

# noésis

REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

VOLUMEN 33 | NÚMERO 65

enero-junio 2024



# nóesis

REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ  
Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades  
del Instituto de Ciencias Sociales y Administración

Juan Ignacio Camargo Nassar  
*Rector*

Santos Alonso Morales Muñoz  
*Director del Instituto de Ciencias  
Sociales y Administración*

Jesús Meza Vega  
*Director General de Comunicación  
Universitaria*

Isaac Sánchez-Juárez  
*Director Editorial*

Mayela Rodríguez Ríos  
*Asistente Editorial*

Sarai Vidaña Morales  
*Diseño Editorial*

Fernando Alfonso Olea Luna  
*Soporte técnico*

## Comité Editorial:

Dra. Myrna Limas Hernández  
Dr. Carlos Jesús González Macías  
Dr. José de Jesús Cortés Vera

## Consejo Editorial Internacional:

Dr. Henry Mora Jiménez  
*Universidad Nacional de Costa Rica / Costa Rica*  
ECONOMÍA

Dr. Eduardo Restrepo  
*Universidad El Salvador / Colombia*  
ANTROPOLOGÍA

Dra. Mora González Canosa  
*Universidad Nacional de Plata / Argentina*  
CIENCIAS SOCIALES

Dra. María Angélica Cruz Contreras  
*Universidad de Valparaíso / Chile*  
SOCIOLOGÍA

Dra. Alejandra López Gómez  
*Universidad de la República / Uruguay*  
PSICOLOGÍA

nóesis

Volumen 33, número 65, enero-junio 2024, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Sociales y Administración de la UACJ. Avenida Universidad y H. Colegio Militar (zona Chamizal) s/n. C.P. 32300 Ciudad Juárez, Chihuahua.

Para correspondencia referente a la revista,  
comunicarse al teléfono:  
(656) 688-21-00 ext. 3797;  
o bien escribir a los siguientes correos electrónicos:  
noesis@uacj.mx y/o mayrodr@uacj.mx.

Editor responsable | Dr. Isaac Sánchez-Juárez

E-ISSN: 2395-8669

© UACJ

Nóesis: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades/Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Sociales y Administración, núm. 1, vol. 1 (noviembre, 1988). Ciudad Juárez, Chih: UACJ, 1988. Semestral

Descripción basada en: núm. 19, vol. 9 (julio/diciembre, 1997) Publicada anteriormente como: Revista de la Dirección General de Investigación y Posgrado. ISSN: E-ISSN: 2395-8669 P-ISSN: 0188-9834

1. Ciencias Sociales-Publicaciones periódicas
  2. Ciencias Sociales-México-Publicaciones periódicas
  3. Humanidades-Publicaciones periódicas
  4. Humanidades-México-Publicaciones periódicas
- H8.S6. N64 1997  
300.05. N64 1997



REVISTA VISIBLE EN:

Web of Science Emerging Sources Citation  
Index, Redalyc, Scielo México, DOAJ y Dialnet.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo  
Núm. 04-2022-090513232100-102

# CONTENIDO

- 4** Segregación socioespacial a los bienes socioambientales de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, México
- Carlos Alejandro Custodio Glez.
  - Tania Ortiz Salazar
  - Patricia Medina Pérez
- 22** “Nosotros en la tierrita tenemos esperanza”: defensa del territorio contra la minería en Ixtacamaxtitlán, Puebla
- Verónica Vázquez García
  - Esteban Martínez Vásquez
- 47** La violencia de pareja y su relación con el ingreso laboral
- Yei Javier Zepeda Hernández
  - Alma Sofía Santillán Hernández
- 66** Una historia trans sexenal de dispendio de recursos sociales: El Tren Interurbano México-Toluca
- Rubén Chavarín Rodríguez
- 89** Medición de impactos socioeconómicos en estudios ambientales: Una aproximación metodológica
- Luis Amado Sánchez-Alcalde
  - Manuel A. Zambrano Monserrate
  - Ana Elena González Guzmán
- 106** Efectos del crecimiento económico en las emisiones de CO2 en América del Norte
- David Mendoza Tinoco
  - Lilian Albornoz Mendoza
  - Alfonso Mercado García

# Segregación socioespacial a los bienes socioambientales de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, México

## Socio-spatial segregation of socio-environmental assets of public green spaces in the city of Durango, Mexico


Carlos Alejandro Custodio González<sup>1</sup>, Tania Ortiz Salazar<sup>2</sup> y Patricia Medina Pérez<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 13 de septiembre del 2023

Fecha de aceptación: 27 de octubre del 2023

1 Nacionalidad: mexicana, Adscripción: IPN CIIDIR Unidad Durango  ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9683-3864>  
Correo: [carloscustodio@sociales.unam.mx](mailto:carloscustodio@sociales.unam.mx)

2 Nacionalidad: mexicana, Adscripción: Cusal Consultores  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0282-5482> Correo: [taniamaggie2@gmail.com](mailto:taniamaggie2@gmail.com)

3 Nacionalidad: mexicana, Adscripción: <https://orcid.org/0000-0002-2098-6570>  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2098-6570> Correo: [pmedina@elcolegiodehidalgo.edu.mx](mailto:pmedina@elcolegiodehidalgo.edu.mx)



Clasificada como  
competente internacional  
por Conahcyt



LICENCIA:  
Esta obra está bajo una licencia de Creative  
Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



## Resumen

La lógica de acumulación del actual modelo de desarrollo ha favorecido la aparición y consolidación de procesos sociales de expresión espacial, como la segregación. Este fenómeno describe la disponibilidad y el acceso diferenciado a los bienes y servicios urbanos entre grupos sociales debido a su condición social, étnica o socioeconómica, lo que influye en niveles de empleo, desempeño educativo, deterioro urbanístico y degradación ambiental. En este contexto, el objetivo del artículo fue analizar la segregación socioespacial en el acceso a los bienes socioambientales proporcionados por los espacios verdes públicos (EVP) en una ciudad de tamaño medio, como es el caso de la ciudad de Durango, México. El análisis se basó en el uso de métodos de análisis y estadística espacial que involucraron cinco variables asociadas con los EVP: superficie, porcentaje, número, densidad y nivel socioeconómico de la población. A través de estas variables, se identificó un patrón espacial de segregación que se manifestó en cuatro agrupaciones que influyen en la forma en que se habita, se vive, se produce, se reproduce y se construye la ciudad de Durango.

**Palabras clave:** exclusión socioespacial, espacio público, autocorrelación espacial, patrones espaciales, justicia espacial.

## Abstract

The current development model's accumulation logic has resulted in the emergence and consolidation of social processes like segregation, leading to differentiated access and availability of urban goods and services among social groups based on socioeconomic, ethnic, or societal standing. The current development model's accumulation logic has resulted in the emergence and consolidation of social processes like segregation, leading to differentiated access and availability of urban goods and services among social groups based on socioeconomic, ethnic, or societal standing. This disparity impacts employment levels, educational performance, urban decay, and environmental degradation. In this context, the article aims to examine the socio-spatial segregation in the access to socio-environmental amenities provided by public green spaces (EVP) in a medium-sized city, specifically Durango, Mexico. The analysis utilizes spatial analysis and statistical methods that involve five variables associated with EVPs: surface area, percentage, number, density, and the socioeconomic level of the population. A spatial pattern of segregation was identified through these variables, resulting in four clusters that impact how the city of Durango is inhabited, produced, reproduced, lived, and constructed.

**Keywords:** sociospatial exclusion, public space, spatial autocorrelation, spatial patterns, spatial justice.

## Introducción

Una de las características distintivas del actual modelo de desarrollo es su dinámica de acumulación a través de procesos como la desposesión y la privatización (Manet, 2014; Calle Collado et al., 2017; Zapata Campos et al., 2021). Extendiéndose hacia distintos ámbitos y entornos de la existencia, desde tierras agrícolas, bosques, selvas, pesquerías, hasta los espacios urbanos (Caffentzis y Federeci, 2015). En las ciudades, el contexto capitalista global de urbanización ha propiciado la aparición e incremento de fenómenos socio-territoriales como: mercantilización y privatización del espacio público; expulsión de la clase obrera del centro de las ciudades; deterioro de los servicios públicos y precarización de las condiciones de vida; desigualdad y segregación socioespacial (Harvey, 2004; Capdevielle, 2018), los cuales han intensificado la degradación de la naturaleza, los servicios y bienes en los entornos urbanos.

En el caso particular de la segregación socioespacial, el fenómeno refleja la sobreposición del al menos tres procesos configuradores y transformadores de los territorios urbanos, 1) organización jerarquizada y rígida del espacio público (Catumba, 2016) por parte del Estado a través de la implementación de políticas urbanas; 2) fragmentación de la ciudad resultado de la dinámica de fraccionamiento del suelo y privatización del espacio público por parte del mercado inmobiliario y los agentes privados (Mayorga Henao y García García, 2019); 3) cercamiento socioespacial (Capdevielle, 2018) asociado con la exclusión social y diferenciación socioeconómica, que reduce las interacciones sociales cotidianas (relaciones y experiencias) en el espacio público, además de limitar el desarrollo y mantenimiento de prácticas colectivas, normas, hábitos, identidad compartida y sentido de pertenencia (Knibbe y Horstman, 2022).

Por consiguiente, la segregación socioespacial es un objeto de investigación recurrente en la interacción interdisciplinaria entre la sociología y la geografía. Una somera búsqueda bibliográfica arroja como resultado un total de 865 artículos en idioma inglés, publicados en Springer (239) y Wiley (626) durante los últimos cinco años (2018-2022). Por su parte, la producción académica en idioma español para el mismo periodo concentra un total de 416 artículos, 375 en RedALyC y 41 en SciELO. Para el caso de México, los estudios sobre segregación espacial se han caracterizado por, 1) ser mayoritariamente descriptivos; 2) centrados en las grandes urbes dejando de lado el interés por las ciudades medias y pequeñas; 3) no reconocer la confluencia entre las diferentes escalas geográficas en la descripción del fenómeno, ni los cambios históricos en el proceso de segregación de un territorio (Ruiz López et al, 2021); 4) incorporan de forma marginal la dimensión ambiental referida al aprovisionamiento y acceso desigual a los bienes y servicios ecosistémicos proporcionados por espacios públicos urbanos como las áreas verdes.

Desde esta panorámica, el interés académico sobre segregación socioespacial en México requiere explorar y profundizar desde una perspectiva metodológica y empírica, la relación entre el acceso a bienes y servicios ecosistémicos urbanos provistos por los espacios públicos, la disponibilidad y distribución espacial de estos y las características socioeconómicas de los habitantes de ciudades medias y pequeñas. Por dos razones, la primera se relaciona con las características estructurales y funcionales de las ciudades medias y pequeñas, concentran cerca del 45% de la población urbana del país; tiene un papel esencial en la economía local y regional pues fungen como puente de conexión de redes nacionales e internacionales de intercambio comercial; la dinámica productiva ha acelerado la construcción de viviendas para la clase trabajadora generando modificaciones socioterritoriales (Ruiz López et al, 2021, pp. 2) y presiones sobre el entorno natural.

La segunda razón se asocia con los enfoques de derecho a la ciudad y la justicia ambiental urbana, pues una de sus premisas es que la planificación, diseño y configuración espacial de las ciudades

han permitido, mediante la acción u omisión del Estado, la existencia de una doble exclusión hacia los grupos poblacionales más desfavorecidos: 1) la desigualdad socioeconómica que limita la satisfacción de necesidades básicas y su reproducción social; 2) el acceso inequitativo a los bienes y servicios ambientales, así como a la infraestructura, equipamiento y servicios urbanos asociado a estos, parques, jardines, espacios verdes públicos, recolección de residuos y tratamiento de agua (Tristán Rodríguez y Revuelta Vaquero, 2023, pp. 2).

Con base en estos argumentos, el artículo se propone analizar la segregación socioespacial en el acceso a los bienes y servicios ambientales proporcionados por los espacios verdes públicos en el contexto de una ciudad mediana, como es el caso de Durango, México. Para ello, además de esta introducción, el documento se desarrolla en cinco secciones. La primera explora los vínculos conceptuales entre segregación socioespacial y espacios verdes públicos. En la segunda se describe la metodología basada en técnicas de estadística espacial. La tercera presenta los resultados que evidencian la presencia de un proceso de segregación socioespacial con relación a los beneficios socioambientales proporcionados por los EVP en la ciudad de Durango, expresado en cuatro patrones espaciales. La cuarta sección discute las características estructurales de los espacios verdes públicos de la ciudad y los patrones espaciales de segregación identificados a partir de los métodos de análisis espacial. Finalmente, la quinta sección resalta las principales conclusiones.

## 1. Aproximación conceptual y antecedentes

El fenómeno de la segregación socioespacial y su estudio se han transformado a lo largo del tiempo, sin embargo, siempre ha estado ligado a los estudios sobre la ciudad. Remitiendo las primeras aproximaciones explicativas a la segunda mitad del siglo XIX, con el trabajo de John Snow sobre la distribución de enfermedades (Pérez-Campuzano, 2011). Posterior a ello, durante la segunda década del siglo XX, la escuela de Chicago (Ruíz López et al., 2021) incorporó un enfoque metodológico de carácter cuantitativo al estudio de la segregación socioespacial a partir del análisis de la distribución de las características socioeconómicas en la población. En los años recientes, el interés por la segregación se ha centrado en asumirla como referencia empírica para describir los efectos del capitalismo global en la diferenciación urbana, consecuencia de la modificación del proceso productivo, del mercado de trabajo y las desigualdades socioeconómicas (Mundoli et al., 2017; López Martínez, 2018).

En torno a la segregación socioespacial confluyen múltiples conceptualizaciones; para Clichevsky (2000), la segregación se refiere a la diferenciación y distanciamiento de parte de la población urbana. Por su parte Schnell (2002), concibe a la segregación como la distribución desigual de grupos específicos en el espacio, aislados en términos sociales y habitacionales. De acuerdo con Garín et al. (2009), la segregación se puede entender como la separación espacial entre las áreas residenciales de grupos de altos y bajos ingresos en función de, calidad de la vivienda, acceso a servicios y equipamiento y las características del mercado laboral. Según Murillo et al. (2011), se habla de segregación socioespacial cuando ciertos segmentos de la población presentan dificultades para satisfacer sus necesidades básicas a partir de su exclusión en la provisión de servicios e infraestructura. Por su parte, Osuna Covarrubias y Calonge Reillo (2022) entienden a la segregación como la fragmentación en el espacio de familias o grupos sociales homogéneos, ya sea por condición étnica, origen migratorio o situación socioeconómica.

Las aproximaciones conceptuales antes expuestas comparten tres elementos teóricos, 1) el distanciamiento y aislamiento de grupos sociales en el espacio separa a la ciudad en unidades delimitadas, las cuales contiene una población homogénea que difiere de la que la rodea (Pérez-Campuzano, 2011);

2) el distanciamiento sigue patrones de localización vinculados a, segmentos sociales diferenciados por distribución del ingreso (Alegría, 1994); uso y valor del suelo, dónde, asentarse en las zonas centrales o consolidadas resulta inaccesible para las poblaciones más limitadas económicamente, obligándolas a ocupar sectores en la periferia (Ortiz, 2015), y distribución de la disponibilidad de equipamiento e infraestructura para el acceso de bienes y servicios urbanos (Mac Donald, 2011); 3) la distribución espacial de los factores físicos de la diferenciación social, calidad de vivienda, equipamiento e infraestructura, favorece la fragmentación del espacio público, limitando su función como escenario para la producción y reproducción de interacciones y experiencias entre grupos sociales heterogéneos, reduciendo el desarrollo de prácticas colectivas y comunitarias (Calle Collado et al., 2017).

En este contexto, el espacio público, funge un papel multifuncional en el desarrollo de la convivencia comunitaria, pues además de ser un escenario físico (contenedor), permite las manifestaciones de la vida urbana (soporte), convirtiéndose en componente fundamental para la organización de la vida colectiva, la representación social (Catumba, 2016) y el sentido de pertenencia (Knibbe & Horstman, 2022). La función del espacio público como contenedor se configura en torno a su dimensión física pues en él se localiza y distribuye la infraestructura y equipamiento urbano; a partir de los cuales se dota de servicios para el desarrollo de las actividades en la ciudad y las condiciones de vida de la población. Respecto a la función del espacio público como soporte, esta se relaciona con su dimensión social; sobre el espacio público se desarrollan interacciones sociales reflejadas en experiencias y relaciones (Catumba, 2016), dotándolo de significados, símbolos, prácticas y representaciones a escala individual y colectiva. Las funciones del espacio público de manera integrada generan bienes económicos, recreativos, relacionales, sociales y de pertenencia (Guadarrama Sánchez y Pichardo Martínez, 2021).

Sin embargo, numerosas investigaciones han mostrado que el espacio público y los atributos urbanos que contine, no se encuentran distribuidos de manera homogénea en la ciudad, lo que en muchas ocasiones limita el acceso equitativo entre los distintos grupos e individuos a los beneficios y derechos que genera (Mayorga Henao y García García, 2019). Es el caso de los espacios verdes públicos, estos se conciben como espacios constituidos por la combinación de elementos naturales y artificiales que se encuentra en una ciudad, integrados por, áreas naturales protegidas, áreas verdes, parques y jardines (Carmona-Ortega et al., 2022). Su importancia para la calidad de vida urbana (socioeconómica y ambiental) y el derecho a la ciudad radica en los múltiples beneficios socioambientales que ofrecen, mejoran la calidad del aire; ayudan a reducir los efectos de las islas de calor; participan en la captación del agua de lluvia para la recarga de los acuíferos; son empleados como lugares de recreación, activación física, salud mental y socialización; además de ser referentes de los vecindarios y comunidades (Martínez-Soto et al., 2016).

La distribución diferenciada de los espacios verdes públicos urbanos se ha asociado a procesos de desigualdad socioeconómica y espacial, consolidando y expandiendo fenómenos como la segregación socioespacial (Gómez y Velázquez, 2018), pues influye en la naturaleza, tipo y frecuencia de uso de una población (Shah & Garg, 2017), reduciendo el acceso y disponibilidad a los beneficios socioambientales que brindan este tipo de espacios públicos; convirtiéndose, en los años recientes, en objeto de estudio de interés para las ciencias sociales y geográficas. En el ámbito internacional los trabajos se han centrado en analizar la segregación socioespacial bajo el enfoque de los bienes comunes urbanos desde una perspectiva cualitativa. En este sentido, de Vries (2019) estudia la rehabilitación de un parque público en Sudáfrica, el estudio de caso entrelaza las tres formas de gestión de recursos, pública, privada y colectiva; propiciando la transformación del espacio público en un bien común, a partir de incrementar la interacción y las prácticas sociales.

Knibbe y Horstman (2022), examinaron las prácticas colectivas que surgen en torno a los espacios verdes públicos en zonas socioeconómicamente desfavorecidas y las dificultades burocráticas por parte de las autoridades locales de Maastricht (Países Bajos), para consolidar dichas prácticas. Por su parte Meroni & Seroni (2022), enfocan su estudio en la ciudad de Reggio Emilia (Italia) para analizar el co-diseño de los espacios verdes públicos involucrando a distintos actores locales, instituciones públicas, organizaciones privadas y colectivos ciudadanos, con el objetivo de incrementar el acceso y disponibilidad a estos espacios.

En el contexto latinoamericano, destacan bajo una perspectiva cuantitativa y centrada en ciudades grandes, los trabajos de Reyes-Päcke y Figueroa-Alducen (2010), Gómez y Velázquez (2018), así como de Mayorga Henao y García García (2019). Los primeros autores, centran su estudio en la ciudad de Santiago de Chile para describir la relación entre el tamaño y accesibilidad de los espacios verdes públicos, y el nivel socioeconómico, identificando la presencia de un patrón de distribución altamente concentrado en zonas de la ciudad habitada por población de mejores condiciones socioeconómicas. Por su parte, Gómez y Velázquez (2018), examinan la relación entre la distribución de los espacios verdes y la calidad de vida en la Ciudad de Santa Fe (Argentina), evidenciando que, la oferta, proximidad, superficie verde y densidad de espacios verdes públicos presenta un patrón decreciente en zonas más desfavorecidas. Finalmente, Mayorga Henao y García García (2019) exploran la relación entre la distribución de la población según su estatus socioeconómico y la accesibilidad al espacio público en Bogotá (Colombia), identificando la existencia de un vínculo entre las altas condiciones de vida y una mayor accesibilidad al espacio público.

En México, es importante mencionar los trabajos de Herrera Correa y Romo Aguilar (2021) y Carmona-Ortega et al. (2022), pues enfocan sus estudios en ciudades medias desde la perspectiva de la estadística espacial. Herrera Correa y Romo Aguilar (2021), exploran la relación entre la distribución de espacios verdes públicos y las características socioeconómicas de la población en la Ciudad Juárez (Chihuahua), evidenciando una alta concentración de espacios verdes públicos en zonas donde habita la población con mayores privilegios socioeconómicos. Mientras que Carmona-Ortega et al. (2022), evalúan la dotación y distribución de los espacios públicos verdes y su vínculo con el Índice de Marginación Urbana del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en la ciudad de Xalapa (Veracruz), identificando una tendencia de menor dotación de espacios verdes en las áreas urbanas con altos índices de marginación.

Con base en lo anterior, es posible postular que una de las características estructurales de las ciudades grandes y medias, en el contexto latinoamericano y mexicano, es la desigualdad en la distribución y disponibilidad de los espacios verdes públicos, favoreciendo la aparición y consolidación de segregación socioespacial respecto a los beneficios socioambientales que estas áreas contienen, reduciendo la posibilidad de convertirse en bienes comunes para la ciudad.

## 2. Metodología

Por su enfoque geoestadístico acorde con el análisis de la segregación socioespacial en el acceso a los bienes y servicios ambientales proporcionados por los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, México; se consideró como referencia empírica lo propuesto por Carmona-Ortega et al. (2022), el patrón de distribución de los espacios verdes y la relación entre su distribución con el nivel socioeconómico de la población. Por ello, la base metodológica tuvo una orientación cuantitativa integrada por cuatro fases, 1) obtención y procesamiento de información vectorial; 2) extracción de variables sobre

la estructura física de los espacios verdes públicos con base en los datos vectoriales; 3) análisis del patrón de distribución de los espacios verdes de la ciudad de Durango; 4) análisis estadístico-espacial de la relación entre la distribución de los espacios verdes con el nivel socioeconómico de la población mediante el uso en su forma numérica estandarizada del Índice de Marginación Urbana de CONAPO, México para el 2020.

La información vectorial de las áreas geoestadísticas básicas (AGEB's) provino del marco geoestadístico 2020, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Respecto a los espacios verdes, la información fue proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango. La cual fue depurada, procesada, digitalizada y representada espacialmente, a través de ArcGIS en su versión 10.8 de la empresa ESRI. Con base en los datos vectoriales se realizaron los geoprocesamientos para la obtención de cuatro variables: superficie, porcentaje, número y densidad (m<sup>2</sup> de espacios verdes públicos por habitante) (Gómez y Velázquez, 2018; Herrera Correa y Romo Aguilar, 2021). A partir de las cuales se describió la configuración física de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango.

Con relación al análisis del patrón de distribución de los espacios verdes públicos se empleó el método de análisis del vecino más próximo, pues se recomienda su uso en la identificación del patrón de distribución de áreas fijas (Carmona-Ortega et al., 2022). El método calcula un índice a partir de la distancia promedio de cada entidad geográfica en relación con la entidad vecina más próxima, partiendo del supuesto de que valores asociados a las entidades geográficas siguen un patrón espacial aleatorio, con tres posibles resultados: 1) patrón aleatorio, cuando los valores son próximos a 0; 2) patrón de agrupamiento, cuando los valores son próximos a 1; 3) patrón regular, cuando los valores son superiores a 1 (Villareal González y Flores Segovia, 2015). El análisis se realizó mediante el programa QGIS en su versión 3.18.

Finalmente, para analizar la relación entre la distribución de los espacios verdes públicos y el nivel socioeconómico de la población, se utilizó el método de autocorrelación espacial bivariada. Este método permite comprender la variación de un fenómeno a lo largo del espacio geográfico considerando el efecto de dos variables que actúan simultáneamente (Siabato y Guzmán-Manrique, 2019). El método muestra el grado en que los objetos o actividades pertenecientes a una unidad espacial se asemejan a los objetos o actividades presentes en sus unidades espaciales contiguas (Lucero y Celemín, 2008), lo que da lugar a tres posibles resultados, 1) autocorrelación espacial positiva, cuando los valores elevados o bajos de una variable tienden a concentrarse en un espacio determinado; 2) autocorrelación espacial negativa, cuando las áreas geográficas tienden a estar rodeadas de vecinos con valores desiguales; 3) no existe autocorrelación espacial, cuando los valores se distribuyen de manera aleatoria (Buzai, 2014). Este método se convierte en una herramienta metodológica útil para estudiar disparidades y segregaciones intraurbanas (Gordziejczuk y Lucero, 2019) a través de dos indicadores, el Índice Global de Moran (IGM) y el Índice Local de Moran. Estos indicadores son ampliamente utilizados en diversos estudios y son estadísticamente sólidos, ya que son menos sensibles a la distribución de los datos en comparación con indicadores como el G de Getis-Ord o el C de Geary (Bravo López, 2021). Los índices global y local de Moran se obtuvieron utilizando el programa de análisis de exploración de datos espaciales GeoDa en su versión 1.14, desarrollado por Anselin (2022).

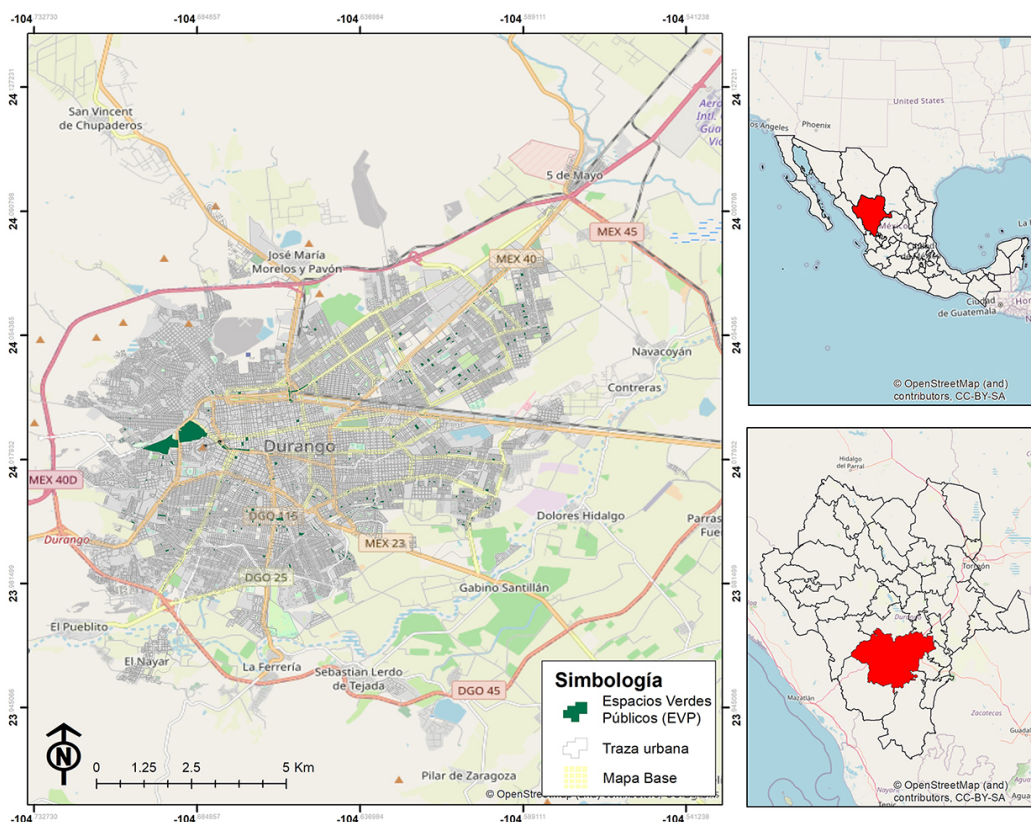


## 3. Resultados

### 3.1 Área de estudio

La ciudad de Durango (Victoria de Durango) es la capital política del estado del mismo nombre (Figura 1). Se localiza en el extremo oeste del valle del Guadiana, al norte de México y el centro occidente de la Mesa del Centro. Está ocupada por 614,221 habitantes (INEGI, 2020), siendo el municipio que mayor población concentra dentro del estado; posicionando a la ciudad de acuerdo con McFarland (2017), dentro de la categoría de ciudad media, al conformarse por una población que se encuentra entre los 500 mil y 1 millón de habitantes. Con relación a las condiciones climáticas, en la ciudad se presenta un clima semiseco templado, con lluvias en verano y frío que comienza a mitad del otoño, lo condiciona el diseño y mantenimiento de los espacios verdes públicos. Los cuales de acuerdo con la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango se clasifican en parques, áreas verdes y parques lineales, integrados por los espacios verdes ubicados en avenidas y bulevares.

Figura 1. Localización de la ciudad de Durango, México



Fuente: elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2020) e información proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango.

### 3.2 Estructura de los espacios verdes públicos en la ciudad de Durango, México

De acuerdo con la depuración, procesamiento y digitalización de la información proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio, la ciudad cuenta con 400 espacios públicos verdes, sumando una superficie de 2.02 millones de m<sup>2</sup> o 202.07 hectáreas, compuestas por, coníferas, latifolias, hierbas y arbustos (Blancarte-Siqueiros et al, 2020). Clasificadas según su tamaño en cinco categorías (Figura 2), siendo el grupo de menor extensión superficial (<1,916.69 m<sup>2</sup>) el que concentra la mayor cantidad de espacios públicos verdes (EVP) con 289, representando el 33.93% de la superficie total de EVP. En segunda instancia, se ubican aquellos EVP que tienen una extensión entre los 2,503.62 y 15,685.87 m<sup>2</sup>, los cuales concentran el 25.67% de la superficie, distribuidos en 81 EVP. El resto de los grupos aglomeran el 40.4% de la extensión superficial, siendo de particular mención la existencia de dos EVP que acumulan el 19.41% y 15.31% del porcentaje total de superficie de EVP, correspondientes al Parque Guadiana y Sahuatoba, los parques de mayor tamaño en la ciudad.

