ecuaciones lineales de n ecuaciones con n incógnitas cuya principal finalidad es analizar cambios de demanda y relaciones intersectoriales. Cada una de estas ecuaciones describe la distribución de un producto a lo largo de toda la economía. La naturaleza lineal de este sistema de ecuaciones hace que la representación matricial sea bastante directa y facilita su resolución. Los modelos IP son construidos en base a la información provista por una matriz insumo-producto o una MCS que contiene información de los flujos intersectoriales, la estructura de la demanda final y del valor agregado de distintos sectores de actividad. Estos modelos son herramientas reconocidas y ampliamente aplicadas para estimar los efectos directos e indirectos de un shock exógeno o cambio en la política económica.

En un modelo IP de una economía con n sectores, las ventas que realiza el sector i están compuestas por las ventas que este sector realiza a otros en concepto de consumo intermedio y por las ventas que realiza a demanda final (Consumo Privado y/o Público, Inversión y Exportaciones). En términos matemáticos, $x_i = z_{i1} + \dots + z_{in} + f_i$, donde x_i son las ventas totales del sector, f_i son las ventas a la demanda final del sector y, finalmente, z_{ij} representa las ventas del sector i al sector j , consumo intermedio. Ahora bien, la idea de coeficientes fijos es un pilar importante de esta teoría e implica que los flujos interindustriales de i a j dependen completamente del producto del sector j . De esta forma, en los modelos IP, los coeficientes fijos son el cociente de las compras entre dos sectores y el producto del sector comprador, por lo que representa la proporción del producto que corresponde al insumo que se está comprando. Matemáticamente: $a_{ij} = z_{ij}/x_j$, o lo que es lo mismo $z_{ij} = a_{ij}x_j$. Por lo tanto, $x_i = a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n + f_i$

Considerando los n sectores, se encuentra un sistema de ecuaciones que al expresarlo en términos matriciales es $x = Ax + f$. Donde x es el vector de producción, A es la matriz de coeficientes técnicos y f es el vector de demandas finales. Para encontrar la conocida matriz inversa de Leontief, $X = (I - A)^{-1}f = Lf$ lo que permite cuantificar los cambios en la producción ante cambios en la demanda final.

Dado el carácter multirregional propuesto, se debe considerar un enfoque interregional de la MCS y de MIP. Lo ideal es utilizar métodos directos para la

regionalización, como encuestas y censos, pero a los efectos prácticos es inalcanzable. En su lugar, los métodos indirectos como los coeficientes de localización y las técnicas de calibración demostraron ser una alternativa de bajo costo y con buenos resultados. Dentro de los métodos indirectos se encuentran los coeficientes de localización (LQ, *location quotient*) (Flegg *et al.*, 1995; Flegg y Weber, 1997, 2000), simple LQ (SLQ), cross industry LQ (CLQ), Flegg's LQ y Augmented FLQ. La esencia de todos ellos es ajustar los coeficientes nacionales de una matriz insumo producto para reflejar la estructura productiva local. Estas técnicas se aplicaron en Argentina (Flegg *et al.*, 2015), Finlandia (Flegg y Tohmo, 2013), Alemania (Kowalewski, 2015), Grecia (Psaltopoulos y Balamou, 2005; Lampiris *et al.*, 2018), Irlanda (Morrissey y O'Donoghue, 2013; Morrissey, 2016), Australia (Stoeckl, 2012), entre otros.

Existen algunos antecedentes de modelos para CABA. Como se mencionó, en Mastronardi *et al.* (2022) se discute una metodología y se construye un modelo para la CABA para el año 2006 donde se estima la huella de carbono nacional y regional y, en Jaquet y Ojeda (2020) se desarrolla un modelo dinámico para 2016 donde se relacionan las emisiones de PM₁₀ generadas por la actividad económica y la incidencia sobre las afecciones respiratorias y cardiovasculares de la población.

De acuerdo con lo postulado en Flores (2002), las matrices IP regionales surgen de aquellos modelos IP nacionales dado que son una partición de esta que incluye transacciones tanto intra como interregionales. La transformación de la matriz nacional en submatrices regionales puede llevarse a cabo mediante métodos directos (censos y encuestas estrictamente sectoriales) o por métodos indirectos o estadísticos. La idea subyacente de los métodos estadísticos es ajustar la matriz de coeficientes técnicos tal que reflejen las características de la estructura productiva de cada región.