**Cuadro 1. Superficie, número y porcentaje del total de EVP, por grupos de tamaño**

Rangos de tamaño de los EVP (m <sup>2</sup> )	Número de EVP	Superficie (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de la superficie
< 1916.69	289	685,703.00	33.93%
1916.70-2503.61	28	114,641.60	5.67%
2503.62-15,685.87	81	518,676.08	25.67%
15,695.88-309433.46	1	309,433.45	15.31%
>392320.66	1	392,320.66	19.41%
Totales	400	2,020,774.54	100.00%

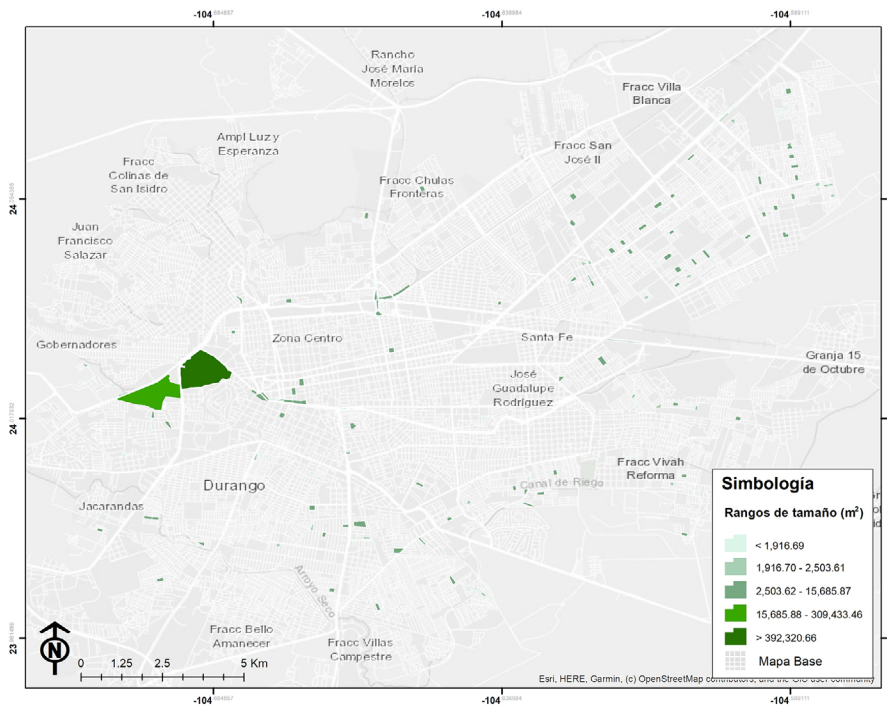
Fuente: estimación propia.

Con relación al número de EVP por AGEB, estos se conforman por 485 áreas geoestadísticas básicas, de las cuales el 28.87% (140) tienen algún EVP dentro de sus límites, mientras que el 71.13% (345) no cuenta con ningún espacio verde (Figura 3). En el caso particular de los AGEB's que tiene EVP, 105 cuentan con 1 a 3 EVP, lo que representa el 75% de los AGEB's. Mientras que el 17.86 % de ellos, es decir, 25 AGEB's, tienen entre 3 a 6 EVP. Solo un AGEB cuenta con 12 a 27 EVP y uno, tiene más de 27 espacios verdes públicos.

Respecto a la dotación de EVP, la densidad arroja un valor promedio de 2.93 m<sup>2</sup> por habitante, cantidad por debajo de la sugerida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que señala un rango mínimo de entre 9 y 12 m<sup>2</sup> por habitante, para que los EVP provean los bienes ecosistémicos fundamentales a una sociedad (Blancarte-Siqueiros et al., 2020), evidenciando un déficit de EVP en la ciudad. Aunado a esta característica, la distribución espacial de la densidad de EVP por AGEB a lo largo de la ciudad muestra un comportamiento diferenciado (Figura 4). En este sentido, existen por un lado AGEB's que cuentan con una densidad entre 38.11 y 63.20 m<sup>2</sup>, superior al rango sugerido por la OMS, sin embargo, apenas representan el 2.96%. Mientras que, en su mayoría, los AGEB's (70.37%) cuentan con una densidad con rangos que van de los 0.02 a 1.19 y los 1.20 a 2.64 m<sup>2</sup> por habitante, los cuales concentran el 42.96% y 27.41%, respectivamente.

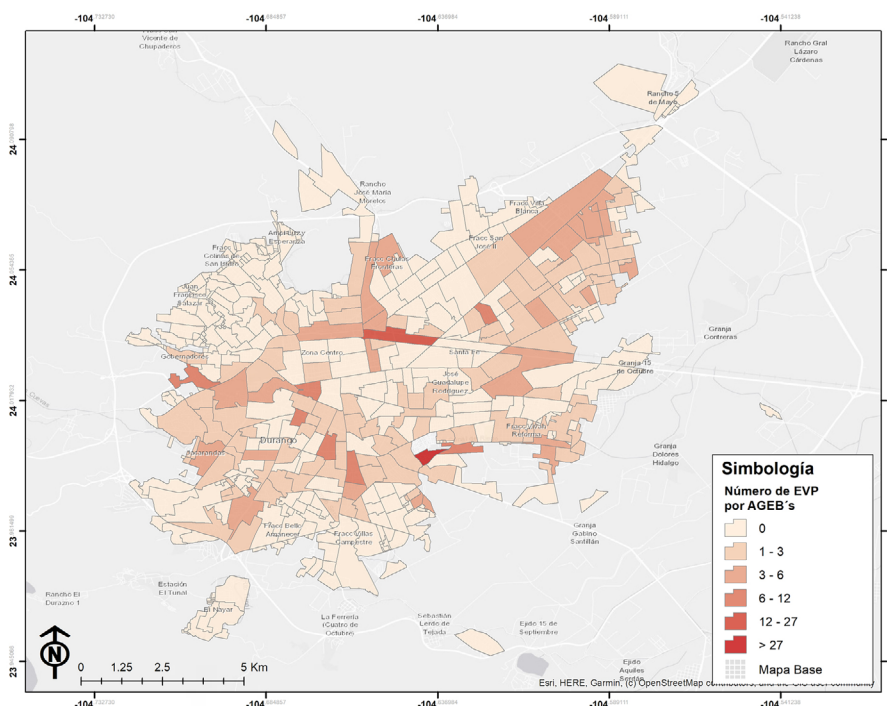


**Figura 2. Distribución y rango de tamaños de los EVP en Durango**



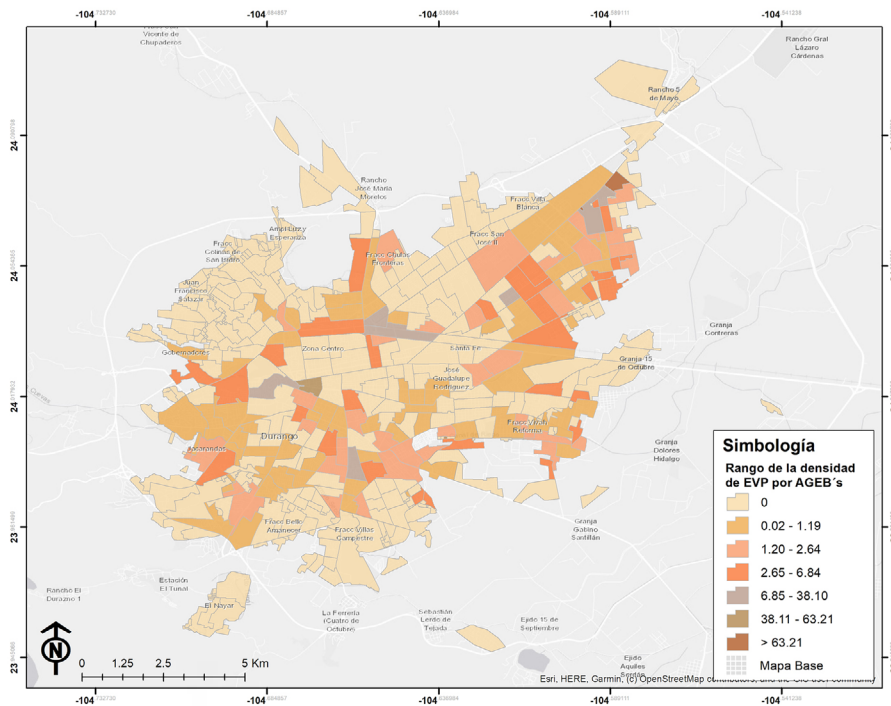
Fuente: elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2020) e información proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango.

**Figura 3. Número de EVP por AGEB en Durango**



Fuente: elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2020) e información proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango.

Figura 4. Densidad de EVP por AGEB en Durango



Fuente: elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2020) e información proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango.

### 3.3 Patrones espaciales de segregación socioespacial a los bienes ecosistémicos de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, México

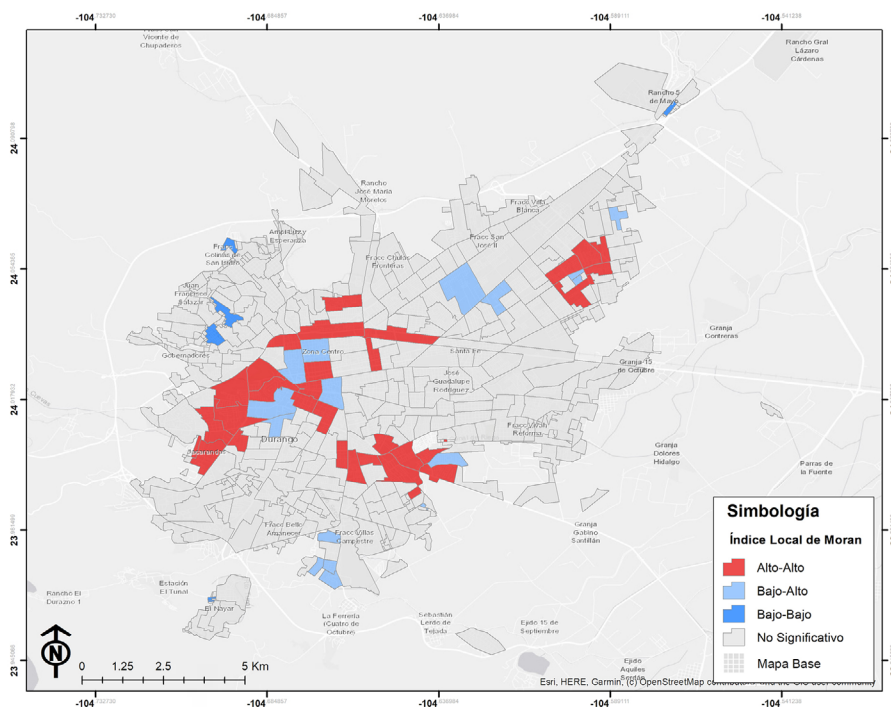
Los resultados del análisis del vecino más próximo muestran que el índice tuvo un valor de 0.83, con una puntuación z de 20.38 y un  $p < 0.01$ ; lo que indica la presencia de un patrón espacial de concentración de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, evidenciando una repartición irregular de los espacios, al considerar que la distribución media observada de 149.52 metros, fue menor a la distancia media esperada de 534.28 metros.

Con el fin de complementar los resultados obtenidos del análisis del vecino más próximo, se utilizó el análisis de autocorrelación bivariada para evaluar la relación entre la distribución de los EVP y el nivel socioeconómico de la población por AGEB, mediante dos indicadores: Índice Global de Moran (IGM) e Índice Local de Moran. Según los resultados del IGM, su valor fue de 0.86, con una puntuación de z de 3.70 y un  $p < 0.01$ , lo que indica que la relación entre la distribución de los EVP y el nivel socioeconómico de la población en la Ciudad de Durango se caracteriza por la presencia de patrones espaciales de concentración o aglomeración. Para respaldar esta afirmación, se realizó un coeficiente de correlación de Pearson, que obtuvo un valor de 0.82, indicando una relación positiva relativamente fuerte entre estas variables. Finalmente, se utilizó el Índice Local de Moran, como un indicador complementario al IGM, a partir de la obtención de mapas locales que representan las localizaciones con valores estadísticamente significativos del IGM, lo que permitió evidenciar la formación de clústers al interior de las zonas de estudio (Garrocho y Campos-Alanís, 2013).

En este contexto, la figura 5 muestra la presencia de tres patrones espaciales de aglomeración en torno a la relación entre la distribución de los EVP y el nivel socioeconómico de la población por AGEBS. Estos patrones permiten observar el proceso de segregación socioespacial a los bienes socioambientales de los espacios verdes públicos en la ciudad de Durango. El primer patrón, descrito por la categoría Alto-Alto, abarca el 11.15% de la población (Cuadro 2), distribuida en AGEBS caracterizados por contar con población cuyo nivel socioeconómico es alto de acuerdo con el Índice de Marginación Urbana de CONAPO para el 2020, los cuales tiene acceso a un mayor número de EVP. Asimismo, estos AGEBS se encuentran rodeados por áreas geoestadísticas que también presentan esta característica. Su distribución abarca la zona céntrica y algunos barrios tradicionales como, Anasco y los Remedios. Así como conjuntos residenciales relativamente de reciente creación, Loma Dorada, Loma Diamante, Campestre las Jacarandas, Real del Mezquital, Jardines de San Antonio.

En el extremo, se localiza la categoría Bajo-Bajo, concentrando al 0.7% (Cuadro 2) e integrada por AGEBS caracterizados por contar con población cuyo nivel socioeconómico es bajo y tener acceso a un menor número de EVP, paralelamente, rodadas por áreas geoestadísticas que registran estas mismas características. La aglomeración se localiza en colonias ubicadas en la periferia de la ciudad, como, Miguel de la Madrid Hurtado, Fraccionamiento ciudad San Isidro, la Palma, 5 de Mayo, el Nayar.

**Figura 5. Patrones espaciales de segregación socioespacial a los bienes ecosistémicos de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, México**



Fuente: elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2020), Índice de Marginación (CONAPO, 2020) e información proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango.

Finalmente, el tercer patrón de agrupamiento se describe a partir de la categoría Bajo-Alto, evidencia el contexto de mayor segregación socioespacial a los bienes ecosistémicos de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, debido a la contradicción reflejada; pues los AGEBS que forman parte de este patrón de comportamiento espacial se caracterizan por contar con población cuyo nivel

socioeconómico es bajo y tener acceso a un menor número de EVP. Rodeados por áreas geoestadísticas, caracterizadas por contar con población con un nivel socioeconómico alto, la cual tiene acceso a un gran número de EVP. Este agrupamiento abarca el 4.02% (Cuadro 2) de la población y se distribuye de forma fragmentada a lo largo de la ciudad, en barrios y fraccionamientos como, Fraccionamiento Real de Privanzas, el lago Residencial, los Remedios, Analco, zona Centro, Hacienda Fray San Diego, Villas del Pedregal y Villas del Guadiana.

**Cuadro 2. Distribución de la población en función de las categorías del Índice Local de Moran**

Categoría Índice Local de Moran	Población total	Porcentaje de la población
No significativo	516,704	84.12
Alto-Alto	68,496	11.15
Bajo-Alto	24,710	0.70
Bajo-Bajo	4,311	4.02
Total	614,221	100

Fuente: elaboración propia.

## 4. Discusión

Los resultados muestran la presencia de dos procesos que contextualizan la segregación socioespacial a los bienes ecosistémicos de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango. Por un lado, la desigualdad en la distribución de los EVP, reflejada en la existencia de dos AGEB's que cuentan con más de 12 EVP; mientras que más del 70% de las áreas geoestadísticas básicas no cuentan con ningún espacio verde. Esta característica también ha sido reportada por Carmona-Ortega et al. (2022), cuando menciona que, en Xalapa, México, existen colonias que cuentan con una gran cantidad de áreas verdes, que en número son menores a las colonias que no cuentan con estos espacios, lo que se traduce en bajos porcentajes de cobertura.

La distribución desigual tiene una relación directa con el fenómeno de segregación socioespacial por motivos socioeconómicos, donde grupos de mayor nivel socioeconómico tiene acceso a una mayor cantidad de EVP (Herrera Correa y Romo Aguilar, 2021; Mayorga Henao y García García, 2019). Este comportamiento ha sido identificado en ciudades como: Santa Fe, Argentina (Gómez y Velázquez, 2018); Bogotá, Colombia (Mayorga Henao y García García, 2019); León (Reyes-Plata y Bolea, 2018), Querétaro (Cueto-Bastida, 2020) y Ciudad Juárez (Herrera Correa y Romo Aguilar, 2021) en México.

El segundo proceso se refiere a la dotación y extensión de los EVP, de acuerdo con los resultados obtenidos, la densidad por habitante en la ciudad de Durango tiene un valor promedio de 2.93 m<sup>2</sup>, cantidad por debajo a la sugerida por la OMS, lo que significa que la ciudad no cuenta con la capacidad de ofrecer el suficiente espacio verde público para la totalidad de sus ciudadanos. Aunado a esta condición, los EVP de la ciudad se caracterizan por que en su mayoría tiene poca extensión superficial, están dispersos y concentrados en determinadas zonas, generando tres escenarios, 1) AGEB's con bajos niveles socioeconómicos y nula presencia de EVP; 2) AGEB's con bajos niveles socioeconómicos que tienen acceso EVP de poco tamaño; 3) AGEB's con altos niveles socioeconómicos que acceden a EVP de mayor extensión. Lo que amplifica las disparidades en cuanto al acceso a los beneficios proporcionados por los espacios verdes.

En este contexto, el tamaño y distribución de los espacios verdes públicos tiene implicaciones ecológicas y sociales. Desde la perspectiva ecológica un mayor tamaño de los espacios verdes permite mayor diversidad y riqueza de especies vegetales, aumentando con ello la presencia de aves nativas, así como la capacidad de estos espacios para regular inundaciones por acumulación de agua de lluvia y la captura en la retención de partículas. En cuanto a las implicaciones sociales, un mayor tamaño de los espacios verdes permite la realización de diversas actividades y la presencia simultánea de una mayor diversidad de grupos sociales (Reyes-Päcke y Figueroa-Aldunce, 2010). Por su parte la distribución influye en la naturaleza, tipo y frecuencia de uso de la población (Shah & Garg, 2017).

La distribución desigual y la limitada dotación son características estructurales de los EVP en la ciudad de Durango, que anteceden la segregación socioespacial a los beneficios socioambientales proporcionados por estos espacios públicos. Favoreciendo la falta de justicia espacial y el derecho a la ciudad, propiciando un escenario donde los servicios y espacios públicos se distribuyen y reparten de forma inequitativa a lo largo de la ciudad y entre toda la población (Mayorga y Vázquez, 2017), siguiendo distinciones asociadas con el nivel socioeconómico de la población.

La segregación socioespacial es el resultado de la interacción de tres factores: 1) procesos históricos locales y regionales de urbanización; 2) las dinámicas del mercado inmobiliario (Pérez-Medina y López Falfán, 2015); 3) las políticas de urbanización y la implementación de instrumentos de planeación como el ordenamiento territorial, por parte de la administración pública local (Ojeda-Revah, 2021). En consecuencia, la segregación socioespacial es producto de un proceso de construcción histórica, en función de elementos físicos, sociales y políticos (Ruíz López et al., 2021), expresado en la distribución diferenciada de los EVP, que condiciona las interrelaciones de los habitantes de la ciudad (Vergara-Erices y Garín, 2016); pues las inequidades influyen en los procesos identitarios que reconocen al individuo como parte de diferentes grupos sociales (Vaughan y Arbaci, 2011).

En el caso particular de la ciudad de Durango, la segregación socioespacial se refleja en la configuración de cuatro patrones espaciales diferenciados en la disponibilidad y acceso a los EVP, asociado a las condiciones socioeconómicas de los grupos sociales, 1) áreas geoestadísticas con bajos niveles socioeconómicos bajos y nula presencia de EVP, que concentran al 84.12% de la población, localizados de forma dispersa a lo largo de la ciudad. 2) áreas geoestadísticas con altos niveles socioeconómicos con acceso a un gran número de EVP de gran extensión, localizadas en los barrios tradicionales y nuevos conjuntos residenciales, concentrando al 11.15% de la población; 3) áreas geoestadísticas con altos niveles socioeconómicos, acceso a un gran número de EVP pero de poca extensión, rodeadas por áreas cuyas características son los bajos niveles socioeconómicos y acceso a un menor número de EVP, en su mayoría localizadas en el centro de la ciudad, en las que habitan el 4.02% de la población; 4) áreas geoestadísticas con bajos niveles socioeconómicos y acceso a un menor número de EVP de poca extensión, ubicadas en la periferia de la ciudad, concentrando al 0.70% de los habitantes.

## Conclusiones

El análisis de las propiedades estructurales de los EVP a partir de su número, tamaño y densidad permitió identificar que estos espacios se caracterizan por su poca extensión superficial, dispersión y concentración en determinadas zonas de la ciudad. Configurando un escenario de contradicción socioespacial, donde la mayoría de las áreas geoestadísticas no tiene acceso a los EVP o bien los EVP a los que pueden acceder son de limitada extensión. En contra parte y en menor medida, existen áreas geoestadísticas con acceso a un gran número de EVP, de gran extensión. Asimismo, la poca extensión



superficial y dispersión dificultan las acciones de cuidado y mantenimiento por parte de la administración municipal; reduciendo la posibilidad de que estos espacios públicos puedan convertirse en espacios comunes a partir de la interacción colectiva.

El comportamiento anteriormente descrito toma mayor relevancia si se considera que de acuerdo con los resultados de los índices global y local de Moran, la ciudad Durango, presenta un proceso de segregación socioespacial con relación a los beneficios socioambientales proporcionados por los EVP, expresado en cuatro agrupaciones, 1) áreas geoestadísticas con bajos niveles socioeconómicos, baja o nula presencia de EVP; 2) áreas geoestadísticas con altos niveles socioeconómicos con acceso a un gran número de EVP de gran extensión; 3) áreas geoestadísticas con altos niveles socioeconómicos con acceso a un gran número de EVP pero de poca extensión, rodeadas por áreas cuyas características son los bajos niveles socioeconómicos y acceso a un menor número de EVP; 4) áreas geoestadísticas con bajos niveles socioeconómicos y acceso a un menor número de EVP de poca extensión.

En este contexto, el patrón espacial de concentración de EVP en zonas de la ciudad donde se ubican los grupos de población de mayor nivel socioeconómico, independientemente del tamaño de la urbe (grande, mediana o pequeña), pareciera ser una arista más de desigualdad que describe el modelo de planificación, estructura y desarrollo, de las ciudades latinoamericanas. Así lo demuestra el análisis realizado en la ciudad de Durango, México, cuyo resultado comparte comportamiento con ciudades como: Bogotá, Santa Fe, León, Querétaro y Ciudad Juárez.

La acumulación y tamaño de extensión de EVP en áreas geoestadísticas localizadas en conjuntos residenciales, donde habita la población de mayor nivel socioeconómico, puede asociarse a la lógica de la oferta que sigue el mercado inmobiliario, convirtiendo el acceso a los EVP, en elemento diferenciador con relación al resto de las formas de asentamientos humanos dentro de la ciudad. Representando un proceso de fragmentación espacial en la continuidad de las interacciones sociales, generando una dinámica de exclusión a los bienes socioambientales contenidos por los EVP, condicionando la forma en que se habita, vive, se produce, reproduce y construye la ciudad de Durango.

Quedaría pendiente para futuras investigaciones indagar sobre la forma en que la segregación socioespacial se expresa y vive a distintas escalas sociales, localidad, barrio y familia. Así como, profundizar en el papel histórico del Estado y el mercado en la distribución desigual de estos espacios a partir de estudios de corte longitudinal. Y la manera que en estos elementos interactúan conjuntamente para condicionar o favorecer la apropiación de los espacios verdes públicos como bienes comunes urbanos.

## Agradecimientos

Este artículo es un producto derivado del proyecto “Apropiación colectiva de los espacios verdes públicos de la ciudad de Durango, México” con clave 20230894, el cual recibió financiamiento por parte del Instituto Politécnico Nacional a través del Programa Especial de Consolidación de Investigadores (PECI).

## Referencias

- Alegría, T. (1994). Segregación socioespacial urbana. El ejemplo de Tijuana. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 9(2) 411-428. <https://www.jstor.org/stable/pdf/40314751.pdf>
- Anselin, Luc (2022). *GeoDA versión 1.14* Chicago, University of Chicago, <https://geodacenter.github.io/>.
- Blancarte-Siqueiros, R. H., Perez-Verdin, G., y Cortes-Ortiz, A. (2020). The relationship between quality of life, sense of belonging, and green spaces in urban environments in the city of Durango, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 26(1), 97-111. doi: 10.5154/rchscfa.2019.03.023
- Bravo López, P. E. (2021). Autocorrelación espacial. Índices para determinar su presencia en datos geográficos: breve revisión de la literatura. *Universidad Verdad. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, (78), 49-61. DOI: <https://doi.org/10.33324/uv.v1i78.351>
- Buzai, G. (2014). *Mapas sociales urbanos*. Editorial Lugar.
- Caffentzis, G. y Federici, S. (2015). Comunes contra y más allá del capitalismo. *El Aplante. Revista de Estudios Comunitarios*, (1), 51-72 <https://horizontescomunitarios.files.wordpress.com/2017/01/elapantle.pdf>
- Calle Collado, A.; Suriñach Padilla, R. y Patiño, C. (2017). Comunes y economías para la sostenibilidad de la vida. En *Rebeldías en común Sobre comunales, nuevos comunes y economías cooperativas*. Abasolo, O.; Brieva, M.; Fernández-Casadevente, J. L.; García, J., Gopegui, B.; Herrero, Y. y Ladrero, V (Coompiladores). (pp. 15-46). Libros en acción.
- Capdevielle, J. M. (2018). Acumulación por desposesión, bienes comunes urbanos y derecho a la ciudad: un recorrido posible. *Revista de Direito da Cidade*, 11(2), 511-532. DOI: 10.12957/rdc.2018.38493
- Carmona-Ortega, M.; Falfán, I.; Lascurain-Rangel, M. y Benítez-Badillo, G. (2022). Distribución espacial de las áreas verdes urbanas en Xalapa, México: un caso de inequidad. *Sociedad y Ambiente*, (25), 1-32. <https://doi.org/10.31840/sya.vi25.2559>
- Catumba, C. (2016). Construcción de espacios comunes y colectivos: aportes conceptuales al territorio urbano. *Bitácora Urbano Territorial*, 26(1), 9-22. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v26n1.58028>
- Clichevsky, N. (2000). *Informalidad y segregación urbana en América Latina. Una aproximación*. CEPAL.
- CONAPO (2020). Índice de Marginación Urbana 2010. Consejo Nacional de Población. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Cueto-Bastida, A. Y. (2020). Áreas verdes como estrategias de sustentabilidad urbana. Caso de injusticia ambiental por espacios verdes en La Pradera, Municipio del Marqués, Querétaro [tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/>
- de Vries, L. (2019). A 'Paradox of the Commons'? The Planning and Everyday Management of Green Point Park. *Urban Forum*, 30(3), 325-339. <https://doi.org/10.1007/s12132-019-09362-8>
- Environmental Systems Research Institute, Inc. (s. f.). *ArcGIS Resource Center*. <https://www.arcgis.com/index.html>
- Garín, A., Salvo, S. y Bravo, G. (2009). Segregación residencial y políticas de vivienda en Temuco: 1992-2002. *Revista de Geografía Norte Grande*, (44), 113-128. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000300006>
- Garrocho, C. y Campos-Alanis, J. (2013). Requiem por los indicadores no espaciales de segregación residencial. *Papeles de Población*, 19(77), 269-300. <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/8389>
- Gómez, N. J. y Velázquez, Guillermo A. (2018). Asociación entre los espacios verdes públicos y la calidad de vida en el municipio de Santa Fe, Argentina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(1), 164-179. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.58740>

- Gordziejczuk, M. A. y Lucero, P. I. (2019). Turismo y calidad de vida: un estudio de autocorrelación espacial aplicado a la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 23–42. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.67275>
- Guadarrama Sánchez, G. J. y Pichardo Martínez, P. M. (2021). La apropiación y el uso del espacio público urbano. Los comunes en el parque urbano. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(65), 57-85. <https://doi.org/10.22136/est20211678>
- Harvey, D. (2004). *El nuevo imperialismo*. Akal.
- Herrera Correa, V. M. y Romo Aguilar, M. L. (2021). La distribución de las áreas verdes públicas en relación con las características socioeconómicas de la población en Ciudad Juárez, México. *Acta Universitaria*, 31, e3101. doi. <http://doi.org/10.15174.au.2021.3101>
- INEGI (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020. Microdatos para Victoria de Durango*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>. INEGI.
- INEGI (2020). *Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda. 2020*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469> INEGI.
- Knibbe, M & Horstman, K. (2022). Overcoming the tragedy of urban commons. Collective for a healthy city ecology in disadvantage neighborhoods. *Health and Place*. 75, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2022.102777>
- López Martínez, A. (2018). Segregación socioespacial bajo el nuevo modelo de ciudad en América Latina. Características, perspectivas e implicaciones. *Hallazgos*, 15(30), 99-124. <https://doi.org/10.15332/1794-3841.2018.0030.04>.
- Lucero, P. I. y Celemin, J. P. (2008). La calidad de vida de la población en la determinación de la calidad territorial: un estudio de autocorrelación espacial aplicado a la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *GeoFocus*, 8(1), 94-114. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/139>
- Mac Donald, J. (2011). Ciudad, pobreza, Tugurio. Aportes de los pobres a la construcción del hábitat popular. *Hábitat y Sociedad*, (3), 13-26. <https://doi.org/10.12795/HabitatySociedad.2011.i3.02>
- Manet, L. (2021). Modelos de desarrollo regional: teorías y factores determinantes. *Nóesis. Revista De Ciencias Sociales*, 23(46), 18–57. <https://doi.org/10.20983/noesis.2014.2.1>
- Martínez-Soto, J., Montero, M., & De la Roca, J. M. (2016). Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental. *Interamerican Journal of Psychology*, 50(2), 204-214. <https://www.redalyc.org/pdf/284/28447010004.pdf>
- Mayorga Henao, J. M. y García García, D. M. (2019). Calidad de vida y acceso inequitativo al espacio público en Bogotá. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 65(1), 69-92. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.436>
- Mayorga, J. M. y Vásquez, A. E. (2017). Una revisión de la investigación sobre justicia ambiental urbana en latinoamérica. *Revista de Direito da Cidade*, 9(03), 1247-1267. doi: <https://doi.org/10.12957/rdc.2017.29161>
- McFarland, C. (2017). *Local economic conditions 2017. Research and analysis of local economies: Going beyond "Urban vs. Rural"*. National League of Cities.
- Meroni, A. & Selloni. (2022). *Service Design for Urban Commons*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology.
- Mundoli, S.; Manjunatha, B. & Harini Nagendra. (2017). Commons that provide: the importance of Bengaluru's wooded groves for urban resilience. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 9(2), 184-206, DOI: 10.1080/19463138.2016.1264404
- Murillo, F.; Schweitzer, M.; Artese, G.; Díaz, S.; Schweitzer, P.; Snitcofsky, V. & Tabbita, J. (2011). Planear el barrio. Urbanismo participativo para construir el derecho a la ciudad (pp. 9-23). En F. Murillo & M. Schweitzer (Eds.), *Urbanismo participativo para construir el derecho a la ciudad*. (pp. 9-23). Cuentahilos Ediciones. <http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear%20el%20Barrio.pdf>



- Ojeda-Revah, L. (2021). Equidad en el acceso a las áreas verdes urbanas en México: revisión de literatura. *Sociedad y Ambiente*, (24), 1-28. <https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2341>
- Ortiz, I. (2015). La economía informal en Bolivia y su vínculo con los asentamientos populares. En V. Jorge, Q. Katrin, J. Sonia, R. Melba, B. Andrea, O. Isabel, & L. Javier (Eds.), *Dinámicas de los mercados inmobiliarios en los países en desarrollo. Aspectos teóricos-metodológicos y estudios de caso*. (pp. 189-220). Centro de Estudios de Población.
- Osuna Covarrubias, J. E. y Calonge Reillo, F. (2022). Segregación socioespacial en el acceso a equipamientos de salud en Mazatlán, México. *Cuaderno urbano*, 33(33), 9-21. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.30972/crn.33336227>
- Pérez-Campuzano, E. (2011). Segregación socioespacial urbana. Debate contemporáneos e implicaciones para las ciudades mexicanas. *Estudios demográficos y urbanos*, 26(2), 403-432. <https://doi.org/10.24201/edu.v26i2.1388>
- Pérez-Medina, S. y López-Falfán, I. (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. *Economía, Sociedad y Territorio*, 15(47), 1-33. <https://doi.org/10.22136/est002015552>
- QGIS Development Team. (2023). *QGIS Geographic Information System*. Open-Source Geospatial Foundation Project.
- Reyes-Päcke, S. y Figueroa-Aldunce, I. M. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE*, 36(109), 89-110. <https://doi.org/10.4067/S025071612010000300004>
- Reyes-Plata, J. y Bolea, C. G. (2018). Distribución de las áreas verdes, índice de marginación y justicia ambiental en León, Guanajuato. En Enrique Pérez Campuzano y Ventura Enrique Mota-Flores (eds.), *Desarrollo regional sustentable y turismo. México*. (pp. 176-203). Universidad Nacional Autónoma de México/Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C.
- Ruiz López, C. F.; Méndez-Lemus, Y. M. y Vieyra Medrano, J. A. (2021). Propuesta metodológica para analizar la segregación socioespacial en el periurbano de ciudades intermedias en México. *Estudios Geográficos*, 82(290), e060. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202072.072>
- Schnell, Izhak (2002). Segregation in everyday life spaces: A conceptual model. En Izhak Schnell y Wim Ostendorf (coords.), *Studies in segregation and disegregation*. (pp. 39-66). Ashgate.
- Shah, A & Garg, A. (2017). Urban commons service generation, delivery, and management: A conceptual framework. *Ecological Economic*, 135, 280-287. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.017>
- Siabato, W. y Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*. 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Tristán Rodríguez, M. S. y Revuelta Vaquero, B. (2023). Justicia ambiental urbana: luces y sombras en el ordenamiento jurídico mexicano. *Economía, Sociedad y Territorio*, 23(71), 1-28. <http://dx.doi.org/10.22136/est20231793>
- Vaughan, L. y Arbaci, S. (2011). The Challenges of Understanding Urban Segregation. *Built Environment*, 37(2), 128-138. doi: 10.2148/benv.37.2.128.
- Vergara-Erices, L. y Garín, A. (2016). Vivienda social y segregación socioespacial en una ciudad pequeña: el caso de Angol, Chile. *Polis*, 15(44), 1-25. doi:10.4067/s0718-65682016000200021.
- Villareal González, A. y Flores Segovia. (2015). Identificación de clústers espaciales y su especialización económica en el sector innovación. *Región y Sociedad*, 27(62), 117-146. <https://doi.org/10.22198/rys.2015.62.a40>
- Zapata Campos, M. J.; Zapata, P & Pérez Reynosa, J. (2022). (Re)gaining the urban commons: everyday, collective, and identity resistance. *Urban Geography*, 44(7), 1-27. DOI: 10.1080/02723638.2022.2090117


# “Nosotros en la tierrita tenemos esperanza”: defensa del territorio contra la minería en Ixtacamaxtitlán, Puebla


“We place our hope in the land”: defense of the  
territory against mining in Ixtacamaxtitlán, Puebla

Verónica Vázquez García<sup>1</sup> y Esteban Martínez Vásquez<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 21 de agosto del 2023

Fecha de aceptación: 07 de noviembre del 2023

1 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Colegio de Postgraduados  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0689-4397> Co-  
re: [vvazquez@colpos.mx](mailto:vvazquez@colpos.mx)

2 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Colegio de Postgraduados  ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6692-3084> Co-  
re: [martinezveste@gmail.com](mailto:martinezveste@gmail.com)



Clasificada como  
competente internacional  
por Conahcyt



LICENCIA:  
Esta obra está bajo una licencia de Creative  
Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Resumen

México ocupa el primer lugar en exploración minera en América Latina, situación que ha causado alarma entre pueblos originarios dado que el desarrollo de proyectos extractivos representa una amenaza para su espacio vital. El objetivo de este artículo es analizar las acciones de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) del Proyecto Ixtaca en el municipio de Ixtacamatlán, Puebla, así como las estrategias de defensa del territorio desarrolladas por las comunidades para detener su avance. Para obtener información se realizó una encuesta, un taller y varias entrevistas en tres comunidades afectadas por el proyecto. Los resultados destacan tres acciones de RSC: 1) oferta de empleos; 2) inversión en infraestructura comunitaria; 3) apoyo a eventos sociales. Las estrategias de defensa fueron: 1) acuerdos colectivos para negarse a vender agua a la empresa; 2) litigios legales a favor del derecho a la consulta de pueblos originarios; 3) fortalecimiento de la agricultura campesina gracias a la defensa del ejido, la conservación de agua de riego y los apoyos otorgados por el programa federal Sembrando Vida. Se concluye que, a pesar de los impactos negativos de la RSC, estas estrategias resultaron efectivas porque se logró la cancelación de las concesiones mineras y se ha avanzado en la recampesinización de algunas familias.

**Palabras clave:** territorio, minería, Responsabilidad Social Corporativa, agricultura campesina, identidad indígena.

## Abstract

Mexico occupies first place in mining exploration in Latin America, a situation that has caused alarm among native peoples because the implementation of extractive projects threatens their vital space. The objective of this paper is to analyze the actions of Corporate Social Responsibility (CSR) of the Ixtaca Project in Ixtacamatlán, Puebla, as well as the strategies of territorial defense undertaken by the communities to stop its expansion. Data was gathered through one survey, one workshop and various interviews conducted in three communities affected by the project. Results discuss three actions of CSR: 1) job offers; 2) investment in community infrastructure; 3) support for social events. Three main defense strategies were identified: 1) collective agreements refusing to sell water to the company; 2) legal litigations in favor of the right to be consulted as native peoples; 3) the strengthening of peasant agriculture thanks to the defense of the ejido, the conservation of irrigation water and the support received from the federal program Sembrando Vida. The paper concludes that, despite the negative impacts of RCS actions, these strategies have proven effective because mining concessions have been cancelled and some families have returned to agriculture.

**Key words:** territory, mining, Corporate Social Responsibility, peasant agriculture, native identity.

## Introducción

México ocupa el primer lugar en América Latina en exploración minera y el sexto como destino de inversión de todo el continente, para colocarse en la posición 34 a nivel mundial (SE, 2022). La superficie concesionada abarca 21,982,339.76 hectáreas equivalentes al 11% del territorio nacional, siendo Sonora, Chihuahua y Durango los estados con mayor número de proyectos (Galicia *et al.*, 2021).

El avance de la minería ha puesto a las comunidades indígenas en alerta, dado que buena parte de las áreas concesionadas se encuentra en sus territorios. Boege (2020) reporta que para mediados de 2012 el gobierno mexicano había concesionado 2,173,141 hectáreas equivalentes al 17% de su espacio vital; los pueblos más afectados son los rarámuris, zapotecos, chatinos, mixtecos, coras y tepehuanes. Las estrategias utilizadas para detener el avance han sido la confrontación directa (véase Tlamanca, Puebla, donde la gente tomó por asalto las instalaciones de JDC Minerals) (Diego, 2014); la construcción de redes, tales como el Colectivo Oaxaqueño en Defensa de los Territorios, el Consejo en Defensa del Territorio Tiyat Tlalli, o la Red Mexicana de Afectados por la Minería (Lugo, 2022); y los recursos jurídicos ante la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) y otras instancias (Villarreal y Echart, 2018), destacando el amparo logrado en 2018 por el pueblo masehual de la Sierra Nororiental de Puebla contra tres concesiones mineras (CEMDA, 2018).

El objetivo de este artículo es analizar las prácticas de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) del Proyecto Ixtaca en el municipio de Ixtacamatlán, Puebla, así como las estrategias de defensa del territorio desarrolladas por las comunidades para detener su avance. El proyecto está a cargo de Minera Gorrión S.A. de C.V., subsidiaria de la canadiense Almaden Minerals Ltd. La RSC de la empresa se estudia con conceptos propuestos por Garibay *et al.* (2014), Neyra (2018; 2020) y Aldana (2020) para argumentar que el verdadero objetivo de estas prácticas es apropiarse del territorio a cambio de la menor retribución posible, utilizando formas sutiles de violencia que buscan desconectar a la gente del territorio. Para analizar las estrategias de defensa se recurre a Ule y Rosset (2022), Concheiro y Rodríguez (2018) y Argento (2020) quienes destacan la capacidad de los movimientos socioterritoriales para reivindicar la herencia indígena y la agricultura campesina con la finalidad de permanecer en el territorio y conservar su integridad como base material, patrimonio biocultural, y entidad política y geográfica.

## 1. Propuesta conceptual

La minería es una práctica extractiva que representa la continuidad del proyecto colonizador europeo (Peña, 2018); durante la primera década del siglo XXI se extrajo el doble de oro y la mitad de plata que la corona española sacó de la Nueva España en 300 años de dominación (Cortés *et al.*, 2019). Actualmente, Estados Unidos, la Unión Europea, China e India constituyen los principales países receptores de los recursos mineros que se extraen de América Latina a cambio de escasos o nulos beneficios para la población (Rodríguez, 2013; Camba, 2015).

Gudynas (2009, 2015) identifica cuatro generaciones del extractivismo minero, las cuales se distinguen por el volumen y la intensidad de extracción. Desde finales de los años noventa del siglo XX se ha expandido la tercera generación caracterizada por el uso intensivo de tecnología y sustancias altamente contaminantes que aumentan el consumo de energía. Entre los impactos más frecuentes de esta forma

de extractivismo se encuentran la fragmentación del territorio, el desplazamiento poblacional forzado, el despojo de tierras, la afectación de fuentes de agua, la privatización de recursos naturales (Guevara y Silva, 2020; Uribe *et al.*, 2021; Uribe y Toscana, 2022), y la violación de derechos colectivos, patrimoniales, civiles, y “aquellos que la población local considera adquiridos por la costumbre” (Garibay *et al.* 2014, p. 114).

Tres minas latinoamericanas (El Teniente y Chuquicamata en Chile; Carajás en Brasil) se encuentran entre las 10 más grandes del mundo, y en el continente existen 259 conflictos socioambientales por minería (Villarreal y Echart, 2018). México ocupa el segundo lugar (después de Perú) con mayor número de conflictos, destacando el despojo del agua desde finales de los años noventa por parte de la mina Peñasquito en Zacatecas, el asesinato de Mariano Abarca Roblero en Chiapas en 2009, y el derrame de lixiviados de cobre en las aguas del Río Sonora en agosto de 2014. El estado de Puebla concentra un buen número de conflictos con empresas mineras e hidroeléctricas cuyo destino es precisamente asegurar el abastecimiento de agua y energía para la extracción de mineral (Diego, 2014; Beaucage *et al.* 2017; Bastidas-Orrego *et al.*, 2018).

Los conflictos socioambientales se presentan cuando los recursos son escasos y las decisiones sobre el medio ambiente ponen en riesgo los espacios de vida (Paz, 2012). Tetreault *et al.* (2012) resaltan la diferencia entre problema ambiental y conflicto socioambiental, siendo un distintivo para este último la voz de la población afectada. Las principales causas que dan origen a un conflicto socioambiental son el daño al medio ambiente, la pérdida de control del territorio, la falta de consulta previa e informada, la violación de derechos humanos y la lucha por incrementar los beneficios (principalmente económicos) por parte de alguno de los actores involucrados (Bastidas-Orrego *et al.*, 2019).

Los conflictos socioambientales por minería conducen a lo que Ule y Rosset (2022, p. 183-184) denominan movimientos socioterritoriales, entendidos como un grupo de personas que se organizan para defender sus intereses, concibiendo al territorio “no solo como algo a tener o alcanzar, sino como algo fundamental para su existencia”. Además del espacio geográfico, el territorio es visto como un andamiaje de relaciones sociales que dan sentido a elementos materiales (viviendas, caminos, cultivos) e inmateriales (vivencias y sentires). Los actores que se involucran en un movimiento socioterritorial buscan fortalecer la construcción del bien común y la identidad colectiva al tiempo que cuestionan la lógica extractiva y la mercantilización de la naturaleza (Argento, 2020).

Los conflictos socioambientales ocasionados por minería expresan dinámicas de oposición entre la población local, las empresas y el gobierno en torno al acceso y aprovechamiento de los recursos naturales (Uribe *et al.*, 2021; Uribe *et al.*, 2022). La alternativa para evitarlos ha sido la Responsabilidad Social Corporativa (RSC), modelo de gestión diseñado para mitigar los impactos negativos de la iniciativa privada en la sociedad y el ambiente. Su rango de acciones puede variar, pero todas giran en torno a la atención de necesidades de distintos grupos de interés, y al cuidado del entorno (Vintró y Comajuncosa, 2009).

Son muchos los autores que cuestionan las prácticas de RSC en zonas mineras. Garibay *et al.* (2014) argumentan que dichas prácticas constituyen estrategias de despojo mediante las cuales las empresas se apropian del territorio a cambio de la menor retribución posible, privatizando la riqueza y socializando los daños ocasionados por la destrucción del paisaje. Las diversas formas de violencia ocasionadas por el extractivismo se pueden clasificar en dos grupos: sutiles (aparición de gente extraña en la comunidad, desvalorización de la mano de obra local, cambios en la alimentación) y directas (violencia física, psicológica e institucional, incluyendo la criminalización). Ambos tipos de violencia producen la desconexión gradual de la gente del territorio y su eventual desplazamiento forzado (Neyra 2018; 2020). Por su parte, Aldana (2020) utiliza el término de “zonas de sacrificio minero” para describir

sitios donde los supuestos beneficios económicos nunca llegan y a cambio se producen sentimientos de desolación y abandono. En el caso del Proyecto Ixtaca, la RSC ha conducido al control político por parte de la empresa con la complicidad silenciosa de autoridades gubernamentales, contribuyendo así al despojo de los recursos naturales y a la acumulación de capital en manos privadas (Manriquez-Bucio y Urquijo, 2019).

Los principales actores de los conflictos socioambientales suelen ser las comunidades, algunas entidades estatales y las empresas. Stephen (2005) ilustra cómo la interacción entre todas estas instancias conduce a la redefinición permanente de la identidad indígena, mostrando su flexibilidad y dinamismo. Según la autora, la identidad zapoteca de Teotitlán del Valle, Oaxaca, se expresa a través de redes de colaboración e instituciones comunitarias a nivel local, al tiempo que en el ámbito político se adopta el discurso oficial de “tradición indígena” y “arte popular” para acceder a recursos provenientes del Estado. En el ámbito externo, en concreto, el mercado internacional, se adopta el mismo discurso para posicionar los tejidos zapotecas como “auténticos” y diferenciarlos de otros que supuestamente no lo son (comillas de la autora).

Los discursos en defensa del territorio tienden a resaltar tres componentes: base material o ambiente biofísico; patrimonio biocultural; derechos políticos y geográficos (De la Torre, 2020). Parte importante de esta defensa ha sido la reivindicación del “ser campesino” como “un modo de ser, vivir y producir” distinto del resto de la sociedad (Da Silva citado en Ule y Rosset, 2022, p. 182). En México estos discursos se han articulado en torno al ejido, institución agraria de gran arraigo que ha contribuido a conservar la integridad del territorio y a promover la defensa de derechos colectivos ante la amenaza del extractivismo (Concheiro y Rodríguez, 2018).

La experiencia de las comunidades con la defensa del territorio está marcada por las diferencias de género porque los impactos de los proyectos y la manera de luchar contra ellos es distinta para mujeres y hombres. Los derechos agrarios están concentrados en manos masculinas (solo 20% de los titulares de la tierra en México son mujeres), por lo que la defensa de la integridad del ejido no necesariamente protege el acceso de las mujeres a la tierra (Salazar, 2017). Cuando las minas logran instalarse, las mujeres enfrentan mayores dificultades para abastecerse de alimentos al tiempo que son excluidas de los magros beneficios económicos que ofrecen las empresas (Guevara y Silva, 2020; Vázquez *et al.*, 2020). Esta situación incrementa su dependencia financiera para con los varones, afectando su posición y poder de negociación al interior de la familia y la comunidad (Castro *et al.*, 2015). La asignación de las labores de cuidado a las mujeres las hace más vulnerables ante la escasez y contaminación del agua; a pesar de ello, sus posibilidades de participar en la gestión del riesgo ambiental son prácticamente nulas (Catalán y Riojas, 2015), como también lo es su poder de decisión en los espacios comunitarios donde se toman las decisiones relacionadas con la distribución y calidad del agua (Gutiérrez *et al.*, 2013; Carrasco, 2015).

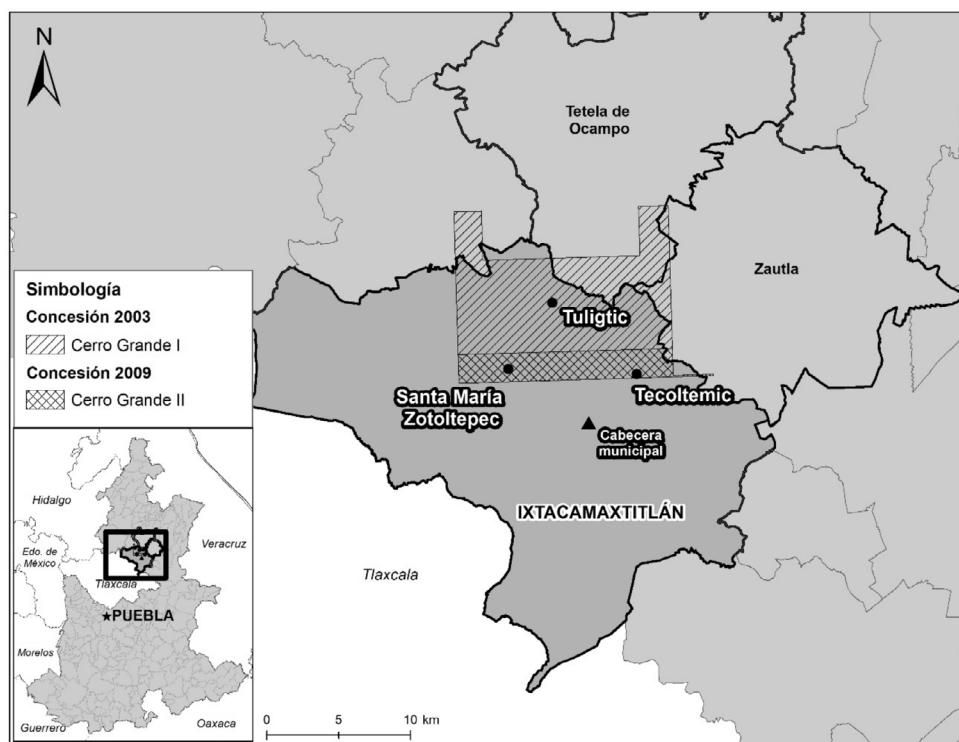
Las empresas mineras rara vez toman en cuenta los impactos de género de sus actividades. Las más de las veces, tienden a ampliar las brechas de género en el empleo y a reproducir el modelo tradicional de familia donde el hombre es concebido como único proveedor económico (Hill y Newell, 2009; Salazar y Rodríguez, 2015; Castro *et al.*, 2015; Stefanovic y Saavedra, 2019). Asimismo, las organizaciones que encabezan la defensa del territorio no siempre incorporan demandas que reivindiquen los derechos de las mujeres a pesar de los altos costos sociales que ellas pagan por salir del espacio doméstico (Cortés *et al.*, 2019; Vázquez y Peña, 2022).



## 2. Metodología

El trabajo fue realizado en tres comunidades pertenecientes al municipio de Ixtacamaxtitlán afectadas por el Proyecto Ixtaca: Santa María Zotoltepec (en adelante, Zotoltepec) Tuligtic y Tecoltemic (Figura 1). La primera fue elegida porque ahí se encuentra el centro de operaciones de la empresa, la segunda por haber protagonizado un evento de negociación relacionado con el agua, y la tercera por ser la principal figura opositora al extractivismo.

**Figura 1. Ubicación de las comunidades de estudio.**



Fuente: GeoComunes (2015); INEGI (2021a).

El municipio de Ixtacamaxtitlán se localiza al norte del estado, en la subcuenca del Río Apulco. Su población total es de 25,319 habitantes (51% mujeres y 49% hombres) repartida en más de cien comunidades; 10.2% de su población habla alguna lengua indígena, siendo el náhuatl la más importante (INEGI, 2021b). Su historia se remonta a la era pre-hispánica, época en la que el altépetl o señorío de Ixtacamaxtitlán fue clave para sostener el poderío de la Triple Alianza (Tenochtitlan-Texcoco-Tlacopan) con el aprovisionamiento de guerreros, material de uso militar y alimentos. Fiel al imperio mexica, el señorío se negó a colaborar con Hernán Cortés en tiempos de la conquista; con la caída de Tenochtitlán, su estructura social comenzó a debilitarse (Gómez, 2011).

Durante la colonia, Ixtacamaxtitlán se administró como república de indios, dejando a un lado la línea hereditaria para la elección de cargos, hasta erigirse como municipio libre en 1895 (Bonilla, 2013). La actividad agrícola continuó y se combinó con la cría de ganado menor (cabras y ovejas) a cargo de la población de origen español (Gómez, 2011). Las comunidades que alguna vez integraron este antiguo señorío conservan hasta el día de hoy su tradición agrícola, organización social, e intereses colectivos.

Según Bastidas-Orrego *et al.* (2019), 90% de las familias de Zotoltepec y Tuligtic tienen predios de cultivo, y la mayor parte de la población (65.5% y 94.7% respectivamente) se opone al Proyecto Ixtaca.

El primer acercamiento al municipio se dio en julio de 2020, fecha en la que se hicieron recorridos y entrevistas exploratorias para tener un panorama general del conflicto. En una segunda etapa, realizada en mayo de 2022, se realizó una encuesta con ayuda de un cuestionario conformado por 100 preguntas cerradas organizadas en cinco secciones (datos socioeconómicos, empleo en la minería, agua para consumo doméstico, movilización social y desplazamiento poblacional). En todos los casos, las preguntas fueron respondidas por mujeres adultas a cargo de una familia, con o sin pareja. Los datos se analizan a la luz de los resultados de Bastidas-Orrego *et al.* (2018, 2019) que hicieron trabajo de campo aproximadamente en 2016 en el mismo municipio.

La muestra para el cuestionario estuvo compuesta por 46 mujeres de Zotoltepec, número que se obtuvo a partir del total de viviendas reportado en el censo de 2020 (INEGI, 2021b). Se consideró un margen de error del 10% utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{(N - 1) d^2 + Z^2 \times p \times q}$$
$$n = \frac{1.645^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 143}{(143 - 1) 0.1^2 + 1.645^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

Donde, n= muestra; N= población (143 viviendas totales); Z= proporcional al 90% de confianza (valor 1.645); p= variabilidad positiva (0.5); q= variabilidad negativa (0.5); d= error esperado (0.1).

En esta comunidad también se convocó a un taller con la finalidad de recuperar la perspectiva local en torno a la minería. Las dinámicas originalmente planteadas fueron “la ruta del agua” (fuentes de abastecimiento, vías de distribución, puntos de descarga) y “el tendedero de las emociones” (opiniones sobre el conflicto). Lamentablemente, las diferencias de opinión al interior de la comunidad dificultaron su ejecución. La ágil y pertinente participación de la autoridad local como mediadora evitó que el problema pasara a mayores.

En Tuligtic y Tecoltémic también estaban previstos la aplicación del cuestionario y la facilitación de talleres. Sin embargo, ahí no fue posible trabajar de acuerdo con lo planeado debido a lo tenso del conflicto. En ambas comunidades se hicieron entrevistas con gente que accedió a participar respetando lo solicitado por las autoridades locales:

Nosotros para dar algún testimonio o algo, se requiere siempre estar reunidos... Nunca es directamente con nuestras autoridades... Así siempre hemos estado haciendo las cosas... Gracias a Dios hemos sobresalido porque algunos opinamos de una manera y otros de otra, y, al final, hacemos una sola (Entrevista grupal, Tecoltémic, 19 de mayo de 2022).

A pesar de las dificultades fue posible obtener datos cuantitativos y cualitativos para fortalecer el análisis mediante el cruce, la confirmación y la validación de datos (Creswell y Hirose, 2019). La información cuantitativa fue procesada en Excel® y SPSS® para generar estadística descriptiva, mientras que la parte cualitativa se trabajó con el programa Atlas.Ti® que ayudó a identificar los significados que la gente atribuye a las acciones propias y de la empresa. Los aportes testimoniales se presentan bajo pseudónimos para resguardar la identidad de los y las informantes. El cuadro 1 resume el número de participantes en el estudio.



**Cuadro 1. Número de participantes según el método de investigación.**

Comunidad	Método				Total
	Encuesta	Entrevistas individuales	Entrevistas grupales	Taller	
Zotoltepec	46	23	9	24	102
Tuligtic	0	1	3	0	4
Tecoltémic	0	1	18	0	19
Total	46	25	30	24	125

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

### 3. Proyecto Ixtaca: breve historia del conflicto

En el estado de Puebla hay 320 títulos de concesión sobre una superficie de 192,308.41 hectáreas, equivalentes al 5.65% del territorio estatal (SGM, 2021). El Proyecto Ixtaca es uno de los más importantes por su influencia en cinco comunidades del municipio de Ixtacamaxitlán (Zotoltepec, Zacatepec, Tuligtic, Tecoltémic y Vista Hermosa) con una reserva estimada de 1.79 millones de onzas de oro y 134.3 millones de plata (Almaden Minerals, 2023). Las dos concesiones otorgadas en 2003 y 2009 abarcan 14,229.55 hectáreas (Raffle et al., 2013) (Figura 1). Las actividades de exploración iniciaron en 2001, la primera Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) se presentó en 2018, y las concesiones fueron canceladas en 2023. El proyecto llegó a ejecutarse solo en la fase de exploración, sin embargo, por varios años las muestras extraídas fueron procesadas en Zotoltepec, causando molestias entre la población porque los residuos eran lanzados sin tratamiento alguno a la barranca más cercana.

El Cuadro 2 resume los principales eventos relacionados con el conflicto ocasionado por el Proyecto Ixtaca a lo largo de dos décadas. Los principales actores son la empresa, las comunidades, el Estado a través de ciertas instancias (la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales —SEMARNAT—, la Secretaría de Economía —SE— y la SCJN), y las organizaciones que colaboraron con asesoría legal, entre ellas el Grupo Acolhua; el Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER); el Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (IMDEC); el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Promoción y Desarrollo Social (CESDER); el Centro de Análisis e Investigación FUNDAR; el Consejo en Defensa de la Vida y el Territorio Tiyat Tlalli; la Red Mexicana de Afectados por la Minería; y la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales (Castro, 2021; Bastidas-Orrego *et al.*, 2019). El acompañamiento de estas organizaciones apoyó el litigio de Tecoltémic basado en el Convenio 169 que protege las formas de vida, instituciones y economías de pueblos originarios, estipulando su derecho a la consulta anticipada y de buena fe, previa a cualquier proyecto de desarrollo (OIT, 2016). El convenio ha sido ratificado por 22 naciones, la mayoría (15) de América Latina y el Caribe, figurando México como uno de los primeros firmantes (Casado, 2020). En 2015, la comunidad de Tecoltémic interpuso su primer recurso legal buscando justamente el respeto a su territorio como pueblo indígena. La iniciativa llegó hasta la SCJN, que en 2022 ordenó cancelar las concesiones, sentencia que fue cumplida hasta 2023.

**Cuadro 2. Cronología del conflicto (2001-2022).**

Año	Evento
2001	Inician actividades de prospección del Proyecto Ixtaca.
2003	La minera logra la concesión del predio Cerro Grande I (11,201.55 hectáreas).
2009	La minera logra la concesión del predio Cerro Grande II (3,028 hectáreas).
2011	La minera aumenta su presencia en el municipio mediante inversión en infraestructura y desarrollo social.
2013	Se crea la Unión de Comunidades y Ejidos en Defensa de la Tierra, del Agua y de la Vida Acolhua. Se inician labores informativas.
2014	SEMARNAT aprueba el informe preventivo de Almaden para iniciar exploración. Primera movilización (1,500 personas). La resistencia se fortalece con el apoyo de PODER, IMDEC, CESDER, FUNDAR y Consejo Tiyat Tlali.
2015	Tecoltémic interpone su primer recurso legal (Amparo 445/2015) buscando la suspensión de las exploraciones y el respeto a su territorio como pueblo indígena.
2017	Se amplían las exploraciones. Pobladores bloquean accesos para detener su avance. Algunos protestan en el parlamento canadiense y ante las oficinas de Almaden Minerals en Vancouver, logrando impactar los medios de comunicación de ese país.
2018	La minera presenta su primera Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).
2019	La minera presenta una segunda MIA que niega la existencia de población indígena en el municipio. El Juzgado Segundo de Distrito en Materia de Amparo Civil, Administrativa, de Trabajo y de Juicios Federales en el Estado de Puebla, resuelve el amparo 445/2015 a favor de Tecoltémic, reconociendo su derecho a la consulta.
2021	Tecoltémic busca mediante el Amparo 134/2021 en la SCJN, la cancelación de dos concesiones que afectan su territorio.
2022	La SCJN resuelve a favor de Tecoltémic; ordena la cancelación de las concesiones Cerro Grande I y Cerro Grande II. La empresa intenta negociar con la SE para conservar parte del área concesionada que supuestamente no afectaba a Tecoltémic.
2023	La SE cumple con el mandato de la SCJN. El Juzgado Segundo de Distrito en Materia de Amparo Civil, Administrativa, de Trabajo y de Juicios Federales del Estado de Puebla declara cumplida la sentencia de la SCJN. Tecoltémic celebra el triunfo y exige la salida de la empresa.