En este documento se requiere abrir la matriz argentina en dos regiones, una correspondiente a CABA y otra al resto del país. Por lo tanto, se obtienen cuatro submatrices. En la Tabla 3 se muestra la estructura genérica. El primer cuadrante corresponde al comercio intrarregional de CABA, es decir las compras intermedias de CABA realizadas a sectores productivos de CABA. En el cuadrante inferior izquierdo se encuentran las compras intermedias de CABA a los sectores productivos del resto del país, es decir, el comercio interregional. Es análogo para los cuadrantes derechos.

Tabla 3. Estructura genérica matriz IP regional

	Sectores productivos CABA	Sectores productivos Resto del país
Sectores CABA	Matriz Insumo Producto CABA	Exportaciones CABA – Importaciones Resto Arg
Sectores Resto Arg	Importaciones CABA - Exportaciones Resto Arg	Matriz Insumo Producto Resto Arg

Fuente: Elaboración propia

Tanto las matrices nacionales como regionales reflejan la tecnología productiva media; no obstante, la matriz nacional presenta la tecnología media del país mientras que la regional, la tecnología media de la región. Por lo tanto, la estructura productiva y la matriz inversa de Leontief pueden diferir entre ambas versiones.

La idea es construir una tabla regional a partir de información nacional aplicando técnicas matemáticas. En particular, el método consiste en cuantificar el nivel de especialización que tiene un sector dentro de una región en comparación con la especialización que tiene ese mismo sector a nivel nacional. Siguiendo los trabajos de Flegg y Weber (1995, 1997 y 2000), se utilizan los denominados coeficientes de localización (LQ, *location quotient*) para estimar el comercio regional. Existen distintos enfoques para calcular estos coeficientes y la técnica se ha ido complejizando conforme su aplicación. No obstante, hay una idea subyacente en el cálculo de los LQ propuesta por Jensen *et. al* (1979): los coeficientes regionales difieren de los nacionales por un factor de comercio regional. Lo que puede escribirse como $r_{ij}=lq_{ij}*a_{ij}$, donde r_{ij} es la cantidad regional del input i que se necesita para producir una unidad del producto j , lq_{ij} es el factor de comercio regional y a_{ij} es la cantidad nacional del input i que se necesita para producir una unidad del producto j .

La manera de relacionar los coeficientes regionales con los nacionales permite imponer dos restricciones a su factor de comercio (Jensen *et. al*, 1979). Si la región es exportadora neta, no necesita comprar insumos fuera de su territorio, el coeficiente de localización es mayor a 1 y, por lo tanto, el coeficiente regional es idéntico al nacional. Por el contrario, si la región es importadora neta el coeficiente es menor a 1, entonces el coeficiente regional es una proporción del coeficiente nacional (Romero & Mastronardi, 2012). Es decir: $r_{ij} = a_{ij}$ si $lq_{ij} > 1$ (región exportadora neta) y $r_{ij}=lq_{ij}*a_{ij}$ si $lq_{ij} \leq 1$ (región importadora neta).

Tal como se menciona en Romero & Mastronardi (2012), a pesar de la generalización del uso de los coeficientes de localización, es necesario recordar los supuestos por detrás: patrones de consumo nacional y regional iguales, combinación de productos nacionales y regionales idénticas e idénticas funciones de producción. En este sentido, Lamonica y Chelli (2017) destacan que suponer que la región y el país tienen la misma tecnología productiva es un supuesto generalizado. Si LQ es mayor a uno, el sector regional es más especializado que el sector nacional; y viceversa. Ante este hecho, surgieron extensiones que abordan el problema de la regionalización con técnicas no tan restrictivas, como FLQ, SLQ, CILQ, AFLQ; sin embargo, no existe un consenso sobre cuál es la mejor alternativa.

5 Construcción de una MCS regional

En este trabajo se llevó a cabo una regionalización de la MCS de Argentina para el año 2018 construida por Mercatante (2024). La matriz original se agregó en seis sectores de interés:

- Primario (PRIM)
- Industria (IND)
- Electricidad de generación térmica (GTER)
- Electricidad de generación no térmica (GNTER)

- Transporte y distribución de electricidad (TyDE)
- Servicios y resto de actividades (SERV)

Esta agregación puede modificarse para evaluar los impactos en sectores particulares, así como también la evaluación de otras políticas en otros sectores o actividades productivas.