Fuentes: Bastidas-Orrego *et al.* (2019); Manriquez-Bucio *et al.* (2019); SE (2019); Beaucage y Marreros (2020); Castro (2021); SCJN (2022); Tritilla *et al.* (2001); FUNDAR (2023); Hernández (2023).

## 4. Responsabilidad social corporativa del Proyecto Ixtaca

En esta sección se describen las acciones de RSC del Proyecto Ixtaca, mostrando las coincidencias con otros contextos en lo que se refiere a la oferta de empleos, construcción de infraestructura y apoyo para la realización de eventos sociales. Se argumenta que dichas prácticas forman parte de la violencia sutil que paulatinamente desconecta a las personas del territorio (Neyra, 2018; 2020). Tarde o temprano esta violencia da origen a la movilización social para proteger al territorio y los recursos que en este se encuentran (Rodríguez, 2013).

## 4.1 Oferta de empleos

La oferta de empleo suele ser utilizada como herramienta de convencimiento para que las comunidades acepten actividades extractivas (Salazar y Rodríguez, 2015; Neyra, 2018). El proyecto Ixtaca no fue la excepción:

Ahorita aquí están haciendo tácticas muy gachas. Porque si no has trabajado con ellos, vienen y te buscan. Los que ya trabajaron con ellos, saben que están seguros, pero los que no, [los] están buscando. Ahorita los buscaron para brigadas de incendios. Lo que a ellos les interesa es jalar gente (E. Lozano, comunicación personal, 16 de mayo de 2022).

El 75.6% de la población de Ixtacamaxtitlán tuvo la esperanza de que el proyecto les diera empleo (Bastida-Orrego *et al.* 2018, 2019). Años después la expectativa no ha sido cumplida: solo 21.7% de las mujeres encuestadas en el presente estudio reportó tener a algún familiar que trabaja o ha trabajado para la minera, predominando sus esposos, sobrinos, hijos o hermanos, en ese orden de importancia.

Los contratos que las empresas mineras ofrecen a la gente de las comunidades son escasos, cortos, mal pagados, y sin ningún tipo de prestación (Azamar, 2018; Aldana, 2020). En Ixtacamaxtitlán sucedió justamente eso. “Yo trabajé un mes, no voy a decir que no, me dieron de velador... después fueron cambiando muchas cosas, y dijimos que esto no es para nosotros... nada más trabajé 30 días” (E. Lozano, comunicación personal, 16 de mayo de 2022). “Tres meses es lo que he trabajado más. De ahí trabaja uno, le pagan a uno lo que trabaja, y al mismo tiempo como si renunciara, como si lo liquidaran a uno” (E. Huerta, comunicación personal, 17 de mayo de 2022). “Ahorita tienen jóvenes... para los incendios... contrataron pura juventud, les están pagando poco... Ya recibieron capacitaciones, eso tengo entendido. Pero son contaditos, y son jóvenes” (J. Mosqueda, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

La minería es uno de los sectores con mayor desigualdad de género en el acceso al empleo (Hill y Newell, 2009; Stefanovic y Saavedra, 2019). Solo una de las 46 mujeres encuestadas en Zotoltepec mencionó haber trabajado para el proyecto Ixtaca, situación que coincide con la masculinización del sector identificada en estos dos estudios. En el raro caso que sean contratadas, las mujeres participan en actividades que reproducen los roles tradicionales de género (Salazar, 2017):

Para los cursos de verano las contratan. No contrataron a mujeres en el área de exploración porque es pesado, pero sí contrataron en el área del módulo... Después de que hacen la extracción, pasan las piedras a una bodega y ahí las cortan, las miden y les hacen algunas cosas, ahí contratan mujeres (M. Galicia, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

## 4.2 Infraestructura comunitaria

Es común que las empresas “apoyen” a las comunidades con obras que en realidad deberían ser ejecutadas por autoridades gubernamentales, cooptándolas y suplantándolas poco a poco (Garibay y Balzaretti, 2009; Roblero y Hernández, 2012). En Zotoltepec, la empresa ha colaborado con “el techo de la primaria, el techado de la iglesia, en el bachillerato apoyó con un salón de cómputo, en la clínica dio un tanque de oxígeno” (E. Huerta, comunicación personal, 17 de mayo de 2022). Se trata de acciones mínimas (infraestructura y equipo) fácilmente ubicables dentro del marco de reciprocidad negativa propuesto por Garibay *et al.* (2014). Según Bastida-Orrego *et al.* (2018), 85.7% y 94.7% de la población de Zotoltepec y Tuligtic, respectivamente, consideran que “la minería va a traer enfermedades” al municipio; un tanque de oxígeno resulta claramente insuficiente para atenderlas.

La mayoría (71.7%) de las mujeres encuestadas en el presente estudio indicaron que la minera ha colaborado con infraestructura comunitaria. La empresa ha logrado ganarse al gobierno local rentando el primer piso del edificio donde atienden las autoridades comunitarias y mezclándose con ellas. En el inmueble existe un auditorio que debería ser utilizado para congregarse a toda la población. Lamentablemente, desde que está la minera, éste debe ser rentado, ya no prestado, si la ocasión lo justifica. En los muchos años de trabajo de campo realizado por el autor y la autora del presente documento (al menos tres décadas), Zotoltepec es el primer sitio donde se nos pide dinero a cambio de reunir a la gente y exponer los motivos que nos llevaron a su comunidad. El taller tuvo que ser realizado en una cancha de básquetbol, contribuyendo aún más a su fracaso.

Las autoridades hacen caso omiso de la falsa reciprocidad que existe entre la comunidad y la empresa, aun sabiendo que los motivos de esta última no son genuinos, y que los montos invertidos son insignificantes:

En las fiestas patronales, a las autoridades los han apoyado, pero con muy poco efectivo, máximo cien mil pesos. Para ellos no es nada, ni un cuarto de la cooperación que se da aquí... Pero eso sí, en las premiaciones ellos se sacan fotos con la gente. Gente que ni los conoce. Ellos están en las premiaciones, pero nada de eso es cierto. A lo mejor [para] que digan que aquí en Santa María, todos están de acuerdo con ellos (E. Lozano, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

La necesidad de extraer y concentrar agua para procesar el mineral ha orillado a la empresa a ofrecer la construcción de presas de agua pluvial. La oferta ha sido motivo de polémica. Algunas personas afirman que la minera les va a resolver el problema de escasez<sup>3</sup> que ya existe en el municipio: “en los módulos siempre nos han explicado sobre el recurso del agua... siempre nos han dicho que van a construir las represas con agua de lluvia y que... nos van a dar... agua potable” (E. Hernández, comunicación personal, 18 de mayo de 2022). Otras no están tan seguras de que suceda: “esos señores dicen que ellos no nos van a quitar el agua, porque van a hacer una presa para atrapar el agua llovediza para no quitarnos el agua de manantiales, cosa que sabemos que no es cierto” (Entrevista grupal, julio 2020). Diversos estudios han demostrado que el principal problema en zonas de sacrificio minero es justamente el despojo del agua por parte de las empresas, situación que a mediano y largo plazo dificulta la viabilidad vital territorio como espacio de vida (Aldana, 2020; Santacruz *et al.*, 2022).

### 4.3 Eventos comunitarios y viajes a destinos mineros

Otro tipo de apoyos que la RSC postula como de “beneficio comunitario” son contribuciones a eventos sociales y viajes a destinos mineros. Los primeros (cursos de verano, celebraciones del día de la madre y del día del niño/a) están dirigidos principalmente a madres de familia, reproduciendo una vez más los roles de género que contribuyen a la subordinación de las mujeres (Salazar, 2017):

Y ahora del 10 de mayo, ahí estuvieron haciendo convivio, dando regalos a las señoras... Dijeron por ahí que dieron unas licuadoras, pero querían la copia de la credencial... Siempre han dado regalos y nunca habían pedido credencial. Nunca, nunca nos han pedido papeles. Y ahora el 10 de mayo estuvieron dando macetas también (A. Gómez, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

<sup>3</sup> En 2022, Ixtacamaxtitlán fue el único de todos los municipios del estado de Puebla que mantuvo una condición de sequía (De la Rosa, 2022).

Los viajes son organizados periódicamente para visitar sitios mineros y mostrar la benignidad de la minería, cuando en realidad constituyen una estrategia para comprar a la gente: “[fuimos] a una mina subterránea. La verdad pues sí, yo quedé encantada. Y luego te hospedan en hotel de lujo, te atienden bien, te llevan a un buen restaurante y puedes pedir lo que quieras” (M. Bustamante, comunicación personal, 17 de mayo de 2022). En estos viajes, y también en la comunidad, se imparten pláticas sobre los beneficios de la minería:

De acá hay varios que han ido, un chingo de gente que han ido. A ver cómo están operando esas minas. [Acá] nos han puesto reportes, videos, cómo están trabajando... se ve que... está la mina cerca y el pueblito cerca y no pasa nada ahí... Eso lo han comentado ellos en las juntas, porque han hecho un chingo de asambleas (E. Huerta, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

## 4.4 Impactos de la RSC del Proyecto Ixtaca en las comunidades de estudio

La expansión de la minería en los territorios rurales e indígenas de América Latina ha contribuido a la destrucción de la cultural local (Munarriz, 2008; Cortés et al., 2019; Vázquez y Peña, 2022). En este ámbito Ixtacamaxitlán tampoco ha sido la excepción. Las comunidades se encuentran confrontadas en torno al tema de la herencia indígena, principal bandera de Tecoltémic para lograr la suspensión de las concesiones. Según algunas personas, este argumento es “una trampa” porque en el municipio no hay hombres “con pantalón de manta, como andan los que hablan otro idioma” (E. Huerta, comunicación personal, 17 de mayo de 2022), ni tampoco mujeres que porten una “falda de naca” (C. Martínez, comunicación personal, 17 de mayo de 2022). Una de las consecuencias de estas disputas es justamente el debilitamiento de las formas que tradicionalmente se utilizaban para resolver problemas internos:

Otra cosa que yo veo grave es que anteriormente la gente tenía una necesidad, digamos una carretera dañada, que hay que pintar el palacio, que hay que cambiarle la teja a la iglesia, se convocaba a una reunión, se hablaba, se decía cuánto se iba a cooperar, se quedaba un acuerdo... ya sea por paga o por faena, o tal cosa. Ahora todo quieren que la mina haga (M. Bustamante, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

Incluso las personas a favor de la empresa lamentan estas divisiones, argumentando que es mejor mantenerse unidos y sacar ventaja de la llegada de la mina al territorio:

Si nosotros fuéramos unidos, podemos pedir más apoyo, porque ellos van a sacar lo que van a sacar y se lo van a llevar y nosotros vamos a estar cruzados de manos ¿Qué dejan al pueblo? Nada, pero es por lo mismo, porque hay división... Yo veo mal eso... Yo estoy de acuerdo con la mina, pero... yo debo tener respeto hacia las personas, o sea, no dividirse. Los de la empresa van a estar el tiempo que quieran, y nosotros, como comunidad, debemos estar unidos, no separados. Es un pleito ya muy feo (J. M. Lara, comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

La mayoría de las mujeres encuestadas (80.4%) consideran que la presencia de la minera es un factor de conflicto en la comunidad, siendo los principales problemas: división familiar (89.2%), incremento de violencia (35.1%) y presencia de gente extraña (35.1%). Esto genera sentimientos de tristeza en 67.6% de ellas, tema rara vez considerado en el análisis (Navarro, 2021).

En resumen, las acciones que conforman la RSC del Proyecto Ixtaca son parecidas a las utilizadas en otros contextos. La oferta de empleos, la infraestructura comunitaria y los apoyos para eventos sociales constituyen estrategias de convencimiento más que verdaderos compromisos con el desarrollo del municipio, esto sin mencionar las divisiones que se generan porque dichos recursos no son distribuidos de manera equitativa. En la siguiente sección se analizan las estrategias utilizadas por las comunidades para contrarrestar estas iniciativas.

## 5. Estrategias comunitarias de defensa

### 5.1 Tuligtic y la defensa del agua

Tuligtic es una comunidad de 193 habitantes (50.3% mujeres y 49.7% hombres) dedicada a la agricultura (INEGI, 2021b). Su nombre alude a la presencia de tules (*Schoenoplectus sp.*), una planta que prospera en presencia de agua. Desde 1977 existe un grupo de regantes que obtuvo la concesión para irrigar 60 hectáreas con los manantiales Atequiza y Amelteno (DOF, 1977). Un poco más abajo se ubica Zacatepec, pueblo que en 1978 obtuvo la concesión del manantial Hueyicalco para 20 regantes (DOF, 1978). En los campos de ambas localidades se cultiva haba, alfalfa, avena y frutales:

La mayoría [de las parcelas] tienen sistema de riego por aspersión... En tiempos de frío es el único pueblo que está verde. Se siembra forraje, se siembra ajo, haba, avena, lo que no se hiela. Todo para consumo propio. Algunos tienen su ganado, pero muy pocos... aquí todo el tiempo la gente está trabajando la tierra (A. Mosqueda, comunicación personal, julio 2020).

La empresa se acercó a Tuligtic desde la fase de prospección para tomar acuerdos relacionados con la compra de agua. “Lo que estos señores andaban buscando eran manantiales... de dónde sacar el agua” (Entrevista grupal, julio 2020). Según el testimonio de un migrante de retorno, fue necesario informarse sobre los beneficios y afectaciones de la minería para convencer a más personas y decidir en colectivo la cancelación de un acuerdo de venta de agua que había sido tomado cuando él se encontraba en Estados Unidos y del cual no se había recibido ningún pago. En asamblea se acordó adoptar el principio de “cero negociaciones y cero comunicaciones con la empresa”, es decir, romper todo trato (individual y colectivo) con sus representantes:

La alternativa utilizada por la empresa fue acudir con la comunidad vecina de Zacatepec para comprar agua a cambio de la construcción de una presa de 5,000m<sup>3</sup> que ya se encuentra en funcionamiento: “después de que aquí ya no se les dio agua, acudieron con ese pueblo, con Zacatepec y, hasta donde sabemos, ellos les han estado dando agua. Todas las barrenaciones que han hecho, el agua que utilizaron es de Zacatepec” (A. Mosqueda, julio 2020).

Aparentemente el agua de Zacatepec no ha sido suficiente, dado que existen registros de pozos perforados en otras partes del municipio: “hicieron pozos y anduvieron buscando... un área donde hacer más pozos” (F. Zambrano, comunicación personal, 16 de mayo de 2022). Los tratos han sido individuales en lugar de colectivos, estrategia común entre compañías extractivas que intentan debilitar la resistencia comunitaria (Lucio, 2016). Algunos terrenos fueron invadidos, otra táctica frecuentemente utilizada en contextos similares (Roblero y Hernández, 2012). “[El señor] no vive aquí, entonces, cuando él se dio cuenta pues no hizo nada... Supimos que pasaron a medir, porque se metieron al terreno, porque ponían sus listoncitos” (Entrevista grupal, julio 2020).



Bastidas-Orrego *et al.* (2018) identificaron dos afectaciones con relación al agua en el municipio de Ixtacamaxtitlán: la destrucción de un manantial y la muerte de animales por consumo de agua contaminada. Según los autores, el problema se debe a que Almaden Minerals hizo un mayor número de barrenaciones a las autorizadas por SEMARNAT, y a una profundidad mayor en relación con la ubicación de mantos acuíferos. Beaucage y Marreros (2020) afirman que las 500 barrenaciones realizadas por la empresa (en contraste con las 163 autorizadas) contaminaron el agua con sustancias que se utilizan para procesar el material pétreo:

Mi hermano... tenía una venita de agua, un manantialito donde regaba sus ajos y con eso subsistía... Fueron a meter un barreno y rompieron la venita... Y no nada más él, había otro señor que también de todos los escurrideritos hizo solo uno para regar sus tierras y también le quitaron su agua... Allá en la bodega donde hacen el análisis utilizan agua, y esa agua la echan a la barranca. Uno de mis compadres tiene ganado y cruza la barranca para ir al otro terreno. Un día le ganó su ganado, fue a tomar agua y se le murieron 14 cabras (F. Zambrano, comunicación personal, julio 2020).

Una de las principales preocupaciones en torno al proyecto minero fue el despojo y la contaminación del agua. La mayoría de la población de Zotoltepec y Tuligtic (79.3% y 94.7%, respectivamente) consideran que la actividad minera podría afectar el agua que consumen (Bastidas-Orrego *et al.*, 2018). Cuando formulamos la misma interrogante en términos de los daños ya ocurridos, los porcentajes fueron menores. Solo 26% de las mujeres señalaron que la minera había afectado su disponibilidad de agua, y 13% dijeron que la había contaminado. Igual que en el trabajo de Bastidas-Orrego *et al.* (2019), los porcentajes se incrementan cuando se pregunta de manera hipotética por escenarios a futuro: 69.6% de las mujeres expresó preocupación por la posible destrucción del paisaje, 76.1% por la contaminación de cuerpos de agua, 67.4% por el despojo de esta, y 71.7% por afectaciones a la fauna silvestre y cambios culturales en la comunidad.

En resumen, la gente de Tuligtic logró revertir el acuerdo gracias a la inquietud de un migrante de retorno cuyos campos agrícolas están en plena prosperidad. La defensa del agua se convirtió en uno de los principales ejes articuladores de lucha; cuando la asamblea de Tuligtic se negó a entrar en transacciones económicas con la empresa, el sujeto colectivo resultó fortalecido. Como sucede en otros contextos mineros, la fuerte tradición campesina logró conformar una sola voz para enfrentar al extractivismo y proteger así la vocación agrícola del territorio (Argento, 2020).

## 5.2 Tecoltémic y la reivindicación de la herencia indígena

Tecoltémic tiene una población de 142 habitantes (48% mujeres y 52% hombres) que trabajan los terrenos de un ejido de 328.9 hectáreas de superficie repartidas entre 56 ejidatario/as (INEGI, 2021b; RAN, 2023). De acuerdo con la clasificación del gobierno federal, Tecoltémic es un poblado indígena y Tuligtic no lo es, quizás porque el primero es un ejido y el segundo es un colectivo de pequeños propietarios cuya forma de tenencia no es reconocida como social por la legislación agraria. Esto ha facilitado la toma de decisiones a través del comisariado ejidal de Tecoltémic, comunidad que de hecho se ha convertido en la representante de todo el movimiento:

Nosotros [Tuligtic], tristemente ya no estamos como un pueblo indígena. Pero en el mapita que usted me muestra está Tecoltémic y está Ocotla... Ahí sí son indígenas. Entonces se tomó el acuerdo de que esa comunidad... represente al movimiento, porque el gobierno siempre pone más interés en los pueblos nativos (A. Mosqueda, comunicación personal, julio 2020).

La caracterización como indígena impulsó a la asamblea de Tecoltémic a llevar su lucha a tribunales: Platicamos con el CESDER y ellos ya conocían [el caso de] Guerrero... Nos dijeron, no se crean que trae beneficios, los que quieran ir a conocer, vayan, y van a ver los riesgos... Ya fuimos a ver la minería... Llegamos aquí y les dimos a conocer... se siguió viendo cómo pedir apoyo... El CESDER comenzó a enlazarse con las abogadas y a tramitar el amparo. Toda la gente comenzó a moverse para que se hiciera el amparo (Entrevista grupal, 19 de mayo de 2022).

Parte importante del proceso fue incrementar el apoyo a través de actividades de difusión: Empezó por rumores de que la mina se haría ahí, de que la gente a lo mejor se viene a estar metiendo. Entonces empezamos a hacerlo más público, que se necesitaba apoyo para poder retirarlos, y así empezamos, hasta que por fin se metió el amparo (Entrevista grupal, 19 de mayo de 2022).

Como ya se dijo arriba (Cuadro 2), la demanda de Amparo 445/2015 solicitaba revisar “diversas disposiciones de la Ley Minera relacionadas con el otorgamiento de concesiones mineras y su impacto en los derechos de los pueblos indígenas al territorio; a la consulta previa, libre, informada, de buena fe, culturalmente adecuada y mediante los procedimientos apropiados; y al principio de pluriculturalidad” (PRODH, 2021, p. 1). En 2019 se logró la suspensión temporal de toda actividad minera en las áreas concesionadas, pero la empresa hizo caso omiso y los trabajos de exploración continuaron. El siguiente paso fue buscar la nulidad de las concesiones. Como sucede en muchos casos (CCRS y PODER, 2020; Martínez *et al.*, 2019), la lucha pasó por diversas instancias hasta que en febrero de 2022 la SCJN reconoció el derecho a la consulta del pueblo de Tecoltémic y ordenó a la SE dejar insubsistentes los títulos de concesión aplicables a Cerro Grande I y Cerro Grande II (SCJN, 2022), mandato que fue cumplido en febrero de 2023 (FUNDAR, 2023; Hernández, 2023).

A diferencia de Zotoltepec, donde algunas personas ponen en duda el legado indígena del municipio (ver sección anterior), en Tecoltémic la resolución contribuyó a fortalecerlo, reafirmando lo documentado por Stephen (2005) para Oaxaca: la identidad es flexible, se redefine y vigoriza ante alguna situación de conflicto o la influencia de entidades externas. “Nosotros nos consideramos indígenas. [Y] pues hasta ahorita con esto, [finalmente] han comprendido que somos de sangre indígena” (E. Marroquín, comunicación personal, 19 de mayo de 2022). Argento (2020) reporta una situación similar en la lucha anti-minera de Salinas Grandes y Laguna Guayatayoc, Argentina, sitio donde la identidad indígena trascendió el lenguaje y la vestimenta (dos elementos tradicionalmente asociados a la cultura de pueblos originarios) para resignificar un proyecto colectivo y un futuro compartido en el territorio.

Al igual que en Argentina, en Ixtacamaxtlán se llegó a argumentar que solo 10% de la población conserva el idioma náhuatl; la gente que se opone a la mina respondía de esta manera:

Para empezar, ellos no son de aquí, no conocen las raíces de estos pueblos para decir que no somos pueblos originarios, indígenas... [Si] supieran un poquito de la historia... Para mí es una falta de respeto muy grande hacia nosotros, porque sabemos de dónde venimos (Entrevista grupal, 19 de mayo de 2022).

El discurso de defensa hace referencias a presentes, pasadas y futuras generaciones, mostrando así la construcción histórica del territorio a lo largo de los siglos: “nuestro sueño... es derrotar a la empresa minera, que se vaya de aquí para estar tranquilos, trabajar felices, vivir como hemos venido viviendo... Nuestros padres, abuelos, bisabuelos, tatarabuelos... A nosotros nos toca defender aquella lucha que tuvieron ellos también” (Entrevista grupal, 19 de mayo de 2022).



Como en Tuligtic, la resistencia en Tecoltémic también tiene un rostro agrícola y de defensa de los recursos naturales. En sus terrenos puede verse maíz, frijol, frutales, y agaves de distinta variedad. Cerca de 160 hectáreas del ejido constituyen una reserva forestal de uso común que funciona como zona de recarga de manantiales (Suárez, 2022). El programa Sembrando Vida<sup>4</sup> ha servido para mantener viva a la agricultura ante la histórica necesidad de migrar por temporadas para lograr el sustento:

Yo me fui a trabajar a Veracruz como en el [año] 60, trabajaba unos 30 días y venía a ver a mis papás, trabajé de jornalero. Ya después me fui a trabajar a una empresa de pavimento en Gutiérrez Zamora, como tres años. Me fui después de carpintero y herrero. Pero iba yo y venía. [Siembro] maíz, frijol y haba de temporal... Ahorita a una de mis muchachas le dieron [el programa] Sembrando Vida (E. Marroquín, Comunicación personal, 19 de mayo de 2022).

[Sembrando Vida] es una forma de trabajar sanamente, nosotros aquí hemos estado luchando contra los proyectos de muerte, nosotros trabajamos el campo, la naturaleza la tratamos de cuidar sembrando árboles, sembrando nuestros propios alimentos, por eso estamos en contra de las minas, porque trabajamos en grupo para sostener a nuestra familia (Entrevista grupal, 19 de mayo de 2022).

En resumen, el carácter de indígena de Tecoltémic, reconocido como tal por el Estado, lo convirtió en el representante del movimiento socioterritorial que logró la cancelación de las concesiones (Ule y Rosset, 2022). Esto ha contribuido a fortalecer la identidad indígena y la vocación agrícola de sus habitantes.

### 5.3 La recampesinización de Zotoltepec

Zotoltepec es un poblado de 478 habitantes (53% mujeres y 47% hombres), además de un ejido de 219.3 hectáreas repartidas entre 46 ejidatario/as (INEGI, 2021b; RAN, 2023). En sus terrenos predominan cultivos de maíz y frijol de temporal; algunas familias han experimentado con sistemas de riego por goteo o aspersión para ajo, fresa, hortalizas y frutales. Hay quienes consideran que la presencia de la mina en la región es una amenaza para esta actividad:

Lo que aquí nos preocupa, es que nosotros vivimos del campo. Esperemos que no se haga [la mina], pero si se llega a hacer, ¿de qué vamos a vivir los que estamos viejos, los que no tenemos nada? Nosotros en la tierrita tenemos esperanza. A lo mejor, uno ya no las puede trabajar por la edad, pero ya abriendo [las minas] se va a esterilizar todo. Aquí se va a poner feo, aquí no se va a dar nada (M. Lozano, Comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

Él está muy en contra porque tiene unas fresas allá y es ejido, ¿se imagina al rato? Se va todo, lo que han hecho se va a ir a la basura. Es como ahorita, lo que estamos comentando de Sembrando Vida, si se llega a hacer [la mina], todo eso se derrumba (M. E. Lara, Comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

4 Programa federal orientado a la pequeña agricultura; retoma prácticas agroecológicas y agroforestales para reactivar la producción de alimentos básicos, frutales y otras especies maderables y no maderables de importancia económica. Cada participante recibe MXN\$5,000.00 de los cuales se retienen MXN\$500.00 para ahorro (SB, 2022). Para agosto de 2022, el estado de Puebla contaba con 15,844 personas beneficiadas, de las cuales 748 corresponden a Ixtacamaxitlán (UPEPD, 2023).

Al igual que en Tecoltémic, en Zotoltepec el programa Sembrando Vida ha favorecido la diversificación de alimentos, ampliando el interés de la población en cultivos de valor comercial tales como frutales y maderables (manzana, durazno) asociados a cultivos básicos (maíz, frijol). Con ello se ha logrado un mayor aprovechamiento de las tierras y la obtención de ingresos en distintas épocas del año.

El programa también ha representado oportunidades de ingresos para sectores tradicionalmente desfavorecidos, por ejemplo, las mujeres. Así lo dijo una de ellas: “ahorita gano más en el campo... A lo mejor es trabajo más pesado, pero gano. Ahí es libre, me pagan MXN\$200.00 al día” (M. E. Lara, Comunicación personal, 17 de mayo de 2022). Este dato es importante porque 61% de las encuestadas dijo dedicarse a la agricultura; existe mucho potencial para beneficiarlas con un programa que todavía no las favorece.<sup>5</sup>

Otro sector favorecido por Sembrando Vida son los jóvenes que están listos para asumir el relevo generacional en el trabajo agrícola:

Mi papá ya está grande y lo que me dejó, yo lo agradezco. Me dejó una herencia para que yo siga trabajando, y yo le quiero dejar igual a mis hijos, dejar una herencia para que ellos sigan trabajando y no se vayan a otro lado. Y ahorita, la verdad, estamos sembrando arbolitos frutales. El otro es intercalado con maderables agroindustriales y forestales... estamos sembrando maguey para el pulque, sembrando nopal, capulín y ocote (E. Lozano, Comunicación personal, 17 de mayo de 2022).

Sin embargo, al igual que en Tuligtic y Tecoltémic, en Zotoltepec no todo está ganado. La principal amenaza es la insistencia de parte de algunos ejidatarios/as de adoptar la figura de dominio pleno para vender sus terrenos. De adoptarlo, el ejido perdería su carácter colectivo, y la empresa estaría en posibilidades de hacer tratos individuales en lugar de dirigirse a las autoridades ejidales. La parte que se niega a vender se ha organizado para conformar al comisariado ejidal con personas ajenas a la mina, aguantando la presión de cerca de la mitad de los integrantes del ejido que quiere el dominio pleno; algunos de estos ya tienen contratos de compraventa con la empresa minera:

Ya llevamos año y medio, seguimos ganando, pero ellos siguen chingando; apenas después del citatorio, que nos mandan la invitación para ir a esa reunión, la querían para eso, para meter el dominio pleno. Pues ojalá ahorita no nos ganen la próxima elección de cambio de comisariado, porque si nos ganan ellos, ahí nos acabamos. Los señores que tienen el ejido de acá, ellos ya vendieron, tienen contrato de compraventa y por eso se empezó a trabajar para el dominio pleno (J. S. Márquez, Comunicación personal, 16 de mayo de 2022).

En resumen, Sembrando Vida ha contribuido a la recampesinización de las familias de Zotoltepec que se oponen a la mina, constituyéndose como alternativa de empleo para las personas que no trabajan para la empresa. Sin embargo, algunos ejidatarios/as están presionando para adoptar el dominio pleno y hacer efectivos sus contratos de compraventa de tierras, situación que hace aún más el fuerte conflicto entre los y las habitantes de esta comunidad.

<sup>5</sup> Actualmente Sembrando Vida atiende a 455,749 beneficiarios/as, de los cuales, 69% son hombres y 31% son mujeres (SB, 2022).

## Conclusiones

El presente artículo tuvo un objetivo doble: por un lado, describir las principales acciones de RSC del Proyecto Ixtaca en el municipio de Ixtacamatlán; por el otro, analizar las estrategias de defensa desarrolladas por las comunidades para detener su avance. Los conceptos que sustentaron el análisis de la información obtenida en el terreno son los siguientes: conflictos socioambientales; reciprocidad negativa; violencia sutil del extractivismo; zonas de sacrificio minero; defensa del territorio; movimiento socioterritorial. En esta última sección se resumen los principales hallazgos del análisis y se reflexiona sobre sus implicaciones.