La estrategia de regionalización buscó distribuir las variables nacionales en dos regiones: una parte correspondiente a la CABA y la otra al resto del país. Se tomaron distintos enfoques según variable e información disponible. Para valor bruto de producción, valor agregado y consumo intermedio y se utilizaron los datos de Producto Bruto Geográfico (PBG) de la CABA, elaborados por la Dirección General de Estadística y Censos del Ministerio de Hacienda y Finanzas del GCBA), y el Producto Bruto Interno, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

Los coeficientes regionales para desagregar el consumo de los hogares se calcularon sobre la base de la Encuesta Nacional de Gasto de los Hogares de 2017/2018 (ENGHO) del INDEC. Se clasificaron, cuando fue posible, los gastos de los hogares según los sectores de este trabajo y luego se calcularon los pesos relativos de esos gastos en el total del país; para aquellos sectores en donde no existe una correspondencia directa se tomaron promedios.

En el caso del consumo público, fue necesario realizar una compatibilización entre la cuenta Ahorro Inversión Financiamiento (A-I-F) del sector público consolidado elaborada por la Oficina Nacional de Presupuesto (ONP) y la cuenta A-I-F de la CABA, Ministerio Hacienda y Finanzas.

Para la inversión privada, por falta de información disponible a nivel regional, se estimó la inversión privada de la CABA según la participación de la formación bruta de capital fijo en la composición de la demanda global nacional. Para la inversión pública se calculó la participación de la CABA en la Inversión Real Directa utilizando las cuentas de A-I-F tanto del sector público consolidado y la ciudad.

Por último, para los coeficientes de regionalización del resto mundo fue necesario estimar el total de exportaciones de bienes y servicios de CABA. En el caso de las exportaciones de bienes, se obtuvo el dato a partir del origen provincial de las exportaciones (INDEC) y una compatibilización realizada entre los sectores de este trabajo y los grandes rubros. Por su parte, las exportaciones de servicios de CABA resultan de un trabajo de la Dirección General de Estadística y Censos de la CABA.¹⁶

Una vez abierta la MCS entre ambos sectores se le aplica el método RAS para asegurar consistencia y balanceo de la matriz final. Se contrastan los resultados obtenidos con aquellos obtenidos en Mastronardi y Romero (2012) y se encuentra que la matriz de Leontief toma valores similares.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la macro MCS para Argentina en 2018 y en la Tabla 4 la matriz regionalizada con la CABA por un lado y el resto del país por el otro.

¹⁶ “Cálculo de exportaciones de servicios de la Ciudad de Buenos Aires. Años 2015/2021”. Disponible en https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2021/12/ir_2021_1620.pdf

Tabla 3. Macro MCS, Argentina, en miles de millones de pesos corrientes, 2018.

	Actividades	Bienes	Factores	Familias	Gobierno+ Inversión Pública	Inversión privada	RM	Total
Actividades		20,699						20,699
Bienes	9,896			10,106	2,645	1,315	2,088	26,051
Factores	10,803							10,803
Familias			10,239		2,089			12,328
Gobierno		3,848	78	61		40		4,026
Inversión				1,934				1,934
RM		1,504	486	227	-708	579	775	2,863
Total	20,699	26,051	10,803	12,328	4,026	1,934	2,863	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de MERCATANTE (2024)

Tabla 4. Matriz insumo producto regional, CABA y resto del país, en millones de pesos corrientes, 2018.

	PRIM	IND	GTER	GNTER	TyDE	SERV	PRIM	IND	GTER	GNTER	TyDE	SERV
PRIM	2	3,514	15	-	0	5,598	-	-	6,834	-	0	-
IND	23	13,646	12	-	1	227,890	-	-	5,634	833	304	-
GTER	-	-	-	-	-	-	573	2,108	-	-	22,598	9,493
GNTER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TyDE	3	198	1	-	14	1,847	8,182	9,270	509	19	3,257	13,963
SERV	31	11,002	5	-	3	538,801	71,606	140,888	2,366	410	639	460,869
PRIM	10	16,501	116	-	0	8,106	246,788	1,120,066	54,474	-	1	211,353
IND	16	9,008	47	-	5	174,331	356,146	998,809	22,290	3,297	1,203	1,294,084
GTER	1	206	-	-	-	5,744	2,623	9,645	-	-	103,381	43,430
GNTER	1	115	-	-	-	3,211	1,467	5,393	-	-	16,501	24,282
TyDE	13	763	4	-	54	7,103	31,474	35,657	1,959	73	12,526	53,708
SERV	13	373	42	-	23	129,015	428,175	771,287	19,688	3,410	5,318	2,100,003

Fuente: Elaboración propia sobre la base de MERCATANTE (2024)

La matriz insumo producto regionalizada evidencia una estructura esperable. La CABA se caracteriza por una fuerte especialización en la provisión de servicios.

6 Simulaciones

Uno de los desafíos es la simulación de la acción ambiental a investigar. El PAC no es claro sobre la forma en que se pretende lograr las metas. Por lo tanto, es necesario definir algún mecanismo para su implementación. Actualmente, la ciudad cuenta con descuentos del impuesto de ABL (Alumbrado, Barrido y Limpieza) para establecimientos que acrediten una reducción del consumo energético de más de 5%; y préstamos con tasas blandas, Préstamos Verdes, orientado a microempresas y PyMEs. Siguiendo esta línea, en los escenarios simulados los hogares financian la instalación de paneles solares de manera conjunta con un subsidio del estado local. En términos del modelo, esto se traduce en una caída de la demanda final de electricidad de los hogares que mantiene la misma estructura de consumo que en la situación inicial. Se supone que el estado de CABA colabora con hasta un 15% del costo de instalación de los paneles.

El cálculo del costo total de la política requirió estimar un costo promedio de instalación de paneles por techo, la cantidad de techos con aprovechamiento solar, y la cantidad de hogares alcanzados con ese aprovechamiento. El costo de los paneles varía según características y ubicación del edificio, disponibilidad de la red y otros factores. Un

relevamiento en webs de expertos, páginas especializadas¹⁷ y diarios¹⁸ ubican a la inversión inicial entre US\$5.000 y US\$12.000. Por lo tanto, se consideró, en primer lugar, el promedio de este rango para la instalación.

En segundo lugar, para obtener la cantidad de techos con aprovechamiento solar se utilizó la información del Relevamiento de Usos del Suelo de la Ciudad de Buenos Aires¹⁹, del año 2013. Según este informe, la CABA cuenta con poco más de 273 mil edificios, de los cuales 96% se corresponden con edificios residenciales (mixtura de uso residencial con otras actividades). Teniendo en cuenta que el PAC 2050 busca lograr que el 30% de los techos residenciales tenga aprovechamiento solar y la cantidad de viviendas por edificios de la Ciudad y hogares por vivienda, datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2022; se calculó un escenario de máxima donde se alcanza al 45% de los hogares. No obstante, al representar un porcentaje elevado para el grado de ejecución actual y al no tener la oportunidad de discriminar el número entre deciles de ingreso, suponiendo que los deciles de mayores ingresos son más proclives a realizar este tipo de inversiones, en las simulaciones se utilizó un rango de hogares alcanzados. En el escenario de mínima se logra una cobertura del 10% de los hogares mientras que en el de máxima se cubre al 30%; los escenarios intermedios asumen una cobertura de 15% y 20%.

Del punto de vista del costo, se asume que la CABA financia el 15% del costo de implementación, que variará de acuerdo con la cantidad de hogares alcanzados por la política. Independientemente del mecanismo elegido, puede ser mediante descuentos de ABL o préstamos con tasa subsidiada, por ejemplo, se supone que existe una caída de la recaudación y un redireccionamiento del gasto público de la CABA.

Desde la perspectiva de los beneficios, se supone un rango de penetración de la política, en términos de hogares alcanzados de 10%, 15%, 20% y 30%; y una caída del precio de la electricidad que varía en 3%, 5% y 10%. Gelabert *et al.* (2011), un estudio ex post del impacto de la inclusión de energía de fuentes renovables en España, estima una caída de 4% del precio promedio de la electricidad. En línea también se encuentran Bushnell y Novan (2021) que hablan de una caída del precio sustancial analizando el mercado eléctrico de California y Csereklyei (2010) que destaca que existen numerosos estudios que muestran que el uso intermitente de energía de fuentes renovables reduce el precio mayorista. Por último, se supone que la elasticidad precio es -0,5. De acuerdo con la revisión de los estudios empíricos sobre la elasticidad precio de la electricidad realizada por Labandeira *et al.* (2016), esta se ubica en promedio en 0,6 para la Unión Europea y 0,7 para España, y 0,85 la de largo plazo a nivel mundial. En Chile, Agostini *et al.* (2011) calcularon una elasticidad de -0,4 para el consumo residencial.

¹⁷ Energía Online, portal informativo sobre energía, www.energiaonline.com.ar; Endesa S.A. Empresa Nacional de Electricidad, España, www.endesa.com; Fábrica de Implementos Agrícolas S.A, Argentina, www.fiasa.com.ar.