Siguiendo a los autores que han analizado la política de RSC en contextos mineros, el artículo documenta las acciones y consecuencias de la RSC en Ixtacamatlán, destacando la oferta de empleo, la construcción de obra comunitaria, y el apoyo a eventos sociales. Los resultados coinciden con otros estudios en señalar que el verdadero objetivo de estas acciones es apropiarse del territorio a cambio de la menor retribución posible. La violencia sutil implícita en la dinámica de RSC conduce a la desconexión gradual del territorio y a la conformación de zonas de sacrificio donde predominan los sentimientos de desolación y abandono. A esto hay que añadir la división que las acciones de RSC generan al interior de comunidades y municipios. En el caso de Ixtacamatlán, la mayor parte de las acciones han sido destinadas a Zotoltepec, y es justamente en este lugar donde existen mayores niveles de confrontación entre vecinos.

Un aporte sustancial del artículo fue conceptualizar al conflicto socioambiental como algo que sucede no solo entre la empresa y las comunidades, sino también al interior de estas. Todos los elementos que componen la vida social de Ixtacamatlán están en disputa a causa de la presencia de la mina: la capacidad de la empresa para crear (o no) fuentes de empleo; su contribución al desarrollo comunitario a través de acciones favorables a la educación, la salud y el acceso al agua, o más bien, el despojo de esta; la herencia indígena del municipio. Cada actor social se define no por su rol comunitario, sino por su relación con la empresa, al grado de que en Zotoltepec se dice que las faldas que portan las mujeres indígenas son de “nacas”. No es ocioso preguntarse si la gente utilizaría este término si el proyecto minero nunca hubiera llegado al municipio.

Otro eje de división importante es la desigualdad de género. Las estrategias de RSC reproducen dicha desigualdad al crear empleos acordes con estereotipos, o al concentrar las ofertas en hombres que además tienen que ser ideológicamente leales a la empresa. Las iniciativas de desarrollo social abonan a la naturalización del papel de madres y esposas de las mujeres, desempoderándolas tanto a nivel familiar como comunitario. El programa Sembrando Vida, que ha servido de contrapeso por su capacidad de apoyar la agricultura campesina y generar empleos, también ha fallado en este sentido porque el porcentaje de beneficiarias no es equivalente al número de mujeres que dijeron dedicarse a la agricultura. Tanto la empresa, como las instancias de gobierno, están en deuda histórica con las mujeres de este municipio.

El movimiento de defensa ha sido efectivo al obtener dos importantes logros: la cancelación de las concesiones y la recampesinización de algunas familias. Esto último ha sido posible gracias a dos cosas: la vocación agrícola del municipio registrada desde tiempos prehispánicos; la política del gobierno actual, totalmente coyuntural, que por suerte ha optado por apoyar la producción de alimentos. Lamentablemente, esta política puede revertirse con un cambio de gobierno, y sus resultados a largo plazo todavía deben ser analizados, no solo en términos de avances en la recampesinización, sino también, y más importante, en la capacidad del país para alimentarse, es decir, en el fortalecimiento de su soberanía alimentaria.

Algunas comunidades han sido más efectivas que otras en las iniciativas de defensa del territorio. Zotoltepec es la más confrontada internamente por tener en su edificio principal al personal de la mina instalado de forma permanente. Sin embargo, algunas de sus instancias comunitarias, por ejemplo, la asamblea y el comisariado ejidal, han podido resistir el embate del extractivismo al poner en los principales cargos de dirección a personas ajenas a la mina que quieren evitar que el ejido desaparezca y su territorio se privatice.

Tuligtic y Tecoltémic tienen las cosas un poco más fáciles porque el personal de la mina llega con menos frecuencia a las partes altas del municipio. Ambas localidades tienen zonas forestales y de recarga de acuíferos que quieren conservar. Una diferencia importante entre ambas es que el Estado considera a Tecoltémic indígena, no así a Tuligtic, a pesar del vocablo que le da su nombre. Esta diferencia, constituida por instancias ajenas a las localidades, ha convertido a Tecoltémic en la comunidad líder del movimiento. La resolución de la SCJN ha contribuido a fortalecer la identidad, procedimientos y prácticas culturales de esta localidad, dejando fuera a otras que también tienen un fuerte arraigo campesino.

A pesar de las diferencias impuestas por instancias del Estado, que divide a la población indígena del mismo territorio a partir de etiquetas que solo ellas pueden otorgar o retirar, conviene destacar que tanto en Tecoltémic como en Tuligtic se ha logrado construir una defensa colectiva de los recursos naturales desde el principal órgano de toma de decisiones en comunidades campesinas de México, que es la asamblea. Independientemente de las etiquetas gubernamentales, en ambas localidades se adoptó la fórmula de “cero negociaciones y cero comunicaciones con la empresa” para evitar los tratos individuales que fracturan el tejido social de las comunidades.

El análisis detallado de cada caso ayudó a mostrar las distintas estrategias de defensa de cada lugar, construidas precisamente a partir de esas diferencias. En Tuligtic un acuerdo comunitario impidió la venta de agua; en Tecoltémic las etiquetas gubernamentales favorecieron la defensa del legado indígena de todo el municipio en la SCJN; en Zotoltepec es la vitalidad y actualidad del ejido la que sigue impidiendo la privatización y venta de tierras de propiedad social. En los tres casos destaca el poder colectivo de la asamblea, ya sea comunitaria o ejidal, para impedir la expansión del proyecto minero. Los resultados coinciden con lo encontrado en otros estudios que señalan el poder del colectivo para proteger la herencia de cada lugar a través de una sola voz.

El final de la historia aún está por escribirse. A pesar de los logros obtenidos, algunas personas siguen temiendo el despojo del agua y la tierra. Es a nivel comunitario donde todos los días se expresan las contradicciones de la política gubernamental, que por un lado permite el despojo y por el otro fomenta la producción de alimentos. Algunos actores salen más victoriosos que otros de estas querellas. En el caso de Ixtacamaxtitlán, nos atrevemos a decir que el liderazgo de una comunidad indígena es fortuito, dada la historia de discriminación que existe en México para con este sector de la población. La recampesinización también es coyuntural, y sus resultados a largo plazo están por verse. Por último, destacan las mujeres como uno de los sectores más invisibilizados a nivel comunitario, tanto en las acciones de responsabilidad social corporativa, como en las acciones de defensa.

## Referencias

- Aldana Castañeda, J. P. (2020). *Entre el desarrollo y el desastre: Megaminería de la BHP Billiton en América Latina* [tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79506/80196367.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Almaden Minerals (2023, 23 de enero). *About Almaden*. <https://www.almadenminerals.com/about-almaden>
- Argento, M. (2020). Sentidos políticos y construcción de lo común en los territorios de resistencias a la minería del litio de Salinas Grandes y Laguna Guayatayoc. *Cartografías del Sur. Revista de Ciencias, Artes y Tecnología*, (12), 105-134. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/172630>
- Azamar Alonso, A. (2018). Minería en México: pobreza para muchos, riqueza para pocos. *Argumentos*, 37(87), 151-171. <https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/article/download/1035/1052/>
- Bastidas-Orrego, L. M., Ramírez-Valverde, B., Cesín-Vargas, A., Juárez-Sánchez, J. P., Martínez-Carrera, D. y Vaquera-Huerta, H. (2019). Las comunidades de la Sierra Norte de Puebla, México, frente a los megaproyectos de minería. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 183–207. <https://doi.org/10.21696/rcsl9182019899>
- Bastidas-Orrego, L. M., Ramírez-Valverde, B., Cesín-Vargas, A., Juárez-Sánchez, J. P., Martínez-Carrera, D. y Vaquera-Huerta, H. (2018). Conflictos socioambientales y minería a cielo abierto en la Sierra Norte de Puebla, México. *Textual: análisis del medio rural latinoamericano*, (72), 35-65. <https://chapingo-cori.mx/textual/textual/article/view/r.textual.2017.72.003>
- Beaucage, P. y Marreros Lobato, A. (2020). *Aquí somos mexicanos, aunque no hablemos el idioma*. El Errante; CESDER. [https://reseaudialog.ca/wp-content/uploads/2020/12/Publication-CESDER\\_2020.pdf](https://reseaudialog.ca/wp-content/uploads/2020/12/Publication-CESDER_2020.pdf)
- Beaucage, P., Durán Olguín, E., Rivadeneyra Pasquel, I. y Olvera Ramírez, C.M. (2017). Con la ayuda de Dios. Crónica de luchas indígenas actuales por el territorio en la Sierra Nororiental de Puebla. *Journal de la Société des Américanistes*, 103(1), 1-20. <https://journals.openedition.org/jsa/15037>
- Boege, E. (2020, 26 de mayo). La minería industrial en territorios bioculturales de los pueblos indígenas. El despojo de los indígenas de sus territorios en el siglo XXI. *La Jornada de Oriente*. <https://www.lajornadadeoriente.com.mx/puebla/la-mineria-industrial-territorios-bioculturales/>
- Bonilla López, R. (2013). *Ixtacamaxtitlán un lugar con historia*. Montiel y Soriano Editores. <https://renebonillalopez85.wixsite.com/ixtacamaxtitlan>
- Camba, A. A. (2015). From colonialism to neoliberalism: Critical reflections on Philippine mining in the “long twentieth century”. *The Extractive Industries and Society*, 2(2), 287-301. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214790X15000507>
- Carrasco Lozano, M. E. E. (2015). Acceso al agua, uso y gestión. Un estudio con mujeres urbanas, periurbanas y rurales del municipio de Tlaxcala. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 19(1), 73–83. <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/16>
- Casado Gutiérrez, F. (2020). La influencia del Convenio 169 de la OIT en la justiciabilidad de los derechos indígenas a través de la jurisprudencia en los países del nuevo constitucionalismo latinoamericano. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 53(159), 977–994. <https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2020.159.15796>
- Castro Cuamatzin, H. (2021). *Minería, actores sociales, producción y disputa territorial en Ixtacamaxtitlán, Puebla: el caso del Proyecto Ixtaca 2017-2019* [Tesis de doctorado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/15392>

- Castro Ramírez, A. G., Zapata Martelo, E., Pérez Olvera, M.A. y Martínez Corona, G. B. (2015). Desposesión, minería y transformaciones en la vida de la población de Cedros, Zacatecas, México. *Oxímora Revista Internacional de Ética y Política*, (7), 276-299. <https://revistes.ub.edu/index.php/oximora/article/view/14515>
- Catalán-Vázquez, M. y Riojas-Rodríguez, H. (2015). Inequidad de género en salud en contextos de riesgos ambientales por actividades mineras e industriales en México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 37(6), 379-387. <https://www.insp.mx/centros/nutricion-y-salud/articulo/4125>
- Centro de Análisis e Investigación (FUNDAR) (2023). *Comunidad de Tecoltémic logra la cancelación definitiva de concesiones mineras en Ixtacamaxtitlán*. <https://fundar.org.mx/comunidad-de-tecoltemi-logra-la-cancelacion-definitiva-de-concesiones-mineras-en-ixtacamaxtitlan>
- Centro de Derechos Humanos Miguel Agustín Pro-Juárez A.C. (Centro PRODH) (2021). *Amicus Curiae/Amparo en Revisión 134/2021*. [https://centroprodh.org.mx/wp-content/uploads/2022/01/20220121\\_amicus\\_amparo\\_en\\_revision\\_134\\_2021.pdf](https://centroprodh.org.mx/wp-content/uploads/2022/01/20220121_amicus_amparo_en_revision_134_2021.pdf)
- Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) (2018). *Amparan a comunidades del pueblo maseual de la Sierra Nororiental de Puebla en contra de concesiones mineras*. <https://www.cemda.org.mx/amparan-a-comunidades-del-pueblo-maseual-de-la-sierra-nororiental-de-puebla-en-contra-de-concesiones-mineras/>
- Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) y Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER) (2020). *Cronología de la Impunidad*. [https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2020/08/Cronologia\\_delalmpunidad.pdf](https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2020/08/Cronologia_delalmpunidad.pdf)
- Concheiro Bórquez, L. y Rodríguez Wallenius, C. (2018). México: de la lucha por la tierra a la disputa por los territorios rurales. En B. Mançano Fernandes, L. F. Rincón y R. Kretschmer (Comp.), *La actualidad de la reforma agraria en América Latina* (pp. 167-188). Fundação Perseu Abramo.
- Cortés Cortés, R., Zapata Martelo, E. y Ayala Carrillo, M. R. (2019). Narrativas de despojo y destrucción. La megaminería en México a 30 años del capitalismo neoliberal. *Política y Cultura*, (52), 113-139. <https://polcul.xoc.uam.mx/index.php/polcul/article/view/1409>
- Creswell, J. W. y Hirose, M. (2019). Mixed methods and survey research in family medicine and community health. *Family Medicine and Community Health*, 7, e000086. <https://doi.org/10.1136/fmch-2018-000086>
- De la Rosa Priego, G. (2022, 7 de octubre). Sequía se va de Puebla: hasta septiembre, sólo Ixtacamaxtitlán la padecía. *Ángulo 7*. <https://www.angulo7.com.mx/2022/10/07/sequia-se-va-de-puebla-solo-un-municipio-la-presenta/>
- De la Torre de Lara, O. A. (2020). Conflictos socioambientales y defensa del territorio en México. *Faculdade*, 44. <https://doi.org/10.5216/rfd.v44.64245>
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (1977). *Título de concesión que se otorga a favor de un grupo de vecinos del pueblo de Tuligtic, parte alta, para aprovechar en riego las aguas mansas de los manantiales Amelteno y Atequiza, ubicados en el Municipio de Ixtacamaxtitlán, Pue.* [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4667530&fecha=16/12/1977&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4667530&fecha=16/12/1977&print=true)
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (1978). *Título de concesión que se otorga a favor de un grupo de pequeños propietarios vecinos del barrio de Tuligtic, parte baja, Municipio de Ixtacamaxtitlán, Estado de Puebla.* [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4691026&fecha=10/03/1978&print=true](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4691026&fecha=10/03/1978&print=true)
- Diego Quintana, R. (2014). Actores sociales rurales y la nación mexicana frente a los megaproyectos mineros. *Revista Problemas del Desarrollo*, 45(179), 159—180. <https://www.probdes.iiec.unam.mx/index.php/pde/article/view/47505>



- Galicia Gopar, M. A., Camacho Vera, J. H. y Santacruz De León, E. E. (2021). La actividad minera en Oaxaca: situación actual y perspectivas. *Revista de Geografía Agrícola*, (67), 47–76. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.67.03>
- Garibay Orozco, C. y Balzaretti Camacho, A. (2009). Goldcorp y la reciprocidad negativa en el paisaje minero de Mezcala, Guerrero. *Desacatos*, (30), 91–110. <https://desacatos.ciesas.edu.mx/index.php/Desacatos/article/view/414/289>
- Garibay, C., Boni, A., Panico, F. y Urquijo, P. (2014). Corporación minera, colusión gubernamental y desposesión campesina: El caso de Goldcorp Inc. en Mazapil, Zacatecas. *Desacatos*, (44), 113-142. <https://doi.org/10.29340/44.452>
- GeoComunes. (2021). *Concesiones mineras*. <http://132.248.14.102/search/?q=3.1.1>
- Gómez García, L. E. (2011). Un linaje enfrentado por el poder: don Francisco Temamascuicuil y don Pedro Solcuatzin, caciques de Iztacamaxtitlan, siglo XVI. *Nuevo Mundo Mundos Nuevos*, 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/nuevomundo.60646>
- Gudynas, E. (2009). Diez tesis urgentes sobre el nuevo extractivismo. Contextos y demandas bajo el progresismo sudamericano actual. En *Extractivismo, política y sociedad* (pp. 187–225). CAAP; CLAES. <http://www.gudynas.com/publicaciones/GudynasNuevoExtractivismo10Tesis09x2.pdf>
- Gudynas, E. (2015). *Extractivismos. Ecología, economía y política de un modo de entender el desarrollo y la naturaleza*. CEDIB.
- Guevara, M. A. y Silva, E. (2020). El (neo) extractivismo y su impacto en la vida de las mujeres en el sudeste de Pará. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 54, 227-248. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v54i0.66101>
- Gutiérrez Villalpando, V., Nazar Beutelspacher, A. Zapata Martelo, E., Contreras Utrera, J. y Salvatierra Izaba, B. (2013). Género y participación de las mujeres en la gestión del agua en las subcuencas Río Sabinal y Cañón del Sumidero, Berriozábal, Chiapas. *Revista de Estudios de Género. La Ventana*, (38), 246–276. <http://revistalaventana.cucsh.udg.mx/index.php/LV/article/view/533/550>
- Hernández, G. (2023, 18 de abril). Almaden Minerals impugnará cancelación de concesiones en Ixtacamaxtitlán, Puebla. *Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/nacional/2023/4/18/almaden-minerals-impugnara-cancelacion-de-concesiones-en-ixtamaxtitlan-puebla-305542.html>
- Hill, C. y Newell, K. (2009). *Women, communities, and mining: The gender impacts of mining and the role of gender impact assessment*. Oxfam Australia. <http://132.248.14.102/search/?q=3.1.1>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2012a). *Marco geoestadístico* <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021b). *Censo población y vivienda 2020*. [https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos)
- Lucio López, C. F. (2016). *Conflictos socioambientales, derechos humanos y movimiento indígena en el Istmo de Tehuantepec*. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Lugo López, E. J. (2022). “El territorio se va a quedar sin vida” *Construcción de un territorio prohibido para la minería en Magdalena Ocotlán, Oaxaca* [Tesis de doctorado, Colegio de Michoacán]. <https://colmich.repositorioinstitucional.mx/jspui/browse?type=author&value=Edgar+Javier+Lugo+L%C3%B3pez>
- Manriquez-Bucio, Y. y Urquijo, P. S. (2019). Responsabilidad social corporativa como forma de control político en proyectos mineros e hidroeléctricos de la Sierra Norte de Puebla, *Región y Sociedad*, 31, e1171. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1171>

- Martínez Vásquez, E., Vázquez García, V., Valtierra Pacheco, E., Porter Bolland, L., Molina Rosales D. O. y Manzo Ramos F. (2019). Soya, miel y el convenio 169 de la OIT en Los Chenes, Campeche. En F. Quintana Solórzano (ed.), *Sociedad global, crisis ambiental y sistemas socioecológicos* (pp. 14—31). UNAM. [https://www.researchgate.net/publication/340617058\\_Soya\\_miel\\_y\\_el\\_Convenio\\_169\\_de\\_la\\_OIT\\_en\\_Los\\_Chenes\\_Campeche](https://www.researchgate.net/publication/340617058_Soya_miel_y_el_Convenio_169_de_la_OIT_en_Los_Chenes_Campeche)
- Munarriz, G. (2008). Rhetoric and reality: the world bank development policies, mining corporations, and indigenous communities in Latin America. *International Community Law Review*, 10(4), 431-443.
- Navarro Trujillo, M. L. (2021). Struggles in defense of life within the context of dispossession and capitalist violence in Mexico: a closer look through the lens of the production of the common. *Latin American and Caribbean Ethnic Studies*, 16(2), 130—149. <https://doi.org/10.1080/17442222.2020.1854367>
- Neyra Soupplet, R. V. (2018). Conflictos socioambientales en el Perú, extractivismo, colonialidad y violencia. *trAndeS Working Paper Series 4*. <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/22575>
- Neyra Soupplet, R. V. (2020). Extractivismo, colonialidad y violencia en el Perú. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 33(1), 37-54. <https://redibec.org/ojs>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2016). *Convenio núm. 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes y la consulta previa a los pueblos indígenas en proyectos de inversión*. OIT. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms\\_507556.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_507556.pdf)
- Paz Salinas, M. F. (2012). Deterioro y resistencias. Conflictos socioambientales en México. En D. Tetreault, H. Ochoa-García y E. Hernández-González (eds.), *Conflictos socioambientales y alternativas de la sociedad civil* (pp. 27—48). ITESO.
- Peña Aymara, S. T. (2018). *La integración latinoamericana desde nuestros pueblos: experiencias de lucha y resistencia frente al extractivismo en el caso del megaproyecto minero Conga en el Perú* [tesis de Licenciatura, Universidad Federal de Integración Latinoamericana]. <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2246>
- Raffle, K., Giroux, G. H. y Bamber, A. (2013). *Technical Report on the Tuligtic Project, Puebla State, Mexico*. Almaden Minerals Ltd. <https://static1.squarespace.com/static/5ed92e4d58c63e6402d44f65/t/60c1076041ec2a4883414d42/1623263108320/43-101+-+Almaden+Ixtaca+-+13+-+March+2013-op.pdf>
- Registro Agrario Nacional (RAN) (2023). *Padrón e Historial de Núcleos Agrarios*. <https://phina.ran.gob.mx/consultaPhina.php>
- Roblero Morales, M. y Hernández Aguilar, G. P. (2012). El despertar de la serpiente. La minería en la Sierra Madre de Chiapas. *Geografía Agrícola* 48-49, 75—88. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75730739006>
- Rodríguez, G. (2013). Minería: ¿para qué? ¿para dónde? y ¿para quién? Una mirada al hambre de materias primas del norte y de cómo está insertada la actividad minera en nuestras sociedades y modelos económicos. En R. Hoetner, C. Castro, M. Daza, J. de Echave y C. Ruiz (eds), *Minería y Movimientos Sociales en el Perú. Instrumentos y propuestas para la defensa de la vida, el agua y los territorios* (pp. 109 -120). Programa Democracia y Transformación Global. <https://democraciaglobal.org/wp-content/uploads/Mineria-y-Movimientos-Sociales-en-el-Peru-portada-y-pdf.pdf>
- Salazar Ramírez, H. (2017). El extractivismo desde el enfoque de género: una contribución en las estrategias para la defensa del territorio. *Sociedad y Ambiente*, (13), 35-57. <https://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/1754/1677>
- Salazar Ramírez, H. y Rodríguez Flores, M. (2015). *Miradas en el territorio. Cómo mujeres y hombres enfrentan la minería*. Heinrich Böll Stiftung. <https://mx.boell.org/es/miradas-en-el-territorio-como-mujeres-y-hombres-enfrentan-la-mineria-0>

- Santacruz de León, G., Jacobo-Marín, D. y Rodríguez Cárdenas, G. (2022). La minería metálica y sus efectos en el acceso al agua en comunidades rurales de Zacatecas, México. Una perspectiva centrada en la desigualdad. *Población y Sociedad*, 29(1), 199-226. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/pys/article/view/6145>
- Secretaría de Economía (SE) (2019). *Base de concesiones mineras*. Transparencia/ Sistema Integral de Administración Minera. <http://www.siam.economia.gob.mx/es/siam/Transparencia#>
- Secretaría de Economía (SE) (2022). *Minería. Acciones y Programas*. <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>
- Secretaría del Bienestar (SB) (2022). *Programa Sembrando Vida*. <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>
- Servicio Geológico Mexicano (SGM) (2021). *Panorama minero del Estado de Puebla*. Secretaría de Economía. <https://www.sgm.gob.mx/pdfs/PUEBLA.pdf>
- Stefanovic, A. y Saavedra Alvayay, M. (2016). *Las mujeres en el sector minero de Chile. Propuestas para políticas públicas de igualdad*. CEPAL.
- Stephen, L. (2005). *Zapotec Women. Gender, class, and ethnicity in globalized Oaxaca*. Duke University Press.
- Suárez, G. (2022). *Tecoltemic: territorio, agua y vida, sí; minería, no*. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. <https://www.ccmss.org.mx/tecoltemi-territorio-agua-y-vida-si-mineria-no/>
- Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) (2022). Amparo en Revisión 134/2021. [https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/listas/documento\\_dos/2022-01/AR-134-2021-12012022.pdf](https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/listas/documento_dos/2022-01/AR-134-2021-12012022.pdf)
- Tetreault, D., Ochoa-García, H. y Hernández-González, E. (2012). Introducción. En *Conflictos socioambientales y alternativas de la sociedad civil* (pp. 13—36). ITESO. <http://hdl.handle.net/11117/425>
- Tritlla Cambra, J., Camprubi Cano A., Corona-Esquivel, R., Centeno-García E. y Terrazas A. (2001). Los depósitos hidrotermales de caolín-Au-Ag y sinteres de Ixtacamaxtitlán (Puebla): Resultados preliminares, *AIMMGM, AC. XXIV Convención Internacional*, Acapulco, Gro., pp.155-158. <https://www.researchgate.net/publication/230726660>
- Ule Muñoz, C. L. y Rosset P. M. (2022). La recampesinización y sus expresiones territoriales. *Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária-NERA*, 25(64), 180—202. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/9364>
- Unidad de Planeación y Evaluación de Programas para el Desarrollo (UPEPD) (2023). *Sembrando Vida*. <https://pub.bienestar.gob.mx/v2/pub/programasIntegrales/16/555>
- Uribe Sierra, S. E. y Toscana Aparicio, A. (2022). Boom minero y conflictividad en el noreste de Zacatecas, México. En H. Pereira, E. Ramos Filho y A. Herrera (eds.), *Defensa del territorio, la cultura y la vida ante el avance extractivista: una perspectiva desde América Latina* (pp. 113—128). CLACSO; CERI. <https://www.clacso.org/defensa-del-territorio-la-cultura-y-la-vida-ante-el-avance-extractivista/>
- Uribe Sierra, S. E., Toscana Aparicio, A. y Barrón Palos, E. J. (2021). Conflictos y resistencias campesinas ante la violencia del extractivismo minero en Salaverna. *Revista RIVAR*, 8(24), 36-55. <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i24.5166>
- Vázquez García, V. y Peña Godínez, E. (2022). Mujeres, agua y minería de titanio en el Soconusco, Chiapas. *Cuicuilco. Revista de Ciencias Antropológicas*, 29(85), 265-287. <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/articulo%3A23469>
- Vázquez García, V., Sosa Capistrán, D. M. y Martínez González, R. (2020). Género y extractivismo minero. Experiencias femeninas de movilización en Zacatecas y Puebla (México). *Revista de El Colegio de San Luis*, 10(21), 5-33. <https://doi.org/10.21696/rcsl102120201253>

- Villarreal Villamar, M. del C. y Echart Muñoz, E. (2018). *Pacha: defendiendo la tierra. Extractivismo, conflictos y alternativas en América Latina y Caribe*. Grisul. <https://www.academica.org/maria.del.carmen.villarreal.villamar/24>
- Vinró Sánchez, C. y Comajuncosa Casabella, J. (2009). La Responsabilidad Social Corporativa en la minería. *Minería Sostenible*, 9, 835-849. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6975/Responsabilidad%20social.pdf>

# La violencia de pareja y su relación con el ingreso laboral


## Intimate partner violence and its relationship to labor income

Yei Javier Zepeda Hernández<sup>1</sup> y Alma Sofía Santillán Hernández<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 11 de octubre del 2023

Fecha de aceptación: 18 de enero del 2024

1 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4376-9079> Correo: yeizep16@gmail.com

2 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8736-8366> Correo: [almasofia\\_santillan@uaeh.edu.mx](mailto:almasofia_santillan@uaeh.edu.mx)



Clasificada como  
competente internacional  
por Conahcyt



LICENCIA:  
Esta obra está bajo una licencia de Creative  
Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Resumen

En México, el 70.1% de las mujeres ha sido víctima de violencia a lo largo de su vida y el principal perpetrador es la pareja. La violencia de género es un problema de salud pública que tiene múltiples impactos negativos en la mujer y sus descendientes. Su relación con los ingresos es un asunto que ha sido escasamente estudiado para el caso mexicano. El objetivo es analizar el efecto de la violencia de pareja sobre el ingreso laboral de las mujeres en México, se usan datos de la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH 2021). Se emplea el método de componentes principales para calcular cinco tipos de violencia: física, emocional, económica, sexual y acoso. Para considerar la endogeneidad de las variables ingreso y violencia se emplea el método de variables instrumentales. Con excepción del acoso, los resultados indican una relación negativa entre los ingresos y los otros cuatro tipos de violencia. En específico, la violencia sexual es la que representa los mayores efectos negativos sobre el ingreso laboral; las mujeres víctimas de violencia sexual tienen una reducción promedio de 17.4% en el ingreso laboral mensual. Este efecto negativo representa una pérdida de poco más de dos meses de días de trabajo al año y, en términos agregados, equivale al 0.87% del PIB. Lo anterior resalta la importancia de orientar las acciones de política pública para trabajar en la prevención, atención, sanción y erradicación de cualquier tipo de violencia contra la mujer.

**Palabras clave:** Violencia de pareja, Ingresos laborales, Endogeneidad, Variables instrumentales, Costo de la violencia.

## Abstract

In Mexico, 70.1% of women have been victims of violence in their lifetime and the main perpetrator is her intimate partner. Gender violence is a public health problem that has multiple negative impacts in woman and their offsprings. The relation violence and income is an issue that has been scarcely studied for Mexico. The objective of this article is to analyze the intimate partner violence and its relationship to labor income for Mexican women, data used are from the National Survey on the Dynamics of Households Relationships (ENDIREH 2021). The principal component method is used to estimate five kinds of violence; physical, emotional, economic, sexual and, harassment. The instrumental variables method is used to consider the endogeneity of income and violence variables. Except harassment, the results indicate a negative relationship between income and violence. Specifically, sexual violence has the greatest negative effects; women who are victims of sexual violence have an average reduction of 17.4% in monthly labor income. This negative effect represents a loss of just over two month of working days per year and, in the aggregate terms, is equivalent to 0.87% of GDP. The above highlights the importance of orienting public policy actions to work in prevention, attention, punishment and eradications any kind of violence against women.

**Keywords:** Intimate partner violence, Labor income, Endogeneity, Instrumental variables, Cost of violence.



## Introducción

**E**l Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reporta que en México en el año 2021, el 70.1% de las mujeres de 15 años o más ha sido víctima de violencia a lo largo de su vida, dos de cada cinco mujeres casadas han sufrido violencia por parte de su pareja actual y 20.7% la sufrió en el último año. La violencia psicológica fue el tipo de violencia más experimentada, seguida de la violencia económica, (INEGI, 2022a). La violencia contra las mujeres es un grave problema social que aumentó en los años recientes (INEGI, 2022b).

La violencia trae consigo costos monetarios y no monetarios. Dentro los costos no monetarios se incluyen el daño psicológico, la pérdida de la salud y los efectos colaterales que se producen en los miembros de la familia. En los monetarios se pueden incluir el costo por la atención médica que la mujer pueda necesitar debido a las lesiones, las enfermedades que se generen producto de la situación de violencia como depresión, estrés y ansiedad o las denuncias judiciales. Y también se incluye la posible pérdida de ingresos laborales producto de ausencias laborales y baja en la productividad.

Respecto a la pérdida de ingresos debido a la violencia de pareja, para el año 2016 se calculó que la mujer pierde anualmente 30 días de trabajo remunerado y 28 días de trabajo no remunerado, en términos agregados esta cantidad asciende a 1.6 mil millones de pesos (INEGI, 2018). México es un país con ingresos laborales bajos en el que las mujeres reciben en promedio 6% menos ingresos que los hombres, (Arceo-Gómez y Campos-Vázquez, 2014), por lo que la pérdida de ingresos monetarios debidos a la violencia puede ser un factor que exacerbe las desventajas de las mujeres en términos monetarios.

La relación entre ingresos y violencia ha sido poco estudiada para el caso mexicano. Un antecedente reciente para México es de Aguirre (2023). Un aporte importante de la autora es que estima cinco índices de violencia, en lugar de emplear variables indicadoras de que la mujer sufrió algún tipo de violencia. Lo anterior permite identificar cómo afecta la intensidad de la violencia recibida a los ingresos de las mujeres. Para cada tipo de violencia, Aguirre encuentra evidencia de una relación negativa con los ingresos de las mujeres, el efecto más grande se observa para la violencia emocional.

Un aspecto que no considera Aguirre (2023) es la presencia de endogeneidad de la medida de violencia la cual proviene por tres fuentes: por la simultaneidad de las variables ingreso y violencia, por las características no observables que afectan tanto la violencia como el ingreso, y la tercera por el error de medición en las variables. El objetivo de este trabajo es contribuir en la exploración de la relación entre la violencia y los ingresos de las mujeres en México corrigiendo el problema de la endogeneidad de la violencia mediante el método de variables instrumentales, para ello, se emplean como instrumentos: los antecedentes de violencia de la mujer, de su pareja y el nivel de apoyo recibido por la mujer proveniente de personas que no habitan en el hogar. Para alcanzar el objetivo, se construyen cinco índices de violencia mediante la técnica de componentes principales y datos de la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) del año 2021, la cual es la encuesta representativa a nivel nacional más reciente que permite el estudio de la relación entre violencia e ingresos. Adicionalmente, se hace una estimación del costo de la violencia en términos del número de días laborales perdidos al año a causa de la violencia.

Los resultados indican que la violencia de pareja de tipo económica, emocional, física y sexual reducen en promedio los ingresos laborales de las mujeres casadas o en unión libre. El efecto más grande se encuentra en la violencia sexual, la cual disminuye en promedio en 17.4% el ingreso mensual de las mujeres, esto equivale a poco más de dos meses de trabajo remunerado perdido al año. El segundo efecto más grande se observa en la violencia física, seguido de la violencia económica y la emocional.

El documento se encuentra organizado de la siguiente manera. Primero se presenta la revisión de la literatura sobre la relación entre ingresos y violencia. Posteriormente se describen los datos y la muestra de estudio. En la siguiente sección se discute el método de estimación empleado. Enseguida se presentan los resultados y finalmente se exhiben las conclusiones.

## 1. Revisión de la literatura

La relación entre ingresos y violencia de pareja se ha estudiado con modelos teóricos y empíricos. Existen diversas teorías desde una perspectiva económica, sociológica y criminalística que enlazan la violencia con las cuestiones económicas; en específico se enfocan en analizar cómo la violencia se ve afectada por los ingresos. Como parte de las teorías económicas se encuentran los modelos de negociación dentro del hogar, los cuales predicen que las mujeres con mayores oportunidades económicas relativas, como pueden ser contar con ingresos más altos que su pareja, tienen mayor poder de negociación, lo que hace que la amenaza de abandonar a la pareja se vuelva más creíble y, por tanto, experimentan menores niveles de violencia, (Baranov *et al.*, 2020). Otra teoría económica es la extractiva la cual predice que la violencia es un medio para extraer dinero de su pareja, por lo tanto mayores ingresos de la mujer aumentan los recursos que el hombre puede extraer por medio de la violencia (Rao y Bloch, 2022; Kibris y Nelson, 2022).

La teoría del recurso relativo sugiere que las mujeres con mayores ingresos que su pareja son más susceptibles de ser violentadas, esto ocurre porque el ingreso se asocia con el poder dentro del hogar, de esta manera, cuando los hombres reciben menos ingresos que las mujeres sienten disminuido su poder y para restaurarlo reaccionan con violencia (McCloskey, 1996). Esto se basa en que las normas sociales se emplean en el hogar cuando de inicio no se establecen de manera explícita los acuerdos, por lo que éstas se usan para reafirmar posturas (Covarrubias, 2018). De acuerdo con la teoría de recursos en función del género, la teoría del recurso relativo no considera el rol de género establecido de manera cultural a los hombres de ser los proveedores del hogar. Tomando en cuenta ese rol, ante la incapacidad del hombre de proveer más recursos surgen las discusiones y la agresividad de los hombres hacia las mujeres (Abamsky *et al.*, 2019).

De la sociología se encuentra la teoría de la dependencia marital, la cual estipula que el origen de la violencia contra las mujeres es la dependencia económica; es decir, a mayor dependencia menor es la probabilidad de la mujer de abandonar a la pareja en caso de ser violentada. En consecuencia, mujeres con mayores ingresos (menores niveles de dependencia) tienen mayor poder de negociación y son menos propensas a permitir relaciones violentas (Vyas y Watts, 2009). Por otro lado, el modelo de contragolpe masculino usado en sociología argumenta que las mujeres son más propensas a experimentar violencia cuando tienen mayores recursos disponibles. Los hombres perciben las mejoras económicas de las mujeres como amenaza y reacción violentándolas, es decir, la violencia es un intento masculino por restaurar su dominancia dentro del hogar (Guarnieri y Rainer, 2018).

Los criminólogos desarrollaron la teoría de la reducción a la exposición la cual predice que conforme las mujeres tienen mejores condiciones económicas, tales como mayor participación laboral, mayor nivel educativo y mayores ingresos, se reduce la dependencia económica hacia su pareja, así como el tiempo de exposición con la pareja violenta, en consecuencia, la violencia hacia ellas se reduce (Dugan *et al.*, 1999).

Una forma de recibir ingresos por parte de las mujeres ocurre a través de las transferencias monetarias de programas sociales. En la mayoría de los países de bajos y medianos ingresos se ha encontrado

evidencia de que las transferencias están asociadas con una reducción de la violencia de pareja. Para el caso de México, la evidencia empírica es mixta. El primer antecedente es de Angelucci (2008) quien usa datos de la muestra de evaluación del programa de transferencias monetarias condicionadas Progres-Oportunidades para evaluar el efecto del monto de las transferencias recibidas sobre la violencia. La autora encuentra que las mujeres que recibieron montos pequeños de transferencias fueron 37% menos propensas a sufrir de violencia, mientras que ocurrió lo contrario para las mujeres que recibían altos montos de transferencias y el esposo tenía puntos de vista tradicionales en términos de los roles de género. Bobonis *et al.*, (2013) usan datos de la ENDIREH 2003 para estudiar el impacto de la recepción de transferencias del programa Oportunidades sobre la incidencia de tres tipos de violencia doméstica: física, sexual y emocional. Los autores encuentran que las mujeres beneficiarias fueron entre 5 y 7 puntos porcentuales menos propensas de ser víctimas de violencia física, pero fueron entre 3 y 5 puntos porcentuales más probables de sufrir de violencia emocional que las mujeres no beneficiarias.

La relación entre ingresos y violencia ha sido poco estudiada para el caso mexicano. El único antecedente reciente para México es de Aguirre (2023), quien empleó datos de la ENDIREH 2006 y 2016 para estimar cómo la violencia afecta el nivel de ingresos recibido por las mujeres. Para cada tipo de violencia Aguirre encuentra evidencia de una relación negativa con los ingresos de las mujeres, el efecto más grande se observa para la violencia emocional: el incremento de una desviación estándar en la violencia emocional reduce en promedio en 1.5% el ingreso laboral.

Un aspecto que no considera Aguirre (2023) es la endogeneidad de la medida de violencia la cual proviene por tres fuentes: la primera es la simultaneidad de las variables ingreso y violencia. De acuerdo con INEGI (2018), debido a la violencia se estima que las mujeres pierden 30 días de trabajo remunerado, lo que en consecuencia afecta sus ingresos laborales, es decir, la violencia afecta el nivel de ingresos. Por otro lado, el ingreso que reciben las mujeres es un factor que afecta positiva o negativamente la violencia que reciben, por ejemplo, según el modelo de contragolpe masculino las mujeres son más propensas a experimentar violencia cuando tienen mayores recursos (Guarnieri y Rainer, 2018); pero según el modelo de negociación, las mujeres con mayores ingresos tienden a tener mejores niveles de negociación del hogar y, en consecuencia, tienen menos posibilidades de ser víctimas de violencia (Baranov *et al.*, 2020), en otras palabras, el nivel de ingresos también afecta la probabilidad de ser víctima de violencia.

Otra fuente de endogeneidad son las características no observables que afectan tanto a la violencia como el ingreso, un ejemplo de estas variables son los estereotipos y roles sociales establecidos para cada género; si se tiene la idea de que la mujer debe quedarse a cuidar el hogar y el hombre es el proveedor de recursos, entonces se ve afectado el ingreso de la mujer al no poder emplearse y también se afecta la violencia dentro del hogar al haber dependencia económica de la mujer. La tercera fuente de endogeneidad es por error de medición en la variable de violencia, esto ocurre porque la información proviene del reporte de las mujeres sobre los incidentes de violencia.

De manera específica, las diferencias entre Aguirre (2023) y el presente documento son las siguientes: en este trabajo se emplean los datos más recientes representativos a nivel nacional para estimar la relación entre ingreso laboral y violencia, se propone el método de componentes principales para cuantificar la intensidad de la violencia y se corrige la endogeneidad de las variables ingreso y violencia.

## 2. Datos y método

Los datos usados para este análisis provienen de la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) que levantó INEGI durante el año 2021 y que es de acceso abierto a través del portal de institución. El objetivo de la encuesta es proporcionar información sobre los antecedentes de violencia que han sufrido las mujeres de 15 años y más en distintos ámbitos de su vida. Se trata de una encuesta con cobertura nacional (INEGI, 2022c).

Además de proveer información sobre las experiencias de violencia, la encuesta recopila información sobre el ingreso laboral de las mujeres. No obstante dado que no se proporcionan datos sobre el número de horas trabajadas, para el análisis sólo es posible el ingreso mensual que reciben las mujeres debido al trabajo realizado.<sup>3</sup> Otros datos relevantes que recoge la encuesta son sobre las personas agresoras y los antecedentes de violencia en la familia, tanto de la pareja como de la mujer.

Dado que el objetivo de este trabajo es analizar la violencia de pareja y su relación con el ingreso laboral, la muestra de estudio se restringe a mujeres trabajadoras de 15 años y más que están casadas o unidas y cuya pareja es residente en el hogar; la muestra contiene 24,549 registros que, al considerar el factor de expansión, representan a 9,537,807 mujeres casadas o unidas. En la columna Composición de la tabla 2 se muestra la estructura de la muestra de estudio según la edad, el nivel educativo, el tipo de localidad de residencia y el nivel socioeconómico. El 25.4% de la muestra corresponde a mujeres entre 30 y 39 años, 31.5% estudiaron a lo más secundaria, el 73% habita en una zona urbana y el 53.2% es considerada pobre.<sup>4</sup>

### 2.1 Estimación de los índices de violencia

En la ENDIREH se realizan preguntas por bloques que se relacionan con cierto tipo de violencia. En la tabla 1 se presentan las preguntas de interés que se emplean para construir los índices de violencia, éstas se refieren a los hechos ocurridos en los últimos doce meses relativo al momento de aplicación de la encuesta. Las respuestas son en escala de Likert y se sigue la asignación de valores a cada una de las respuestas como lo hace Aguirre (2023), es decir, se le asigna el valor uno si la respuesta sobre la ocurrencia del evento fue “una vez”, se le asigna el valor dos si la respuesta fue “muchas veces” o “pocas veces” y se asigna valor cero si la respuesta fue “no ocurrió”.

Para generar los índices de violencia se emplea la técnica de componentes principales. Esta técnica tiene el objetivo de reducir la dimensión de un conjunto de variables que están correlacionadas. Mediante componentes principales se busca generar un nuevo conjunto de variables formado por las combinaciones lineales de las variables correlacionadas. Se emplea este método porque se considera que las respuestas sobre la violencia no deben tener el mismo peso como lo hace Aguirre (2023). Por ejemplo no parece ser lo que mismo cuando una mujer responde que una vez su pareja “la ha amenazada con algún arma (cuchillo, navaja, pistola o rifle) o con quemarla”, al hecho de que una vez su pareja “le ha destruido, tirado o escondido cosas”, no obstante, estas preguntas se encuentran categorizadas en el mismo tipo de violencia por lo que no deberían ponderar de la misma forma dentro del índice de violencia.

<sup>3</sup> En la ENDIREH se pregunta a las mujeres que trabajan: Aproximadamente, ¿cuánto gana o recibe usted por su trabajo? ¿Cada cuánto? A partir de las respuestas a esas dos preguntas se construye el ingreso laboral mensual.

<sup>4</sup> La clasificación se realiza a partir del nivel socioeconómico, el cual es un índice creado mediante componentes principales, en este se incluyen preguntas sobre condiciones de la vivienda, tales como el tipo de piso de la vivienda y si la vivienda cuenta con radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, agua entubada dentro de la vivienda y drenaje conectado a la red pública.

A partir del método de componentes principales se logran identificar cinco tipos de violencia: económica, emocional, acoso, física y sexual. En la tabla 1 se presentan las preguntas que engloban cada uno de los índices, así como el peso (cargas factoriales) que tiene cada respuesta en la combinación lineal.

**Tabla 1. Variables que incluye cada uno de los índices de violencia y sus respectivas cargas factoriales**

Relación actual- De octubre de 2020 a la fecha, ¿esto ha ocurrido...	Cargas factoriales
<b>Violencia Económica</b>	
1.- le ha prohibido trabajar o estudiar?	0.202
2.- se ha adueñado o le ha quitado bienes (terrenos, casas, departamento, coche, etcétera)?	0.133
3.- se ha gastado el dinero que se necesita para la casa?	0.299
4.- no ha cumplido con dar el gasto o ha amenazado con no darlo?	0.289
5.- aunque tenga dinero ha sido codo o tacaño con los gastos de la casa?	0.310
6.- le ha reclamado por cómo gasta usted el dinero?	0.279
<b>Violencia Emocional</b>	
7.- la ha avergonzado, ofendido, menospreciado o humillado (le ha dicho que es fea o la ha comparado con otras mujeres)?	0.242
8.- la ha ignorado, no la toma en cuenta o no le brinda cariño?	0.250
9.- le ha dicho que usted lo engaña?	0.174
10.- le ha hecho sentir miedo?	0.130
11.- la ha amenazado con dejarla/abandonarla, dañarla, quitarle a los(as) hijos(as) o correrla de la casa?	0.203
12.- le ha dejado de hablar?	0.262
13.- ha hecho que los hijos(as) o parientes se pongan en su contra?	0.098
14.- se ha enojado mucho porque no está listo el quehacer, porque la comida no está como él quiere o cree que usted no cumplió con sus obligaciones?	0.206
<b>Acoso</b>	
15.- la ha encerrado, le ha prohibido salir o que la visiten?	0.230
16.- la ha vigilado, espiado, la ha seguido cuando sale de su casa o se le aparece de manera sorpresiva?	0.216
17.- la ha amenazado con algún arma (cuchillo, navaja, pistola o rifle) o con quemarla?	0.426
18.- la ha amenazado con matarla, matarse él o matar a los niños(as)?	0.405
19.- le ha destruido, tirado o escondido cosas de usted o del hogar?	0.251
<b>Violencia Física</b>	
20.- la ha empujado o le ha jalado el cabello?	0.379
21.- la ha pateado?	0.278
22.- le ha aventado algún objeto?	0.270
23.- la ha golpeado con el puño o con algún objeto?	0.394
24.- la ha tratado de ahorcar o asfixiar?	0.229
<b>Violencia Sexual</b>	
25.- le ha exigido con amenazas o chantajes tener relaciones sexuales, aunque usted no quiera?	0.400
26.- cuando tienen relaciones sexuales la ha obligado a hacer cosas que a usted no le gustan?	0.432
27.- ha usado su fuerza física para obligarla a tener relaciones sexuales?	0.422

Nota: cada línea indica la pregunta que le hicieron a la mujer. Para cada pregunta se creó una variable a la cual se le asigna valor uno si la respuesta fue “una vez”, se le asigna valor dos si la respuesta fue “muchas veces” o “pocas veces” y se asigna valor cero si la respuesta fue “no ocurrió”. Las cargas factoriales corresponden a los pesos estimados mediante el método de componentes principales para realizar un índice por cada tipo de violencia de pareja.

Fuente: elaboración propia con información de la ENDIREH 2021.

## 2.2 Estadística descriptiva de la muestra

En la tabla 2 se muestran los valores medios de los índices de violencia estimados para ciertos grupos poblacionales. Esta tabla refleja que cada tipo de violencia afecta de manera diferenciada a las mujeres. Los índices están contruidos de tal forma que una mayor magnitud es señal de mayor nivel de violencia. Las mujeres en el rango de edad de 40-49 años son quienes sufren en mayor medida violencia doméstica y sexual. Mientras que las mujeres entre 15 y 29 años son las que más sufren de violencia emocional, física y acoso. Por otro lado, las mujeres de 60 años y más son las que experimentan en menor medida de todos los tipos de violencia.

En cuanto a la escolaridad, aquellas mujeres con estudios de secundaria son las que padecen en mayor medida cuatro de los cinco tipos de violencia, sólo las mujeres con estudios de a lo más primaria son las que experimentan en mayor grado la violencia física. Referente al tipo de localidad de residencia, las mujeres en las zonas rurales son más propensas a someterse a violencia física, sexual y acoso, mientras que las mujeres de zonas urbanas padecen en mayor medida de violencia económica y emocional. Por lo que corresponde al nivel socioeconómico, se encuentra que las mujeres de hogares muy pobres (nivel socioeconómico muy bajo) son quienes sufren mayormente los cinco tipos de violencia considerados. Lo anterior es evidencia de que la violencia se encuentra presente en mayor grado en grupos poblacionales con determinadas características.

**Tabla 2. Composición de la muestra y valores medios de los distintos tipos de índices de violencia por grupos poblacionales.**

	Composición		Valores medios			
	(%)	Violencia Económica	Violencia Emocional	Acoso	Violencia Física	Violencia Sexual
<b>Edades (en años)</b>						
15 a 29	19.54	0.01	0.03	0.03	0.03	-0.01
30 a 39	25.42	0.00	0.01	0.02	-0.01	-0.01
40 a 49	21.72	0.03	0.03	0.02	0.00	0.04
50 a 59	17.17	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
60 y más	16.15	-0.09	-0.11	-0.04	-0.01	-0.06
<b>Escolaridad</b>						
A lo más primaria	27.91	0.01	-0.02	0.02	0.05	0.01
Secundaria	31.57	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02
Bachillerato	20.48	-0.02	0.01	-0.01	-0.03	-0.02
Profesional o posgrado	20.04	-0.05	-0.03	-0.04	-0.08	-0.04
<b>Tipo de localidad</b>						
Área Rural	27.07	-0.02	-0.04	0.02	0.01	0.01
Área Urbana	72.93	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01
<b>Nivel Socioeconómico del Hogar<sup>1</sup></b>						
Muy bajo	25.01	0.05	0.03	0.05	0.08	0.03
Bajo	28.18	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01
Medio	22.59	-0.02	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03
Alto	24.22	-0.04	-0.03	-0.02	-0.05	-0.01

Fuente: elaboración propia con información de la ENDIREH 2021.

Notas: En la categoría de Primaria en la sección de escolaridad se han agrupado a aquellas mujeres que a lo más terminaron la primaria, mientras que para las otras categorías (Secundaria, Bachillerato, Profesional y Posgrado) se han agrupado a mujeres que cursaron al menos un grado del nivel correspondiente. La columna Composición muestra la composición de la muestra de estudio. <sup>1</sup>Es un índice creado mediante componentes principales, en este se incluyen preguntas sobre condiciones de la vivienda, tales como el tipo de piso de la vivienda y si la vivienda cuenta con radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, agua entubada dentro de la vivienda y drenaje conectado a la red pública; las categorías que se presentan corresponden a los cuartiles de la distribución del índice. Los índices están contruidos de tal forma que una mayor magnitud es señal de mayor nivel de violencia.



## 2.3 Modelos

El objetivo de este trabajo es estimar la relación entre el ingreso laboral y cada tipo de violencia de pareja; un modelo que estudie esta relación puede ser de la siguiente forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 IV_i^j + \alpha X_i + u_i \quad (1)$$

Donde  $y_i$  es el logaritmo del ingreso mensual de la mujer  $i$ ,  $IV_i^j$  será el índice de violencia del tipo  $j$  recibido por la mujer  $i$ , donde  $j = \{\text{Económica, Emocional, Acoso, Física, Sexual}\}$ .  $X_i$  es un vector fila de características observables de la mujer tales como la edad, escolaridad, el nivel socioeconómico, grado de acceso a servicio de telecomunicaciones, el tamaño del hogar e indicadores del tipo de localidad de residencia, si tiene hijo y si habla lengua indígena.  $u_i$  es un término de error, el cual es una variable aleatoria que tiene como supuestos la distribución normal con media cero, varianza constante y que su covarianza con el vector  $y$  y su covarianza con el índice de violencia  $IV^j$  sean cero.

Este último supuesto no se cumple debido a que existe la posibilidad de simultaneidad entre las variables ingreso y violencia, porque el nivel de los ingresos puede afectar el grado de violencia hacia las mujeres (Angelucci, 2008; Bobonis *et al.*, 2013) y, el nivel de violencia puede afectar los ingresos recibidos (Aguirre, 2023), por lo tanto, emplear el método de regresión lineal múltiple llevaría a que los coeficientes estimados del modelo sean sesgados e inconsistentes. Un método para resolver este problema es el de variables instrumentales.

Específicamente con el método de variables instrumentales se estiman dos ecuaciones

$$IV_i^j = \alpha_0 + \alpha Z_i + \gamma X_i + \epsilon_i \quad (2)$$

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \widehat{IV}_i^j + \alpha X_i + u_i \quad (3)$$

Este sistema de ecuaciones se estima por mínimos cuadrados en dos etapas. En la primera etapa por el método de mínimos cuadrados ordinarios se estima la ecuación (2), donde  $Z_i$  es un vector de variables o instrumentos excluidos que tienen la particularidad de afectar el nivel de violencia pero no el nivel de ingresos recibidos, es decir  $Cov(Z, IV) \neq 0$  y  $Cov(Z, u) = 0$ .  $X_i$  es un vector fila de características observables, también llamado vector de instrumentos incluidos, que contiene las mismas variables que las descritas para la ecuación (1).  $\epsilon_i$  es un término de error con distribución normal con media cero, varianza constante y  $Cov((Z, X), \epsilon) = 0$ . Una vez estimados los valores ajustados de los niveles de violencia  $\widehat{IV}_i^j$ , se estima por mínimos cuadrados ordinarios la ecuación (3). Todas las estimaciones incluyen los pesos muestrales que se especifican en la encuesta para la mujer elegida dentro del hogar.

Encontrar un vector de instrumentos válidos es el principal reto de la implementación del método de variables instrumentales. Alonso-Borrego y Carrasco (2017) analizan la relación simultánea entre la condición de empleo y el riesgo de violencia doméstica para el caso de España, para ello emplean como instrumento la información geográfica sobre el empleo y las tasas de desempleo por género y edad. Usando datos de Turquía, Dildar (2021) toma en cuenta la endogeneidad entre el empleo y la violencia empleando como instrumento al promedio de la situación laboral de las mujeres por provincia. Mientras que Fajardo-González (2021) emplea como instrumento una indicadora de que el esposo fue maltratado o golpeado regularmente por sus padres o padrastros para estudiar la relación entre la violencia y la probabilidad de emplearse para el caso de mujeres de Colombia.

Los instrumentos  $Z$  que aquí se emplean son los antecedentes de violencia de la mujer durante su infancia, los antecedentes de violencia de la pareja durante la infancia y los apoyos con los que cuenta la mujer. Específicamente se consideran las siguientes variables: una indicadora de que la pareja de la mujer sufría violencia familiar durante la infancia, una indicadora de que durante la infancia de la pareja de la mujer su papá le pegaba a su mamá, un índice de los antecedentes de violencia durante la infancia de la mujer<sup>5</sup> y un índice que mide el nivel de apoyo que recibe la mujer independiente del recibido por parte de su pareja.<sup>6</sup>

Los antecedentes de violencia son importantes pues ocurre una transmisión intergeneracional de la violencia (Martin et al., 2002; Knaul y Ramírez, 2003). Mientras que el nivel de apoyo que la mujer recibe fuera del hogar hace factible la amenaza de abandonar el hogar y en consecuencia tiene efectos sobre el nivel de violencia. La hipótesis es que los antecedentes de violencia durante la infancia propician ejercer, para el caso de la pareja, o tolerar, para el caso de la mujer, la violencia en la etapa adulta y el nivel de apoyo recibido fuera del hogar afectan el nivel de violencia, pero una vez controlando por características individuales y del hogar, estos antecedentes y apoyos no tienen relación sobre el nivel de ingresos recibidos.

En la siguiente sección se presentan los resultados de la estimación del modelo sin considerar endogeneidad de las variables y los resultados por variables instrumentales, así como las respectivas pruebas de la validez de los instrumentos.

### 3. Resultados

En la tabla 3 se presentan los coeficientes estimados de la ecuación (1) para cada tipo de violencia, es decir, la estimación del efecto de la violencia sobre el ingreso laboral sin corregir por la endogeneidad de la violencia. En la columna (1) se presenta el coeficiente estimado del modelo que considera la violencia económica como una variable explicativa; se observa que el aumento de una desviación estándar en la violencia económica reduce en promedio en 1.1% el ingreso laboral mensual, el efecto es similar en el caso de la violencia emocional (columna 2). Estos resultados son parecidos en magnitud a los encontrados por Aguirre (2023). Para el resto de las violencias consideradas no se encuentra un efecto estadísticamente significativo sobre el ingreso laboral.

En cuanto a las variables de control incluidas en la modelación se observan comportamientos usuales: las mujeres de hogares más pequeños, con mayor edad, con más años de escolaridad, que viven en zonas urbanas, sin hijos, con mayor nivel socioeconómico y con servicios de telecomunicación son las que obtienen en promedio mayores ingresos laborales.

<sup>5</sup> Este índice se construye por medio de componentes principales mediante las respuestas a las preguntas 12.14.1-12.14.6 de la ENDIREH 2021.

<sup>6</sup> Esta variable se genera por medio de la técnica de componentes principales con las respuestas a las preguntas 16.3.1, 16.3.2 y 16.3.3 de la ENDIREH 2021.

**Tabla 3. Coeficientes estimados de la relación ingresos-violencia sin corregir por la endogeneidad de la violencia.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Violencia Económica</b>	-0.0112** (0.0054)				
<b>Violencia Emocional</b>		-0.0115*** (0.0042)			
<b>Acoso</b>			0.0040 (0.0071)		
<b>Violencia Física</b>				0.0012 (0.0050)	
<b>Violencia Sexual</b>					-0.0013 (0.0054)
<b>Tamaño del hogar</b>	-0.0212*** (0.0058)	-0.0213*** (0.0058)	-0.0215*** (0.0059)	-0.0215*** (0.0059)	-0.0215*** (0.0059)
<b>Edad de la mujer</b>	0.0185*** (0.0045)	0.0185*** (0.0045)	0.0183*** (0.0045)	0.0183*** (0.0045)	0.0184*** (0.0045)
<b>Edad de la mujer al cuadrado</b>	-0.00024*** (0.0001)	-0.00024*** (0.0001)	-0.00023*** (0.0001)	-0.00023*** (0.0001)	-0.00023*** (0.0001)
<b>Años de escolaridad</b>	0.0669*** (0.0029)	0.0669*** (0.0029)	0.0670*** (0.0029)	0.0670*** (0.0029)	0.0670*** (0.0030)
<b>1 = Pertenece a un área urbana</b>	0.120*** (0.0295)	0.120*** (0.0294)	0.119*** (0.0295)	0.119*** (0.0296)	0.119*** (0.0295)
<b>1 = Tiene al menos un hijo</b>	-0.149*** (0.0275)	-0.148*** (0.0275)	-0.150*** (0.0275)	-0.150*** (0.0276)	-0.150*** (0.0276)
<b>1 = Habla lengua indígena</b>	-0.062 (0.0445)	-0.062 (0.0445)	-0.0611 (0.0449)	-0.0609 (0.0450)	-0.0609 (0.0450)
<b>Nivel socioeconómico del hogar</b>	0.152*** (0.0145)	0.153*** (0.0146)	0.153*** (0.0146)	0.153*** (0.0147)	0.153*** (0.0146)
<b>Servicios de telecomunicaciones</b>	0.0980*** (0.0124)	0.0984*** (0.0123)	0.0988*** (0.0123)	0.0989*** (0.0123)	0.0989*** (0.0123)
<b>Constante</b>	7.471*** (0.1040)	7.473*** (0.1040)	7.476*** (0.1050)	7.476*** (0.1050)	7.476*** (0.1050)
<b>R-cuadrado</b>	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274
<b>Observaciones</b>	24,549	24,549	24,549	24,546	24,546

Nota: se presentan los coeficientes estimados de la ecuación (1). Los errores estándar se reportan entre paréntesis. Coeficiente significativo al \*\*\*1%, \*\*5%, \*10%. Los modelos se estimaron con errores estándar robustos y agrupados por estado.

Fuente: elaboración propia con información de la ENDIREH 2021.

## 2.1 Corrigiendo por la endogeneidad de la violencia: Modelo con variables instrumentales

Para tratar de corregir la endogeneidad de la violencia se emplea el método de variables instrumentales descrito por las ecuaciones (2) y (3). En la primera etapa de este método se obtiene la modelación de la violencia en términos de los instrumentos. En la tabla 4 se presentan los coeficientes de la ecuación (2), en cada columna se presenta el modelo para cada tipo de violencia, es decir, se pueden observar los factores que se asocian con la violencia recibida por las mujeres en situación de pareja.