¹⁸ Por ejemplo: Diario Perfil (enero de 2023) <https://www.perfil.com/noticias/economia/cuanto-dinero-se-necesita-para-instalar-paneles-solares-en-un-hogar.phtml> y La Nación (enero de 2024) <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/dia-de-la-energia-limpia-cuanto-cuesta-colocar-paneles-solares-en-casa-nid24012024/>

¹⁹ Disponible en: <https://buenosaires.gob.ar/publicaciones-de-informacion-territorial/relevamiento-de-usos-del-suelo>

En resumen, los escenarios simulados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Definición de escenarios de simulación

		Hogares alcanzados			
		10%	15%	20%	30%
Var. precio energía	-3%	Esc12	Esc9	Esc6	Esc3
	-5%	Esc11	Esc8	Esc5	Esc2
	-10%	Esc10	Esc7	Esc4	Esc1

Fuente: Elaboración propia

Se asumió que toda la inversión se realiza en el periodo $t = 0$, y los beneficios se observan en un horizonte temporal de hasta $t = 12$ (de 2018 a 2030).

Por un lado, se estimaron los escenarios de inversión; y, por el otro, los escenarios operativos con los paneles en funcionamiento. Los escenarios de inversión varían según el costo total de implementación que depende de los hogares alcanzados. Los escenarios operativos difieren entre sí según cantidad de hogares alcanzados y caída de los precios de electricidad. De esta manera, se calcularon los beneficios netos resultantes como la diferencia entre ambos tipos a lo largo del periodo bajo análisis. Para calcular los valores presentes se asumió una tasa de interés de 5% anual.

A continuación, se presentan los resultados de las simulaciones. En la Tabla 6, el beneficio neto del país de la instalación de paneles solares en términos del valor bruto de producción (VBP), valor agregado (VA) y recaudación como porcentaje del PIB de Argentina del año 2018. En la Tabla 7, el beneficio neto de la instalación de paneles solares solamente de la CABA como porcentaje del PBG de CABA de 2018.

Tabla 6. Beneficio neto ARG de la instalación de paneles solares en CABA, porcentaje del PIB Argentina, 2018.

		hogares alcanzados				
		VBP	10%	15%	20%	30%
var p energía	-3%	1.65%	2.47%	3.28%	4.91%	
	-5%	1.67%	2.48%	3.29%	4.92%	
	-10%	1.70%	2.51%	3.33%	4.95%	

		hogares alcanzados				
		VA	10%	15%	20%	30%
var p energía	-3%	0.74%	1.10%	1.47%	2.21%	
	-5%	0.74%	1.11%	1.47%	2.21%	
	-10%	0.74%	1.11%	1.47%	2.21%	

		hogares alcanzados				
		Recaudación	10%	15%	20%	30%
var p energía	-3%	0.10%	0.16%	0.21%	0.31%	
	-5%	0.10%	0.16%	0.21%	0.31%	
	-10%	0.10%	0.16%	0.21%	0.31%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Beneficio neto CABA de la instalación de paneles solares en CABA, porcentaje del PBG de CABA, 2018.

		hogares alcanzados				
		VBP	10%	15%	20%	30%
var p energía	-3%	0,83%	1,17%	1,52%	2,21%	
	-5%	0,91%	1,25%	1,59%	2,28%	
	-10%	1,11%	1,44%	1,77%	2,43%	

		hogares alcanzados				
		VA	10%	15%	20%	30%
var p energía	-3%	0,83%	1,24%	1,65%	2,47%	
	-5%	0,84%	1,25%	1,66%	2,48%	
	-10%	0,85%	1,26%	1,67%	2,49%	

		hogares alcanzados				
		Recaudación	10%	15%	20%	30%
var p energía	-3%	0,14%	0,21%	0,28%	0,42%	
	-5%	0,14%	0,21%	0,28%	0,42%	
	-10%	0,14%	0,21%	0,28%	0,42%	

Fuente: Elaboración propia

La política de aprovechamiento solar de los techos residenciales genera un efecto positivo, no solo en CABA sino también en el resto del país. En términos de VBP, el impacto positivo total toma un valor máximo de 5% del PIB y un valor mínimo de 1,65%. En términos del VA, el impacto máximo se ubica en 2,21% del PIB y el mínimo en 0,74%. Esto se debe a la caída del precio de la electricidad que es generada por la caída del consumo en CABA pero que repercute en todo el país como un efecto derrame. En el impacto propiamente regional (Tabla 7), el beneficio neto en términos del VBP alcanza en el mejor escenario 2,43% del PBG y 0,83% en el escenario de mínima.

Respecto de la recaudación, ningún escenario genera un impacto negativo dado que la recaudación se ve favorecida por el aumento en la actividad económica y compensa el costo fiscal del subsidio a la política ambiental.

Una mirada hacia el detalle de los sectores arroja que el autoconsumo y la posible inyección de energía en la red genera una caída en la producción como en el valor agregado del sector TyDE, pero que contrarrestado por el aumento del resto de los sectores, como IND y SERV de CABA y del resto del país, Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Beneficio neto del valor bruto de producción por sector, en porcentaje del PIB

VBP		Hogares alcanzados			
		10%	15%	20%	30%
delta p = 3%	PRIM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	IND	0,05%	0,07%	0,10%	0,14%
	GTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	TyDE	-0,14%	-0,22%	-0,30%	-0,47%
	SERV	0,24%	0,36%	0,48%	0,71%
	PRIM	0,17%	0,26%	0,35%	0,52%
	IND	0,48%	0,72%	0,96%	1,43%
	GTER	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%
	GENTER	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%
	TyDE	0,01%	0,01%	0,02%	0,03%
	SERV	0,83%	1,25%	1,66%	2,49%
delta p = 5%	PRIM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	IND	0,05%	0,07%	0,10%	0,14%
	GTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	TyDE	-0,12%	-0,21%	-0,29%	-0,45%
	SERV	0,24%	0,36%	0,48%	0,71%
	PRIM	0,17%	0,26%	0,35%	0,52%
	IND	0,48%	0,72%	0,96%	1,43%
	GTER	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%
	GENTER	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%
	TyDE	0,01%	0,01%	0,02%	0,03%
	SERV	0,83%	1,25%	1,66%	2,49%
delta p = 10%	PRIM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	IND	0,05%	0,07%	0,10%	0,14%
	GTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	TyDE	-0,09%	-0,17%	-0,26%	-0,43%
	SERV	0,24%	0,36%	0,48%	0,71%
	PRIM	0,17%	0,26%	0,35%	0,52%
	IND	0,48%	0,72%	0,96%	1,43%
	GTER	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%
	GENTER	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%
	TyDE	0,01%	0,01%	0,02%	0,03%
	SERV	0,83%	1,25%	1,66%	2,49%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Beneficio neto del valor agregado por sector, en porcentaje del PIB

VA		Hogares alcanzados				
		10%	15%	20%	30%	
delta p = 3%	PRIM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	IND	0,02%	0,02%	0,03%	0,05%	
	GTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	TyDE	-0,01%	-0,02%	-0,02%	-0,03%	
	SERV	0,14%	0,22%	0,29%	0,43%	
	PRIM	0,07%	0,11%	0,14%	0,21%	
	IND	0,11%	0,16%	0,21%	0,32%	
	GTER	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	
	TyDE	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	
	SERV	0,40%	0,60%	0,80%	1,20%	
	delta p = 5%	PRIM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		IND	0,02%	0,02%	0,03%	0,05%
GTER		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
GENTER		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
TyDE		-0,01%	-0,01%	-0,02%	-0,03%	
SERV		0,14%	0,22%	0,29%	0,43%	
PRIM		0,07%	0,11%	0,14%	0,21%	
IND		0,11%	0,16%	0,21%	0,32%	
GTER		0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	
GENTER		0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	
TyDE		0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	
SERV		0,40%	0,60%	0,80%	1,20%	
delta p = 10%		PRIM	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		IND	0,02%	0,02%	0,03%	0,05%
	GTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	TyDE	-0,01%	-0,01%	-0,02%	-0,03%	
	SERV	0,14%	0,22%	0,29%	0,43%	
	PRIM	0,07%	0,11%	0,14%	0,21%	
	IND	0,11%	0,16%	0,21%	0,32%	
	GTER	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	
	GENTER	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	
	TyDE	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	
	SERV	0,40%	0,60%	0,80%	1,20%	

Fuente: Elaboración propia

7 Conclusiones

Este trabajo se propuso evaluar el impacto económico de una medida energético-ambiental en la CABA. Para ello se desarrolló una Matriz de Contabilidad Social bi-regional de Argentina para 2018, distinguiendo la CABA del resto del país, y con una apertura sectorial detallada para el sector energético con el fin de simular esta medida de política ambiental urbana en el marco de un modelo insumo-producto regional. Se diseñó una serie de escenarios donde el aprovechamiento solar de los techos residenciales alcanzaba

entre 30% y 10% de los hogares, se supuso una merma del precio de la electricidad entre 3% y 10% por la menor demanda eléctrica. Los resultados arrojaron que esta medida ambiental de índole local impacta de forma positiva en la CABA como en el resto del país dada la caída en el precio de la electricidad que favorece al entramado productivo al nivel nacional, y por los efectos indirectos generados por el aumento de la actividad. Además, no tendría un efecto negativo respecto de la recaudación por los efectos indirectos mencionados.