El tamaño del hogar sólo tiene efectos significativos en la violencia económica y el efecto estimado indica que el aumento de un integrante en el tamaño del hogar aumenta en 0.02 DE el nivel de violencia económica. Por otra parte, el incremento de la edad de la mujer se asocia con mayores niveles de violencia económica, acoso y violencia sexual, pero este incremento cada vez se hace más pequeño. Los años de escolaridad sólo tienen efecto en la violencia sexual, la relación es negativa entre las variables, esto es, mujeres con mayores años de escolaridad tienen niveles promedios más bajo de violencia sexual. El tamaño de la localidad tiene efectos significativos en dos tipos de violencia; aquellas mujeres que habitan en zonas urbanas sufren en mayor medida de violencia económica y emocional que las mujeres de zonas rurales. Las mujeres con hijos padecen en mayor grado de violencia económica, emocional, física y acoso que las mujeres sin hijos. Respecto a las mujeres que hablan lengua indígena, en promedio, padecen menos de violencia económica y no se observan efectos significativos en el resto de los tipos de violencia. Finalmente, aquellas mujeres de niveles socioeconómicos más altos en menor medida sufren de violencia económica, emocional, física y acoso.

En términos de los instrumentos, se puede observar que los antecedentes de violencia están asociados de manera positiva con el nivel de violencia. Si la pareja de la mujer sufría de violencia familiar durante la infancia se estima un aumento promedio de 0.21 desviaciones estándar (DE) en la violencia económica de la mujer, en 0.29 DE en la violencia emocional, en 0.12 DE en la violencia física y en 0.04 DE en la violencia sexual, sin efecto significativo para el acoso. Mientras que el hecho de que durante la infancia de la pareja de la mujer, su papá le pegaba a su mamá se asocia con incrementos promedios entre 0.08 y 0.27 DE según el tipo de violencia considerado. Es decir, si la pareja de la mujer sufría de violencia o si su mamá era víctima de violencia por parte de su padre, incrementa los niveles de violencia que la pareja provoca a su pareja, esto es, existe una transmisión intergeneracional de la violencia, lo cual concuerda con lo encontrado por Martin *et al.* (2002) y Knaul y Ramírez (2003).

Por otro lado, se encuentra que los antecedentes de violencia durante la infancia de la mujer están asociados con todos los tipos de violencia. El efecto más grande se observa en la violencia emocional, en la que el aumento de una desviación estándar en los antecedentes de violencia aumenta en promedio 0.41 DE ese tipo de violencia. El efecto más pequeño se da en la violencia sexual con una magnitud de 0.15 DE. Esto reafirma el patrón de que las mujeres que recibieron violencia durante la infancia siguen siendo víctimas de violencia en su etapa adulta (Knaul y Ramírez, 2003).

En términos del apoyo con los que cuenta la mujer fuera del hogar, sólo se observa que tiene efecto significativo en la violencia física. El incremento de una desviación estándar en los apoyos que recibe la mujer reduce en promedio en 0.04 DE el nivel de violencia física que recibe.

**Tabla 4. Coeficientes estimados de la primera etapa del método de variables instrumentales**

	<b>Violencia Económica</b>	<b>Violencia Emocional</b>	<b>Acoso</b>	<b>Violencia Física</b>	<b>Violencia Sexual</b>
<b>Instrumentos excluidos</b>					
1 = La pareja de la mujer sufría violencia familiar durante la infancia	0.212*** (0.0461)	0.291*** (0.0363)	-0.0138 (0.0230)	0.138*** (0.0261)	0.0403** (0.0164)
1 = Durante la infancia de la pareja de la mujer, su papá le pegaba a su mamá	0.211*** (0.0587)	0.276*** (0.0420)	0.0894** (0.0354)	0.180*** (0.0434)	0.0952** (0.0387)
Antecedentes de violencia durante la infancia de la mujer	0.334*** (0.0337)	0.414*** (0.0528)	0.186*** (0.0390)	0.279*** (0.0458)	0.156*** (0.0549)
Ajeno a su pareja, la mujer cuenta con apoyo para el hogar	-0.0139 (0.0106)	-0.0078 (0.0134)	-0.0137 (0.0106)	-0.0406*** (0.0152)	0.0129 (0.0169)
<b>Instrumentos incluidos</b>					
Tamaño del hogar	0.0169** (0.0068)	0.0117 (0.0092)	-0.0112 (0.0090)	0.0021 (0.0041)	0.0068 (0.0078)
Edad de la mujer	0.0103* (0.0053)	0.0025 (0.0047)	0.0119*** (0.0040)	-0.0022 (0.0067)	0.0174*** (0.0038)
Edad de la mujer al cuadrado	-0.00014** (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	-0.00017*** (0.0000)	0.0000 (0.0001)	-0.00021*** (0.0000)
Años de escolaridad	-0.00315 (0.0037)	-0.00243 (0.0044)	-0.0050 (0.0036)	-0.0059 (0.0047)	-0.00907** (0.0043)
1 = Pertenece a un área urbana	0.116** (0.0499)	0.0781* (0.0424)	0.0194 (0.0404)	0.0324 (0.0456)	0.0082 (0.0458)
1 = Tiene al menos un hijo	0.115*** (0.0257)	0.110** (0.0450)	0.0690*** (0.0234)	0.0511* (0.0281)	0.0226 (0.0142)
1 = Habla lengua indígena	-0.154*** (0.0530)	-0.1310 (0.0872)	0.0306 (0.0715)	-0.0442 (0.0529)	-0.0637 (0.0747)
Nivel socioeconómico del hogar	-0.0911*** (0.0272)	-0.0394* (0.0206)	-0.0672** (0.0325)	-0.0503** (0.0253)	-0.0442 (0.0405)
Servicios de telecomunicaciones	-0.0610*** (0.0137)	-0.0326** (0.0127)	-0.0097 (0.0190)	-0.0489*** (0.0143)	0.00745 (0.0190)
Constante	-0.478*** (0.1180)	-0.327*** (0.0969)	-0.192** (0.0974)	-0.0890 (0.1150)	-0.345*** (0.0995)

Nota: se presentan los coeficientes estimados de la ecuación (2). Los errores estándar se reportan entre paréntesis. Coeficiente significativo al \*\*\*1%, \*\*5%, \*10%. Los modelos se estimaron con errores estándar robustos y agrupados por estado.

Fuente: elaboración propia con información de la ENDIREH 2021.

Verificar que los instrumentos tienen la particularidad de afectar el nivel de violencia (relevancia) pero no el nivel de ingresos recibidos (exogeneidad) permite contar con evidencia de que los coeficientes estimados son insesgados y consistentes. En la tabla 5 se exhiben las pruebas de hipótesis realizadas para probar la validez de los instrumentos, el valor de los estadísticos de prueba y sus respectivos valores *p*. Dentro de las pruebas de relevancia se observa que la prueba de hipótesis F de que en conjunto los

instrumentos excluidos no tienen relación con los respectivos tipos de violencia se rechaza al 1% de significancia; lo mismo sucede con la prueba de hipótesis de baja relevancia de los instrumentos.

Con relación a las pruebas de exogeneidad se emplea la hipótesis nula de que los instrumentos no están correlacionado con el término de error y los instrumentos excluidos fueron correctamente excluidos de la segunda etapa, esta prueba es importante porque el rechazo de esta prueba genera dudas sobre la validez de los instrumentos. Se puede observar que para el caso de la violencia física la hipótesis de exogeneidad no se puede rechazar al 1%, para el resto de los modelos, la hipótesis no se puede rechazar al 5% de significancia.

**Tabla 5. Pruebas de hipótesis sobre la validez de los instrumentos para cada uno de los modelos estimados**

	Hipótesis nula	Violencia Económica	Violencia Emocional	Acoso	Violencia Física	Violencia Sexual
<b>Pruebas de relevancia</b>						
F en la primera etapa	Todos los coeficientes de los instrumentos excluidos son igual a cero.	115.983 (0.000)	243.393 (0.000)	5.841 (0.001)	49.198 (0.000)	15.610 (0.000)
Kleibergen-Paap rank Wald test	Subidentificación/ baja relevancia de los instrumentos.	21.402 (0.000)	22.789 (0.000)	14.951 (0.005)	19.675 (0.001)	13.777 (0.008)
<b>Prueba de exogeneidad</b>						
Hansen estadístico J	Los instrumentos no están correlacionados con el término de error y los instrumentos excluidos fueron correctamente excluidos de la ecuación principal.	7.548 (0.056)	7.512 (0.057)	7.602 (0.055)	8.113 (0.044)	5.859 (0.119)

Nota: se presenta el valor de cada estadístico de prueba. Entre paréntesis se muestran los valores p.  
 Fuente: elaboración propia con información de la ENDIREH 2021.

En la tabla 6 se presentan los coeficientes estimados de la segunda etapa del método de variables instrumentales, es decir, se presenta el efecto estimado de cada una de las variables sobre el ingreso laboral, una vez que se corrige por la endogeneidad de la violencia. Se observa que la violencia tiene un efecto negativo sobre los ingresos y la magnitud es más grande que cuando no se corrige por la endogeneidad.

De acuerdo con el modelo de variables instrumentales se estima que el incremento en una desviación estándar de la violencia económica reduce en 8.4% los ingresos mensuales. Por otro lado, el incremento de una desviación estándar de la violencia emocional reduce en promedio en 6.5% el ingreso laboral. El acoso no tiene efectos significativos sobre el ingreso. El incremento de una desviación estándar de la violencia física reduce en 10.5% el ingreso mensual. Mientras que el aumento de una desviación estándar en la violencia sexual reduce el ingreso mensual en 17.4%.



**Tabla 6. Coeficientes estimados de la relación ingresos-violencia corrigiendo por la endogeneidad de la violencia.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Violencia Económica</b>	-0.0839** (0.0359)				
<b>Violencia Emocional</b>		-0.0655** (0.0289)			
<b>Acoso</b>			-0.1260 (0.0796)		
<b>Violencia Física</b>				-0.105** (0.0448)	
<b>Violencia Sexual</b>					-0.174* (0.0899)
<b>Tamaño del hogar</b>	-0.0239*** (0.0060)	-0.0245*** (0.0064)	-0.0270*** (0.0071)	-0.0252*** (0.0058)	-0.0241*** (0.0070)
<b>Edad de la mujer</b>	0.0226*** (0.0044)	0.0219*** (0.0044)	0.0229*** (0.0051)	0.0215*** (0.0042)	0.0246*** (0.0052)
<b>Edad de la mujer al cuadrado</b>	-0.00028*** (0.0001)	-0.00027*** (0.0001)	-0.00028*** (0.0001)	-0.00026*** (0.0000)	-0.0003*** (0.0001)
<b>Años de escolaridad</b>	0.0680*** (0.0035)	0.0681*** (0.0035)	0.0678*** (0.0036)	0.0676*** (0.0036)	0.0668*** (0.0036)
<b>1 = Pertenece a un área urbana</b>	0.0885** (0.0355)	0.0838** (0.0345)	0.0810** (0.0346)	0.0825** (0.0349)	0.0797** (0.0340)
<b>1 = Tiene al menos un hijo</b>	-0.135*** (0.0241)	-0.138*** (0.0240)	-0.137*** (0.0242)	-0.141*** (0.0245)	-0.140*** (0.0251)
<b>1 = Habla lengua indígena</b>	-0.0886* (0.0506)	-0.0842* (0.0492)	-0.0727 (0.0559)	-0.0800 (0.0542)	-0.0876* (0.0517)
<b>Nivel socioeconómico del hogar</b>	0.154*** (0.0163)	0.159*** (0.0164)	0.154*** (0.0167)	0.156*** (0.0162)	0.155*** (0.0197)
<b>Servicios de telecomunicaciones</b>	0.101*** (0.0110)	0.104*** (0.0111)	0.105*** (0.0116)	0.101*** (0.0122)	0.107*** (0.0120)
<b>Constante</b>	7.414*** (0.1220)	7.433*** (0.1230)	7.425*** (0.1310)	7.445*** (0.1260)	7.392*** (0.1330)
<b>R-cuadrado</b>	0.2690	0.2720	0.2500	0.2610	0.2340
<b>Observaciones</b>	16,729	16,729	16,729	16,727	16,727

Nota: se presentan los coeficientes estimados de la segunda etapa del método de variables instrumentales, es decir, corresponden a los coeficientes estimados de la ecuación (3). Los errores estándar se reportan entre paréntesis. Coeficiente significativo al \*\*\*1%, \*\*5%, \*10%. Los modelos se estimaron con errores estándar robustos y agrupados por estado.

Fuente: elaboración propia con información de la ENDIREH 2021.

## 2.2 Estimación del costo de la violencia

Con la finalidad de tener una medida del costo de la violencia y hacerla comparable con la existente para el año 2016 que proporciona INEGI (2018), se estima el número de días de trabajo que la mujer pierde debido a la violencia. La ventaja que se tiene en este trabajo es que se actualiza la estimación de INEGI (2018) con datos del 2021 y se puede diferenciar por tipo de violencia. Para el caso de la violencia física, a partir del modelo con variables instrumentales se estimó que el ingreso laboral mensual se reduce en promedio 8.4% al aumentar una desviación estándar la violencia, entonces el equivalente en número de días laborales perdidos al año es de 30.2. El acoso es el tipo de violencia que no tiene efectos sobre el salario, de ahí que tampoco lo tenga para el número de días de trabajo. La violencia física tiene en promedio 37.8 días anuales de trabajo perdidos. El tipo de violencia con mayor número de días perdidos es la violencia sexual, con poco más de dos meses de trabajo.

Adicionalmente, es posible hacer una estimación del costo agregado que tiene cada tipo de violencia. Considerando que el salario promedio de las mujeres de la muestra es de 7,784 pesos y que la violencia sexual implica una reducción de 17.4%, en consecuencia, en promedio una mujer sufre una reducción anual de 16,253 pesos en sus ingresos laborales, lo que en términos agregados equivale al 0.87% del PIB. Mientras que el costo de la violencia emocional equivale al 0.33% del PIB, el de la violencia económica al 0.42% y de la violencia física el 0.53% del PIB.

**Tabla 7. Costos de la violencia de pareja.**

	Reducción en el salario mensual (%)	Días de trabajo perdidos al año	Pérdida anual por mujer (\$)	Costo de la violencia de pareja (\$)	Costo de la violencia respecto al PIB (%)
<b>Violencia económica</b>	8.39	30.2	7,836.86	74,746,455,468.73	0.42
<b>Violencia emocional</b>	6.55	23.6	6,118.17	58,353,907,427.91	0.33
<b>Acoso</b>	-	-	-	-	-
<b>Violencia física</b>	10.5	37.8	9,807.75	93,544,431,754.67	0.53
<b>Violencia sexual</b>	17.4	62.6	16,252.84	155,016,486,907.73	0.87

Nota: la muestra de análisis corresponde a un total de 9,537,807 mujeres trabajadoras que viven con su pareja, de donde se estima un salario mensual promedio de 7,783.93 pesos mexicanos. Precios constantes de 2021. Se considera el PIB de México en el año 2021 de 17.811 billones de pesos mexicanos.

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del modelo estimado por variables instrumentales

## Conclusiones

En este trabajo se dimensionan los efectos que tienen los distintos tipos de violencia sobre el ingreso laboral mensual de las mujeres casadas o en unión libre. Los principales aportaciones de este trabajo son: 1) se emplearon los datos más recientes representativos a nivel nacional para estimar la relación entre ingreso laboral y violencia, 2) se propuso el método de componentes principales para cuantificar la intensidad de cinco tipos de violencia, 3) se corrigió el problema de la endogeneidad de las variables ingreso y violencia, lo cual exhibe la importancia de considerar este asunto en el análisis de la relación, 4) finalmente, se hizo una estimación del costo de la violencia en términos del número de días perdidos al año a causa de la violencia y en términos agregados como porcentaje del PIB.

Los resultados indican que la violencia de pareja de tipo económica, emocional, física y sexual reducen en promedio los ingresos laborales de las mujeres casadas. El efecto más grande se encuentra en la violencia sexual, la cual disminuye en promedio en 17.4% el ingreso mensual de las mujeres, es decir, para una mujer que gana el ingreso promedio, la reducción equivale a \$1,354 pesos<sup>7</sup> al mes, lo que equivale a poco más de dos meses de trabajo remunerado perdido al año. El segundo efecto más grande se observa en la violencia física, seguido de la violencia económica y la emocional.

El ingreso laboral puede reducirse porque la mujer se ausenta del trabajo para atender las cuestiones de salud o bien por una menor productividad laboral. Una limitación de trabajo es que no es posible identificar el mecanismo por el cual la violencia reduce el ingreso laboral. La ENDIREH no proporciona información que permita identificar qué es lo que está pasando para que ocurra la reducción, Por ejemplo, contar con datos sobre el número de horas o días trabajados o tener una desagregación del ingreso laboral puede ayudar para diferenciar el mecanismo por el que ocurre la disminución del ingreso laboral.<sup>8</sup>

La violencia contra las mujeres es un grave problema de salud pública que persiste a nivel global (World Health Organization, 2021). Adicional a las cuestiones económicas, la violencia de pareja genera problemas en la salud mental de las mujeres, como mayor depresión, ansiedad, estrés postraumático y suicidio (Rivata *et al.*, 2019). La violencia contra las mujeres también afecta el capital humano de sus hijos por medio de la salud: las madres que son violentadas asisten a menos revisiones prenatales, los hijos son más propensos de tener diarrea y menor peso, y tienen menor probabilidad de que reciban vacunas (Agüero, 2013).

World Health Organization (2019) identifica algunos factores de protección contra la violencia, en estos se incluye empoderar a la mujer por medio de mejores condiciones económicas, promover la igualdad de género en la sociedad, no exponer a los niños a entornos de violencia intrafamiliar, que se fomenten en las relaciones de pareja los ambientes igualitarios en los que las decisiones y obligaciones dentro del hogar sean compartidas. Los impactos adversos que tiene la violencia de pareja se observan en el corto, mediano y largo plazo, por lo que es fundamental orientar las acciones de política pública para trabajar en la prevención, atención, sanción y erradicación de cualquier tipo de violencia contra la mujer. Dentro de estas acciones se puede considerar: 1) una amplia promoción de los medios para realizar las denuncias sobre la violencia de género, agilizar los mecanismos para hacerlas y realizar seguimiento oportuno. 2) capacitar al personal de salud para proporcionar atención integral de calidad para las personas víctimas de violencia.

## Referencias

Abramsky, T., Lees, S., Stöckl, H., Harvey, S., Kapinga, I., Ranganathan, M., Mshana, G., & Kapiga, S. (2019). Women's income and risk of intimate partner violence: Secondary findings from the MAI-SHA cluster randomised trial in North-Western Tanzania. *BMC Public Health*, 19(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7454-1>

<sup>7</sup> Precios constantes de 2021.

<sup>8</sup> Si se conociera información sobre el número de horas o días trabajados y se encuentra que el incremento de los niveles de violencia reduce la intensidad del trabajo, entonces se estaría hablando de que el ingreso se reduce por las ausencias laborales. Mientras que la desagregación del ingreso laboral de las mujeres por concepto como salario, bonos de productividad o ingreso por negocios propios, permitiría estimar los modelos para cada tipo de concepto e identificar cuál de éstos se está reduciendo, si observamos que no hay una reducción en los salarios, pero sí en los bonos de productividad o en los ingresos por negocios propios se tendría evidencia de que el efecto es vía una baja en la productividad.

- Arceo-Gómez, E. y Campos-Vázquez, R. (2014). Evolución de la brecha salarial de género en México. *El Trimestre Económico*, 81(323), 619-653. <https://doi.org/10.20430/ete.v81i323.125>
- Agüero, J. (2013). *Causal estimates of the intangible costs of violence against women in Latin America and the Caribbean*. IDB Working Paper No. IDB-WP-414, 1-33. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2367687>
- Aguirre, E. (2023). Violencia doméstica e ingresos laborales de las mujeres en México. *Estudios Económicos de El Colegio de México*, 38(1), 143—165. <https://doi.org/10.24201/ee.v38i1.438>
- Alonso-Borrego, C., & Carrasco, R. (2017). Employment and the risk of domestic violence: does the breadwinner's gender matter? *Applied Economics*, 49(50). <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1299103>
- Angelucci, M. (2008). Love on the rocks: Domestic violence and alcohol abuse in rural Mexico. *B.E. Journal of Economic Analysis and Policy*, 8(1). <https://doi.org/10.2202/1935-1682.1766>
- Baranov, V., Cameron, L., Contreras Suarez, D., & Thibout, C. (2020). Theoretical underpinnings and meta-analysis of the effects of cash transfers on intimate partner violence in low and middle income countries. *Journal of Development Studies*, 57(1), 1—25. <https://doi.org/10.1080/00220388.2020.1762859>
- Bobonis, G. J., González-Brenes, M., & Castro, R. (2013). Public transfers and domestic violence: The roles of private information and spousal control. *American Economic Journal: Economic Policy*, 5(1), 179—205. <https://doi.org/10.1257/pol.5.1.179>
- Covarrubias, A. (2018). Poder, normas sociales y desigualdad de las mujeres en el hogar. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 27(53), 140—158. <https://doi.org/10.20983/noesis.2018.1.7>
- Dildar, Y. (2021). Is economic empowerment a protective factor against intimate partner violence? Evidence from Turkey. *European Journal of Development Research*, 33, 1695—1728. <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00311-x>
- Dugan, L., Nagin, D. S., & Rosenfeld, R. (1999). Explaining the Decline in Intimate Partner Homicide. *Homicide Studies*, 3(3), 187—214. <https://doi.org/10.1177/1088767999003003001>
- Fajardo-Gonzalez, J. (2021). Domestic violence, decision-making power, and female employment in Colombia. *Review of Economics of the Household*, 19(1). <https://doi.org/10.1007/s11150-020-09491-1>
- Guarnieri, E., & Rainer, H. (2018). Female empowerment and male backlash. En *CESifo Working Paper No. 7009, SSRN Electronic Journal*, 1-40. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3198483>
- INEGI. (2018). *Estadísticas a propósito del Día Internacional de la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (25 de noviembre)/ Datos nacionales. Comunicado de prensa Núm. 588/18*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2018/violencia2018\\_nal.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2018/violencia2018_nal.pdf)
- INEGI. (2022a). *Encuesta nacional sobre dinámica de las relaciones en los hogares (ENDIREH) 2021. Comunicado de Prensa, Núm. 485/22*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/endireh/Endireh2021\\_Nal.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/endireh/Endireh2021_Nal.pdf)
- INEGI. (2022b). *Sistema Integrado de Estadísticas de Violencia contra las Mujeres*. <https://sc.inegi.org.mx/SIESVIM1/paginas/consultas/tablero.jsf>
- INEGI. (2022c). *Encuesta nacional sobre la dinámica de las relaciones en los hogares (ENDIREH) 2021: diseño muestral*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/889463907183.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463907183.pdf)
- Kibris, A., & Nelson, P. (2022). Female income generation and intimate partner violence: Evidence from a representative survey in Turkey. *Journal of International Development*, 35(6), 963-978. <https://doi.org/10.1002/jid.3713>

- Knaul, F. M., & Ramírez, M. Á. (2003). El impacto de la violencia intrafamiliar en la probabilidad de violencia intergeneracional, la progresión escolar y el mercado laboral en México. En *Caleidoscopio de la Salud: De la investigación a las políticas y de las políticas a la acción*, SSRN Electronic Journal, 69—88. <https://ssrn.com/abstract=2053836>
- Martin, S. L., Moracco, K. E., Garro, J., Tsuia, A. O., Kupper, L. L., Chase, J. L., & Campbell, J. C. (2002). Domestic violence across generations: Findings from northern India. *International Journal of Epidemiology*, 31(3), 560—572. <https://doi.org/10.1093/ije/31.3.560>
- McCloskey, L. (1996). Socioeconomic and coercive power within the family. *Gender & Society*, 10(4), 449—463. <https://doi.org/10.1177/089124396010004006>
- Rao, V., & Bloch, F. (2002). Terror as a Bargaining Instrument a Case Study of Dowry Violence in Rural India. *American Economic Review*, 92(4), 1029—1043.
- Rivara, F., Adhia, A., Lyons, V., Massey, A., Mills, B., Morgan, E., Simckes, M., & Rowhani-Rahbar, A. (2019). The effects of violence on health. *Health Affairs*, 38(10), 1622-1629. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2019.00480>
- Vyas, S., & Watts, C. (2009). How does economic empowerment affect women's risk of intimate partner violence in low and middle income countries? A systematic review of published evidence. *Journal of International Development*, 21(5), 577—602. <https://doi.org/10.1002/jid.1500>
- World Health Organization. (2019). *RESPECT Women: Preventing Violence against Women*. <https://www.unwomen.org/sites/default/files/Headquarters/Attachments/Sections/Library/Publications/2019/RESPECT-Women-Preventing-violence-against-women-en.pdf>
- World Health Organization. (2021). *Violence against women prevalence estimates, 2018: global, regional and national prevalence estimates for intimate partner violence against women and global and regional prevalence estimates for non-partner sexual violence against women*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/341337/9789240022256-eng.pdf?sequence=1>


# Una historia trans sexenal de dispendio de recursos sociales: El Tren Interurbano México-Toluca

**A twelve years story of waste of social resources:  
The Mexico-Toluca Interurban Train**

Rubén Chavarín Rodríguez<sup>1</sup>

Fecha de recepción: 28 de septiembre del 2023

Fecha de aceptación: 31 de enero del 2024

<sup>1</sup> Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Universidad de Guadalajara  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5109-4831> Correo: [ruben.chavarin@ucea.udg.mx](mailto:ruben.chavarin@ucea.udg.mx)



## Resumen

El objetivo general de este trabajo es hacer una evaluación ex-post del proyecto del Tren Interurbano México-Toluca (TIMT) a más de nueve años del inicio de su etapa de construcción. El presente estudio se basa en el enfoque del análisis costo-beneficio, mediante el cual se han construido algunos escenarios de análisis cuyos resultados se contrastan con las evaluaciones oficiales del proyecto. El presente trabajo se ha enfocado en el análisis del TIMT como un microcosmos de la poca eficiencia de la inversión pública en México y, consecuentemente, del despilfarro de los recursos sociales. Según los resultados del estudio, la combinación de retrasos y sobrecostos (186% en términos nominales, 114% en términos reales, y 90% en dólares) ha configurado un proyecto trans sexenal con rentabilidad social negativa, con pérdidas valoradas en más de 550 millones de dólares, ubicándolo en el cuartil más problemático de los proyectos de trenes en el mundo.

**Palabras clave:** análisis costo-beneficio, evaluación ex-post, inversión pública, proyectos de transporte, América Latina

## Abstract

The general objective of this paper is to make an ex-post evaluation of the Mexico-Toluca Interurban Train project (TIMT) more than nine years after the beginning of its construction stage. The present study is based on the cost-benefit analysis approach, through which some analysis scenarios have been built and whose results are contrasted with the official project evaluations. The present research has focused on the analysis of the TIMT as a microcosm of the scarce efficiency of public investment in Mexico, resulting in a waste of social resources. According to the results of the study, the combination of delays and cost overruns (186% in nominal terms, 114% in real terms, and 90% in dollars) has configured a project (across two Federal Government Administrations) with negative social profitability, with losses valued at more than 550 million dollars, placing it in the most problematic quartile of train projects in the world.

**Keywords:** cost-benefit analysis, ex-post evaluation, public investment, transport projects, Latin America.

## Introducción

El presente estudio trata sobre el Tren Interurbano México-Toluca (TIMT), una obra propuesta para transportar diariamente de manera rápida, segura y cómoda a miles de futuros pasajeros, y además contribuir al desarrollo urbano-regional del centro del país. El proyecto empezó a estudiarse en 2012-2013, y su construcción comenzó en el año 2014, teniendo como plan original ser concluida durante 2017 para iniciar operaciones en el año 2018, lo cual no sucedió. Ahora (en agosto de 2023), se planea que el TIMT se ponga en marcha en toda su extensión para inicios de 2024, pero lo más probable es que el inicio de operaciones se retrase al menos unos meses más. En cualquier caso, estamos hablando de un proyecto que se habrá llevado dos administraciones federales completas (2012-2018 y 2018-2024).

Que un proyecto de gran envergadura lleve seis años de retraso no tendría tanta importancia si los retrasos no fueran acompañados de incrementos en los costos. Como se verá en apartados posteriores, los sobrecostos del TIMT van en 186% en términos nominales y 114% descontando el efecto de la inflación, lo que de acuerdo con la literatura internacional lo ubica en la categoría de los proyectos ferroviarios con mayores sobrecostos (Flyvbjerg *et al.*, 2003a; Flyvbjerg *et al.*, 2004; Flyvbjerg, 2007b; Han *et al.*, 2009; Singh, 2010; Steininger *et al.*, 2020).

En México, frecuentemente la discusión pública se centra en los ingresos públicos, pero hay poco análisis sobre la eficiencia del gasto y la inversión públicas. La observación sobre diversas áreas de la administración pública sugiere que en diversos programas o proyectos se gasta de manera poco eficiente. Sin embargo, no hay muchos estudios que profundicen en este problema.

Cuando se revisan los muchos artículos periodísticos que han aparecido en los últimos cinco o seis años con relación al TIMT, hay una preocupación constante acerca de los impactos del proyecto sobre la sociedad, sobre todo porque la autoridad ha difundido continuamente que el proyecto es rentable en términos socioeconómicos, lo cual ha sido visto con justificado escepticismo por algunos actores sociales (por ejemplo: IMCO, 2018). Pero, aunque la intuición o la lógica alienten a desconfiar de las cifras oficiales, no hay algún análisis que haya profundizado en los alcances económicos y sociales de esta obra de infraestructura.

El presente trabajo se ha enfocado en el análisis del TIMT como un microcosmos de la poca eficiencia de la inversión pública en México y, consecuentemente, del dispendio de los recursos sociales. En países en desarrollo como el nuestro, donde los fondos públicos son muy escasos, los recursos desperdiciados son recursos faltantes para servicios de salud, educación, u obras públicas prioritarias.

Este trabajo es, de acuerdo con la revisión bibliográfica emprendida, el primer análisis *ex-post* en México sobre un proyecto de tren interurbano, y apenas el segundo sobre un proyecto de infraestructura de transporte de gran escala (el otro es el de Chavarín, 2023). Este tipo de estudios son muy escasos en América Latina. Documentar y analizar las fallas en el desarrollo de este tipo de proyectos, permitirá identificar áreas de mejora en los procesos de inversión pública en los países en desarrollo, y en particular en México.