La contribución a la literatura es brindar una metodología integral para determinar los impactos económicos de diferentes políticas ambientales que abarcan distintos sectores puesto que suelen ser políticas transversales. Dada la característica multisectorial de una MCS es factible analizar distintos sectores con modificaciones en los supuestos e información adicional lo que brinda flexibilidad para futuras extensiones.

En efecto, posibles extensiones a este trabajo podrían estar orientadas a ampliar las variables de análisis (puestos de trabajo distinguiendo verde y no verdes; emisiones de GEI urbanas) y escenarios de estudio de otras medidas ambientales urbanas en la CABA con el fin de mejorar su sustentabilidad ambiental. En particular, la inclusión de una cuenta satélite de emisiones de GEI urbanas permitiría evaluar un posible efecto rebote. Esto es, gracias a la generación de energía solar bajarían las emisiones, pero la baja del precio de la electricidad podría incentivar a utilizar más energía de fuentes térmicas o convencionales, y que esta mayor producción (efecto escala) termine socavando la baja inicial de emisiones. Considerando las metas de emisiones comprometidas tanto por el gobierno nacional como por el gobierno porteño, considerar el efecto neto de las emisiones se vuelve relevante en el futuro cercano.

8 Referencias

- Agostini, C., Plottier, M. C., & Saavedra, E. (2012). La demanda residencial por energía eléctrica en Chile. *Economía chilena*, 15(3), 64-83.
- Bulkeley, H. (2010). Cities and the governing of climate change. *Annual review of environment and resources*, 35, 229-253.
- Bacharach, M. (1970). "Biproportional Matrices and Input-Output Change". Cambridge, Cambridge University Press.
- Bushnell, J., & Novan, K. (2021). Setting with the Sun: The impacts of renewable energy on conventional generation. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 8(4), 759-796.
- Cetrángolo, O. y Fonteñez, B. (2022). "Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en la Argentina: política fiscal ambiental", Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/220), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Chisari, O. O., Ramos, M. P., y León, S. (2019). Crimen y configuración urbana: una evaluación de precios de propiedades y bienestar en equilibrio general para la ciudad de Buenos Aires. *El trimestre económico*, 86(342), 437-466.

- Csereklyei, Z., Qu, S., & Ancev, T. (2019). The effect of wind and solar power generation on wholesale electricity prices in Australia. *Energy Policy*, 131, 358-369.
- EMBER (2022), Global Electricity Review. Disponible en: <https://ember-climate.org/app/uploads/2022/03/Report-GER22.pdf>
- de Carvalho, A. L., Antunes, C. H., Freire, F., & Henriques, C. O. (2015). A hybrid input-output multi-objective model to assess economic-energy-environment trade-offs in Brazil. *Energy*, 82, 769-785.
- Flegg, A. T., Webber, C., y Elliott, M. (1995). On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables. *Regional studies*, 29(6), 547-561.
- Flegg, A. T. y Webber, C. D. (1997). On the appropriate use of location quotients in generating regional Input-Output tables: Reply. University of the West of England, Bristol.
- Flegg A. T. y Webber, C. D. (2000). Regional size, regional specialization and the FLQ formula. University of the West of England, Bristol.
- Flegg, A. & Tohmo, T. (2013). Regional input-output tables and the FLQ formula: A case study of Finland. *Regional Studies*, 47(5), 703-721
- Flegg, A., Mastronardi, L., y Romero, C. (2015). Evaluating the FLQ and AFLQ formulae for estimating regional input coefficients: empirical evidence for the province of Córdoba, Argentina. *Economic Systems Research*, 28(1), 21-37.
- Flores, N. A. F. (2002). *Matrices de insumo-producto de los estados fronterizos del norte de México*. Plaza y Valdes.
- Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling*, 61, 439-447.
- Gelabert, L., Labandeira, X., & Linares, P. (2011). An ex-post analysis of the effect of renewables and cogeneration on Spanish electricity prices. *Energy economics*, 33, S59-S65.
- Gil, S., & Dutt, G. (2015). Energía, Panorama global. *Población*, 10, 10.
- Gordon, D. J., & Johnson, C. A. (2018). City-networks, global climate governance, and the road to 1.5 C. *Current opinion in environmental sustainability*, 30, 35-41.
- Gürtler, M., & Paulsen, T. (2018). The effect of wind and solar power forecasts on day-ahead and intraday electricity prices in Germany. *Energy Economics*, 75, 150-162.
- Jacquet, M., & Ojeda, M. L. (2019). Emisiones de PM₁₀ y Externalidades sobre la Salud en la Ciudad de Buenos Aires: un enfoque de Equilibrio General Computado (No. 4181). Asociación Argentina de Economía Política.
- Kowalewski, J. (2015). Regionalization of national input-output tables: Empirical evidence on the use of the FLQ formula. *Regional Studies*, 49, 240-250.
- Labandeira, X., Labeaga, J. M., & López-Otero, X. (2016). Un metaanálisis sobre la elasticidad precio de la demanda de energía en España y la Unión Europea. *Papeles de Energía*, 2, 65-93.

- Lampiris, G., Karelakis, C. y Loizou, E.. (2020). Comparison of non-survey techniques for constructing regional input–output tables. *Annals of Operations Research*, 294(1-2), 225-266.
- Lampiris, G., Karelakis, C., & Loizou, E. (2018). Evaluation of the impacts of CAP policy measures on a local economy: The case of a Greek region. *Land Use Policy*, 77, 745–751.
- Lan, H., Gou, Z., & Liu, T. (2021). Residential solar panel adoption in Australia: spatial distribution and socioeconomic factors. *Australian Geographer*, 52(3), 315-332.
- Lee, M., Hong, T., Koo, C., & Kim, C. J. (2018). A break-even analysis and impact analysis of residential solar photovoltaic systems considering state solar incentives. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(2), 358-382.
- Llop, M., & Pié, L. (2008). Input–output analysis of alternative policies implemented on the energy activities: an application for Catalonia. *Energy policy*, 36(5), 1642-1648.
- Lowder, T., Zhou, E., y Tian, T. (2017). *Evolving Distributed Generation Support Mechanisms: Case Studies from United States, Germany, United Kingdom, and Australia* (No. NREL/TP-6A20-67613). National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States).
- Mastronardi, L. J., Romero, C. A., y González, S. N. (2022). Interregional analysis using a bi-regional input-output matrix for Argentina. *Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research* 2022/2(53), 135-156. <https://doi.org/10.38191/iirr-jorr.22.014>
- Mardones, C., & Andaur, C. (2024). Evaluating carbon taxes in Argentina based on the demand for GHG-intensive goods and an input-output approach. *Sustainable Production and Consumption*, 46, 418-429.
- Mercatante, Juan Ignacio (2024). What are the Costs of Rigidity? A General Equilibrium Study of the Fuel Market in Argentina. *Energy Economics* (submitted in April). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4816511> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4816511>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press.
- Morrissey, K., & O'Donoghue, C. (2013). The role of the marine sector in the Irish national economy: An input–output analysis. *Marine Policy*, 37, 230–238.
- Morrissey, K. (2016). A location quotient approach to producing regional production multipliers for the Irish economy. *Papers in Regional Science*, 95(3), 491–506.
- Nogar, A. G., Clementi, L. V., & Decunto, E. V. (2021). Argentina en el contexto de crisis y transición energética. *Revista Universitaria de Geografía*, 30(1), 107-131.
- Psaltopoulos, D., y Balamou, E. (2005). Modelling the effects of trade policy scenarios on multifunctionality in Greek agriculture: A social accounting matrix approach European network of agricultural and rural policy. Research Institutes Enarpri, Working paper 14.

- Pyatt, G. & Round, J. I. (1985). Social accounting matrices: A basis for planning (No. 9950, p. 1). The World Bank.
- Rodríguez-Serrano, I., Caldés, N., De la Rúa, C., Lechón, Y., & Garrido, A. (2016). Socioeconomic, environmental and social impacts of a concentrated solar power energy project in Northern Chile. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 1, 5.
- Roberts, M., & Mukim, M. (Eds.). (2023). *Thriving: Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate*. World Bank Publications.
- Romero, C. A., & Mastronardi, L. J. (2012). Estimación de matrices de insumo producto regionales mediante métodos indirectos. Una aplicación para la ciudad de Buenos Aires. MPRA Paper, 37006.
- Shahsavari, A., y Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 275-291.
- Stoeckl, N. (2012). Comparing multipliers from survey and non-survey based io models: An empirical investigation from Northern Australia. *International Regional Science Review*, 35(4), 367–388.
- Tapia, M., Ramos, L., Heinemann, D., & Zondervan, E. (2023). Power to the city: Assessing the rooftop solar photovoltaic potential in multiple cities of Ecuador. *Physical Sciences Reviews*, 8(9), 2285-2319.
- Vasconcellos, H. A. S., & Couto, L. C. (2021). Estimation of socioeconomic impacts of wind power projects in Brazil's Northeast region using Interregional Input-Output Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111376.