De acuerdo con esta evaluación *ex-post*, puede afirmarse que la combinación de retrasos y costos que ha emergido de la mala planeación, gestión y dirección de la obra, ha configurado un proyecto trans sexenal con rentabilidad social negativa, con pérdidas valoradas en más de 10 mil millones de pesos, equivalentes a más de 550 millones de dólares.

El objetivo general de este trabajo es hacer una evaluación del proyecto del TIMT a más de nueve años del inicio de su etapa de construcción. La idea principal es considerar cierta información relevante clave que se ha producido con el avance del proyecto, generando algunos escenarios de análisis, de

manera que se puedan obtener nuevos resultados que reflejen condiciones e impactos más precisos y actualizados del proyecto. Este proceso implica profundizar en varios aspectos del TIMT, como en la explicación de las causas de sus retrasos, los alcances y limitaciones de las evaluaciones oficiales y sus resultados, la valoración de los costos verdaderos del proyecto en el contexto de la literatura internacional, y la revisión de los cambios en la rentabilidad del proyecto ante las variaciones de algunas variables específicas. Como se explica en la sección 2, este trabajo sigue un enfoque de análisis costo-beneficio.

La sección 1 expone la literatura sobre proyectos ferroviarios. La sección 2 explica la metodología de análisis. La sección 3 expone las características y problemas del TIMT, así como las evaluaciones previas que se han hecho sobre éste. La sección 4 presenta los escenarios de la evaluación *ex-post* y sus resultados. La sección final presenta las conclusiones.

## 1. Literatura sobre proyectos ferroviarios en el mundo

Desde hace poco más de 20 años se ha desarrollado una literatura que documenta los problemas de la inversión en grandes proyectos de infraestructura a lo largo del mundo. Son famosos los ejemplos del túnel subterráneo que conecta a Francia e Inglaterra, que tuvo un sobrecosto del 80%; o el aeropuerto internacional de Denver, Estados Unidos, que tuvo un sobrecosto del 200% (Flyvbjerg *et al.*, 2003b). Una parte de esta literatura ha permitido hacer comparaciones entre algunos de los principales proyectos de infraestructura de transporte, lo que incluye a los trenes, sobre todo los llamados trenes urbanos, sobre los cuales hay más investigación.

La literatura sobre trenes documenta dos grandes problemas que afectan la rentabilidad social (y financiera) de este tipo de proyectos: a) los sobrecostos, y b) la sobrestimación de la demanda. Por razones obvias, el segundo posible problema todavía no es susceptible de ser abordado para el caso del TIMT. Por eso aquí sólo se señala que, en muchos casos, donde ya ha sido posible medir la demanda, los patrones de cambio demográfico y urbanización han afectado los volúmenes de pasajeros de este tipo de proyectos. Por ejemplo, varios trenes suburbanos en Estados Unidos de América fueron reduciendo su demanda en la medida que se encareció la vivienda en las grandes ciudades y se desconcentraron los grandes polos de demanda laboral (Winston & Maheshri, 2007). En otros casos, como en los trenes urbanos, los impulsores de estos proyectos creen que la demanda no será un problema porque se construyen en grandes núcleos urbanos. Pero esto no representa una garantía; por ejemplo, la Línea 3 del tren ligero de Guadalajara, construida en una zona metropolitana con más de 5 millones de habitantes, e inaugurada en 2020, un año después de su puesta en marcha transportaba 70% menos pasajeros de los originalmente proyectados (Carapia, 2021). El problema principal que se origina con la insuficiente demanda en un proyecto de tren es que los beneficios se reducen, lo que sería el equivalente de un proyecto productivo donde el producto se vende menos de lo que se esperaba, en ocasiones menos de lo que se necesita para cubrir sus costos.

El otro gran problema señalado para los proyectos de trenes son los sobrecostos. Un estudio muy conocido que derivó en varias publicaciones analizó 258 grandes proyectos de infraestructura construidos en 20 diferentes países, encontrando que los proyectos de tren (44 proyectos) tenían un mayor componente de sobrecostos (44.7% de sobrecostos en promedio) que los proyectos de puentes, túneles y carreteras. Un aspecto muy interesante de este estudio es la clasificación de los sobrecostos: El 75% de los proyectos de tren tuvo un sobrecosto de al menos 33%, pero sólo un 25% de los proyectos tuvo un

sobrecosto de más de 60%; es decir, el cuartil de proyectos más problemáticos tuvo sobrecostos de al menos 60%. Otro aspecto muy interesante de este estudio es que los autores no encontraron diferencia estadística en los sobrecostos entre los proyectos de tren urbano, tren ordinario, o tren de alta velocidad (Flyvbjerg *et al.*, 2003a; Flyvbjerg *et al.*, 2004; Flyvbjerg, 2007b). Esta información es relevante para tener un marco de comparación para analizar el TIMT. Más recientemente, otro estudio sobre 102 grandes proyectos de infraestructura en Asia confirmó que, entre los proyectos de transporte, los de tren son los que tienden a presentar más sobrecostos (26.2% en promedio) (Andric *et al.*, 2019). Otros estudios para Corea del Sur (Lee, 2008) y Hong Kong (Huo *et al.*, 2018) llegaron a promedios similares. En Alemania se encontró que los proyectos ferroviarios no son los que presentan más sobrecostos (30% en promedio), sino los proyectos de energía, y tecnologías de la comunicación y la información (Kostka & Anzinger, 2016). Un caso particular donde los sobrecostos son elevados es el de India, donde un estudio sobre 122 proyectos ferroviarios reveló un promedio de sobrecostos del 95% (Singh, 2010).

Sin embargo, hay casos específicos de proyectos de trenes que han sido analizados a profundidad y que tuvieron mayores sobrecostos que los promedios anteriormente señalados. Un caso famoso es el de la primera línea de tren de alta velocidad construida en Corea del Sur, que tuvo un retraso de 5 años y un sobrecosto de 217%. Se ha documentado que tales retrasos y sobrecostos se debieron sobre todo a inesperados obstáculos geológicos que causaron varias modificaciones en el proyecto original (Han *et al.*, 2019). Otro caso muy famoso es el del proyecto ferroviario Stuttgart 21, en Alemania, que es muy complejo y aún está en desarrollo, y que comprende, entre otros elementos, andenes subterráneos, 33 kilómetros de túneles, 22 kilómetros de vías de alta velocidad y un proyecto de renovación urbana en el centro de Stuttgart. Se calcula que al finalizar el proyecto tendrá un retraso de 6 años y un sobrecosto de por lo menos 103% desde el presupuesto considerado al iniciar la construcción (Clinnick, 2022). Entre las principales causas de los retrasos y sobrecostos de este proyecto se consideran las condiciones geológicas y los inesperados obstáculos subterráneos, aunque también han sido relevantes la subestimación de los incrementos de precios de los materiales de construcción y los conflictos de interés entre los siete diferentes socios financieros del proyecto; también ha influido la oposición al proyecto de grupos ambientalistas (Steininger *et al.*, 2020).

En América Latina hay poca investigación rigurosa sobre los costos de los proyectos de infraestructura, aunque la evidencia de las notas de prensa nos hace pensar que los sobrecostos son comunes y muy pronunciados en muchas ocasiones. En un estudio sobre la Línea 3 del tren ligero de Guadalajara, México, el autor encontró que el proyecto tuvo 62% de sobrecostos en términos reales (luego de 4 años de retrasos en la construcción) y tuvo una pérdida de al menos 500 millones de dólares en beneficios sociales netos (Chavarín, 2023).

Por otra parte, queda por mencionar la otra cara de la moneda. La evidencia comentada anteriormente parecería indicar que los sobrecostos en grandes proyectos de infraestructura son tan comunes que entonces habría que tomarlo como algo normal, y que aparentemente no habría mucho que hacer al respecto. Pero esto no es así; también hay varios estudios que documentan proyectos donde los costos ejercidos fueron inferiores a los proyectados. Por ejemplo, en el estudio sobre 102 proyectos ferroviarios, de carreteras y energía en Asia se halló que 42 estuvieron en este caso (con un promedio de 12.2% de costos inferiores a los proyectados), de los cuales 9 correspondieron a proyectos ferroviarios (con un promedio de 8.8% de costos inferiores a los proyectados) (Andric *et al.*, 2019). En un estudio sobre proyectos de trenes y carreteras en Noruega, se halló que el 75% de dichos proyectos tuvieron costos finales menores a los aprobados en su presupuesto (con un promedio del 7% de costos inferiores a los proyectados) (Meunier & Welde, 2017). En otros países, como Holanda, sí se han hallado sobrecostos en los proyectos de trenes, pero de una magnitud muy moderada (con un promedio de sólo 11%) (Cantarelli *et al.*, 2012).

¿Cuáles son las principales razones de los sobrecostos en los proyectos de infraestructura? Algunos estudios documentan algo que no es sorprendente, ya que han hallado que los aumentos de costos dependen directamente de los retrasos en el proceso de construcción (Flyvbjerg *et al.*, 2004); Bhargava *et al.*, 2010; Singh, 2010), lo que puede deberse a una mala planeación o a una ineficiente gestión y ejecución de los proyectos (Ika *et al.*, 2012; Lagarda *et al.*, 2018). También hay que agregar una falla de origen, que es la subestimación de los costos en los estudios que forman parte de la identificación y preparación del proyecto (Flyvbjerg, 2009). En muchos casos los costos se subestiman desde los estudios de origen para hacer parecer que el proyecto será muy rentable (Cantarelli *et al.*, 2012). Muchos proyectos nunca se llevarían a cabo si desde el principio se mostrara que no son rentables para la sociedad, pero los gobiernos promotores de ellos ya se encuentran comprometidos con ciertos grupos de interés (Eliasson & Lunberg, 2012; Annema *et al.*, 2017), o los políticos impulsores simplemente creen que ellos “saben” cuáles son los buenos proyectos. No sería descabellado afirmar que las empresas contratistas de estudios de prefactibilidad tienen su parte de complicidad en la subestimación de costos y la sobrestimación de beneficios. Todos estos factores, vistos someramente, parecen ser relativamente obvios, pero el analizar cada proyecto problemático permite descubrir causas más específicas que tienen que ver con rezagos de tipo institucional. Por ejemplo, puede haber carencias institucionales relacionadas con los derechos de propiedad, el esquema legal, las funciones burocráticas del gobierno, y la distribución de poderes entre diferentes niveles de gobierno (Williamson, 2000). Como se explica en este estudio sobre el TIMT, muchos de los problemas que enfrentó van hasta la raíz de la indefinición de los derechos de propiedad. Mucho del éxito de los proyectos de inversión pública depende de la calidad de las instituciones (Burnside & Dollar, 2004; Dollar & Levin, 2005).

## 2. Metodología de análisis

El presente estudio se basa en el enfoque del análisis costo-beneficio (ACB). El ACB es usado para evaluar programas y proyectos de intervención pública y es empleado en muchos países, incluyendo la Unión Europea y Estados Unidos de América, para identificar aquellos proyectos de inversión con la rentabilidad social más sobresaliente. En México, por mandato legal, debe presentarse un documento de ACB ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para todo proyecto que involucre financiamiento federal para su ejecución.

El ACB identifica costos y beneficios de los proyectos a lo largo de un horizonte de evaluación y les otorga un valor económico. Un aspecto relevante es que dichos costos y beneficios no siempre coinciden con los valores de un mercado privado pecuniario, por eso se les denomina como ‘costos sociales’ o ‘beneficios sociales’. De hecho, no es raro que esos costos o beneficios no tengan un valor de mercado. Por ejemplo, como se explica más adelante, un beneficio del proyecto del TIMT es el ahorro en el tiempo que tendrán los futuros usuarios del tren, y claramente no existe un mercado explícito para el tiempo.

El proceso de valorar costos y beneficios comúnmente no es sencillo y requiere de metodologías especializadas, pero una vez que se ha logrado, estos flujos que están distribuidos en el tiempo (por ejemplo, en el TIMT el horizonte de evaluación es de 40 años) se procesan para obtener medidas de rentabilidad equivalentes a las usadas para analizar proyectos de inversión privada. Para el caso del análisis del TIMT conviene usar tres criterios de rentabilidad:

- a. Valor presente neto (VPN)<sup>2</sup>. - Indica si el proyecto presenta más beneficios que costos o viceversa, una vez llevados todos los flujos al periodo inicial del proyecto. Cuando el proyecto presenta un  $VPN > 0$  muestra una rentabilidad social positiva. En cambio, un valor negativo de este criterio implica que el proyecto genera pérdidas a la sociedad.
- b. Tasa interna de rendimiento (TIR). - Es la tasa de rendimiento del proyecto y se compara con la tasa social de descuento. Cuando la TIR es mayor a la tasa social de descuento de referencia, entonces el proyecto tiene una rentabilidad positiva. En México, la tasa social de descuento determinada por la SHCP es del 10%, por lo que se requiere una  $TIR > 10$  para que el proyecto sea favorable. Este criterio es complementario al del VPN.
- c. Razón VPN/Inversión total. - Esta razón nos da un porcentaje de la rentabilidad del proyecto respecto a lo invertido en él. En proyectos de gran escala, a veces la rentabilidad no es tan grande como pudiera parecer y este criterio lo ilustra.

El objetivo metodológico del presente estudio es realizar un análisis cuidadoso de los ACB oficiales del TIMT, con el fin de identificar aspectos que puedan ser actualizados con datos más precisos, o bien que puedan ser modificados bajo supuestos más plausibles, de manera que se puedan obtener nuevos resultados susceptibles de reflejar condiciones e impactos más realistas del proyecto. Este tipo de análisis es conocido como evaluación *ex-post* y se basa en la revisión de las evaluaciones *ex-ante*, las cuales tuvieron la ventaja de poder usar como insumos los estudios de ingeniería del propio proyecto para calcular y proyectar los costos.

Esta investigación toma los datos e información de los ACB *ex-ante* del TIMT, generando algunos escenarios que incluyen cambios específicos en alguna variable relevante del proyecto. Una vez definido cada escenario, se procede a recalcular el VPN, la TIR y la razón VPN/Inversión total para cada uno. Los escenarios por estudiar son los siguientes: i) la actualización de los costos de inversión, ii) un incremento más conservador en los beneficios, y iii) la consideración de un retraso adicional en el inicio de operaciones del proyecto. Estos escenarios se presentan en la sección 4.

## 3. Desarrollo: caracterización del proyecto

### 3.1 ¿Qué es el TIMT y cuáles son sus componentes?

El proyecto es un tren interurbano impulsado mediante energía eléctrica que conectará el área urbana de Toluca (desde el municipio de Zinacantepec) con la parte oeste de la Ciudad de México. El recorrido entre las dos estaciones terminales será de 57.7 km (40.7 km corresponden al Estado de México, y 17.0 km corresponden a la Ciudad de México). Debido a la cercanía entre ambas ciudades, hay un numeroso flujo diario de vehículos particulares y de pasajeros, sin embargo, en horas de alta demanda,

2 El VPN se define de la siguiente forma:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{(BN)_t}{(1+r)^t}$$

donde:

$(BN)_t$  = beneficios netos (beneficios totales menos costos totales) durante el periodo  $t$

$r$  = tasa social de descuento

$t$  = número de periodos de tiempo

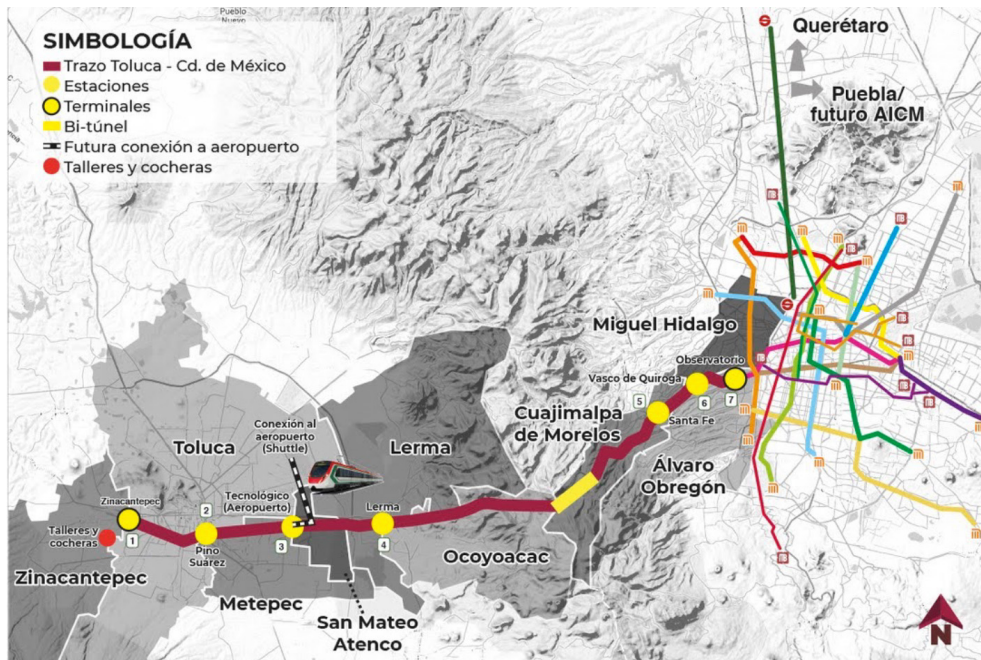


un viaje que inicia en Zinacantepec, al poniente de Toluca, y que tiene como destino el Anillo Periférico de la Ciudad de México, puede durar no menos de 140 minutos. En contraste, se pretende que con el TIMT tal recorrido se pueda realizar en sólo 39 minutos (SENERMEX, 2018, p.86).

Al inicio de su operación, un tren tendrá capacidad hasta para 723 pasajeros (368 sentados y 355 parados, para mantener condiciones de comodidad), y en horarios de alta demanda podrá haber una frecuencia de un tren por cada 4-6 minutos. Con el paso del tiempo se podrán agregar carros hasta llegar a una capacidad de 1,446 pasajeros (SENERMEX, 2018, p.579). Se estima que el TIMT atenderá un promedio de 265,115 pasajeros por día en el año 2024, y que podrá crecer en su atención a una tasa entre 2.9% y 3.0% anual. Por ejemplo, para el año 2030 se estima un promedio diario de 313,080 pasajeros (SENERMEX, 2018, p.604).

El TIMT se concibió originalmente para tener 6 estaciones: i) Zinacantepec, ii) Cristóbal Colón, iii) Metepec, iv) Lerma, v) Santa Fe, y vi) Observatorio. Con la administración federal 2018-2024, en el año 2020 se propuso agregar una nueva estación intermedia, Vasco de Quiroga, entre las estaciones Santa Fe y Observatorio. Estas tres últimas estaciones están ubicadas en la zona urbana de la Ciudad de México; el resto de las estaciones se encuentran en el Estado de México (véase figura 1).

Figura 1. Mapa de la ruta del TIMT



Fuente: Tomado de SCT (<http://sct.gob.mx/index.php?id=4119>).

La administración del proyecto dividió la construcción del TIMT en 5 tramos operativos. La revisión de ellos revela más detalles sobre sus componentes y ayuda a comprender la evolución de su avance (SENERMEX, 2018):

1. Tramo I: Es el tramo ferroviario que va desde el kilómetro 0+000 en Zinacantepec hasta el kilómetro 36+150. Este tramo está ubicado en el Estado de México e incluye las primeras 4 estaciones de pasajeros antes mencionadas.
2. Tramo II: Es la construcción de dos túneles paralelos de 4.634 km de longitud, con inicio en el kilómetro 36+150 y terminación en el kilómetro 41+150.

3. Tramo III: Corresponde al tramo que inicia a la salida de los túneles, con inicio en el kilómetro 41+150 y terminación en el kilómetro 57+792. Este tramo incluye las últimas tres estaciones de pasajeros antes mencionadas.
4. Tramo IV: Se refiere al material rodante. Incluye su suministro, instalación y puesta en marcha, así como los sistemas ferroviarios, sistemas de comunicaciones, boletaje, centro de control, sistemas electromecánicos, sistemas de energía, y subestaciones eléctricas.
5. Tramo V: Se refiere a la construcción de talleres y cocheras para los trenes. Comprende la construcción de los talleres y cocheras, el edificio administrativo, los edificios secundarios, equipamiento, suministro de vehículos auxiliares de vía, y áreas de estacionamiento.

Es importante señalar que la responsabilidad de la mayor parte de las obras del TIMT estuvo a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), posteriormente llamada Secretaría de Infraestructura Comunicaciones, y Transportes (SICT). Sin embargo, el tramo III, que ha resultado el de mayor retraso, ha sido responsabilidad del Gobierno de la Ciudad de México, mediante la Secretaría de Obras y Servicios (SOBSE), a través de la extinta Dirección General de Obras Públicas, y después de la Dirección General de Obras para el Transporte.

### 3.2 Los retrasos en la construcción del TIMT

La previsión inicial fue que las obras del TIMT comenzaran en 2014, lo que sí sucedió, y que concluyeran en 2017 para que iniciara operaciones en 2018, lo que no sucedió. Con el paso de los años, se acumularon retrasos que, a su vez, motivaron una serie de contrataciones adicionales no contempladas en el anteproyecto, o bien derivaron en modificaciones de los contratos originales pactados con las empresas constructoras o de servicios. En el periodo 2014-2021 la SCT-SICT suscribió 64 convenios modificatorios para 9 contratos de obras del proyecto (ASF, 2023c, p.39). Todas estas modificaciones o contrataciones adicionales representaron sobrecostos del proyecto. A continuación, se enumeran algunos de los factores que influyeron en el retraso de las obras:

**Problemas con la obtención de los derechos de vía.** - Este es el aspecto que más influyó en los retrasos en la construcción del TIMT. El proyecto se inició sin tener resueltos los derechos para la vía férrea. Hubo inconformidades de diversas comunidades o ejidos (Acapulco, Coapanoaya, Ocoyoacac, San Mateo Atenco, San Pedro Tulpetec, Tepezoyuca), e incluso de habitantes de colonias de la Ciudad de México, localizados en el diseño original de la vía, lo que derivó en diversos juicios de amparo y muchos bloqueos en los frentes de obra. A manera de ilustración de la magnitud de este problema, en junio de 2017 se habían atendido 28 juicios de amparo, de los cuales sólo 6 se habían concluido (SENERMEX, 2020, p.73). Algunos de estos procesos retrasaron durante mucho tiempo los avances de diversos segmentos de la vía férrea. Este tipo de problema persistió hasta muy avanzado el proyecto. Por ejemplo, en una parte del Tramo I, los ejidatarios de Acapulco siguieron bloqueando la zona de acceso a los frentes de trabajo hasta finales del año 2019, y no fue sino hasta principios de 2020 que este frente de obra pudo ser reactivado.<sup>3</sup> Otro ejemplo muy reciente es consignado por la Auditoría Superior de la Federación (2023b, p.4), cuyo personal constató en una visita a los trabajos de la estación Vasco de Quiroga (en el Tramo III), a finales de abril de 2023, que aún no estaba completa la liberación de los derechos de vía, al existir cuatro predios con construcciones habitadas que interferían con las obras del proyecto. Este tipo de situaciones además han generado modificaciones al trazo del proyecto, lo que ha implicado costos adicionales en planos de deslinde, fichas de afectación, avalúos y convenios. Según

3 En el Viaducto 5 del Tramo I, en el Camino cañada de las monjas. Véase SENERMEX (2020, p.79).

documentos oficiales del proyecto, originalmente la SCT previó un gasto de 1,370 millones de pesos para la liberación del derecho de vía, pero dicho gasto se incrementó sucesivamente en 1,570, en 571 y 389 millones de pesos (SENERMEX, 2020, p.74).

**Modificaciones en el trazo de la vía férrea y en otros componentes del proyecto.**- Además de diversas modificaciones al trazo de la vía férrea derivadas de los problemas con los habitantes de comunidades inconformes (SENERMEX, 2020, p.39), hubo otras relacionadas con problemas de interferencia de infraestructura eléctrica y de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), condiciones geológicas complicadas, y otros. Por ejemplo, en julio de 2017 se modificó el trazo para evitar la tala de más de 3,500 árboles en el tramo III (en la Alcaldía de Cuajimalpa) (Bigio, 2018). La última modificación sustancial fue en el año 2020, más de seis años después del inicio de las obras, también en el Tramo III, con la intención de dar conexión a otros proyectos (la 4ta. Sección del Bosque de Chapultepec y la Universidad de la Salud) y proveer acceso directo al tren a los habitantes de esa zona, mediante la estación adicional Vasco de Quiroga. Esta última modificación, además de extender el retraso de la construcción, añadió otro componente contradictorio: si se trata de un tren interurbano, cuyo principal objetivo es transportar pasajeros entre México y Toluca, ¿por qué agregar otra costosa estación urbana? ¿Qué sucederá cuando, en horas de alta demanda, el tren vaya a su máxima capacidad y en esta nueva estación el andén esté lleno de usuarios, como si fuera estación del Metro? ¿Por qué no proveer a los habitantes de esa zona de otro medio de transporte menos costoso que los lleve a las estaciones ya establecidas? Esta modificación del trazo planteó además la necesidad de construir un puente atirantado de 600 metros de longitud. En 2021 el puente se adjudicó en 1,148 millones de pesos y la nueva estación en 545 millones de pesos (CUESTIONE, 2021; Bnamericas, 2021). Las modificaciones al proyecto han sido muy costosas porque han involucrado una reconfiguración de la ingeniería, más obras complementarias e inducidas no previstas originalmente.

**Condiciones geológicas o del subsuelo complicadas.**- El caso más sobresaliente se derivó de la elaboración de estudios geotécnicos complementarios para la construcción del Tramo II, referente a la construcción de los túneles. A consecuencia de dichos estudios, fue necesaria, a partir de 2016, la reelaboración de la ingeniería para la adecuación del proyecto ejecutivo y de los nuevos tratamientos y procedimientos recomendados (SENERMEX, 2018, pp.53-54). Aunque necesarias, este tipo de modificaciones, además de introducir retrasos, también condicionaron un incremento significativo de los costos de inversión.

**Retrasos en entrega de anticipos y garantías a los contratistas.**- Durante el trayecto de las obras hubo convenios modificatorios con los contratistas, debido a que la SCT no entregó a tiempo los anticipos y garantías pactados para el inicio de los trabajos (SENERMEX, 2018, pp. 58-59). Aunque estos retrasos fueron cortos, también se acumularon a los otros de mayor magnitud.

Por último, es necesario hacer un recuento de las dependencias responsables de los retrasos y sobrecostos del proyecto. Para tener una base más sólida de este ejercicio, se revisaron las numerosas auditorías realizadas por la Auditoría Superior de la Federación (ASF) al TIMT. Por razones de espacio, no se hizo una descripción más detallada del contenido de las 25 auditorías revisadas del periodo 2015-2023. Sin embargo, el siguiente resumen es una muestra significativa de los tipos de anomalías detectadas por la ASF, en las cuales concluyeron que era necesaria una “Responsabilidad Administrativa Sancionatoria”: a) Irregularidades (en el ejercicio 2022) de los funcionarios que no aplicaron retenciones al contratista por el incumplimiento en el programa de ejecución, debido a causas imputables a la empresa contratista en la estación Vasco de Quiroga (Tramo III). La responsable fue la Residencia de Obra y la supervisión correspondía a la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal de la SICT (ASF, 2023b, p.16). b) Irregularidades (en el ejercicio 2021) de los funcionarios que autorizaron el

pago al contratista a pesar de haber incluido conceptos no previstos en el catálogo original; además, no acreditaron que dichas actividades correspondieran al objeto del contrato, ni demostraron que el contratista contara con el personal y la experiencia requerida, en los trabajos de construcción del Tramo III. La supervisión correspondía a la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal, de la SCT-SICT, y a la Dirección General de Obras para el Transporte del Gobierno de la Ciudad de México (ASF, 2023a, p.14; y un caso similar en 2022c, p.12). c) Irregularidades (en el ejercicio 2021) de los funcionarios que no controlaron ni verificaron que se cumplieran diversos requerimientos técnicos, lo que ocasionó daños prematuros en la obra (Tramo I). La responsable fue la Residencia de Obra y la supervisión correspondía a la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal de la SICT (ASF, 2022b, p.8; y un caso similar en ASF, 2021a, p.7). d) Irregularidades (en el ejercicio 2021) de los funcionarios que adjudicaron de manera directa los trabajos de construcción de la estación Vasco de Quiroga (Tramo III), a una empresa que presentó deficiencias en el cálculo de los costos. La supervisión correspondía a la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal de la SICT (ASF, 2022a, p.6; y un caso similar en ASF, 2021b, p.17). e) Irregularidades de los funcionarios que realizaron una inadecuada planeación de la construcción de la estación Vasco de Quiroga (Tramo III), ya que durante los trabajos de ejecución de 2022 no se contaba con la liberación total de los derechos de vía. Las gestiones para la liberación del derecho de vía correspondían a la Dirección de Tarifas de la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal de la SICT (ASF, 2022a, p.8; y un caso similar en ASF, 2021b, p.15).

En todas las irregularidades, la ASF emitió la Promoción de Responsabilidad para que el Órgano Interno de Control de la SCT-SICT, o bien la Secretaría de la Contraloría General de la Ciudad de México, según fuera el caso, investigara e iniciara “el procedimiento administrativo correspondiente por las irregularidades de los servidores públicos de las dependencias señaladas.” No hay manera de saber si, en efecto, se sancionó a los responsables de cada anomalía, ni su identidad, y, en su caso, cuál fue dicha sanción. Tampoco hay forma de saber si funcionarios de mayor jerarquía tuvieron influencia en algunas de las anomalías.

### 3.3 La rentabilidad social del TIMT de acuerdo con los documentos oficiales

En la revisión de las fuentes de información para el presente estudio, fue posible tener acceso a tres documentos oficiales de ACB sobre el TIMT, incluyendo el primero de ellos y también el que actualmente está vigente y que alberga la SHCP en su Cartera de Inversión. Estos tres estudios de costo-beneficio se presentaron en los años 2013, 2018 y 2020, respectivamente, y fueron elaborados por la misma empresa, SENERMEX, subsidiaria de la empresa española SENER especializada en infraestructura y energía. Como ya se señaló, es obligatorio presentar ante la SHCP un documento de ACB para toda obra pública que demande recursos federales para su implementación. Cuando un proyecto ha sido registrado en la cartera de la SHCP el estudio es válido por tres años y, si el proyecto no ha sido terminado, debe actualizarse. Otra causa para actualizar el documento de ACB es que los costos de inversión crezcan más del 10%. De acuerdo con los tres documentos ACB mencionados, el proyecto del TIMT tiene los siguientes costos y beneficios:

**Principales costos del proyecto:** a) de inversión (estudios, derechos de vía, construcción de la vía férrea, material rodante, centro de control, subestaciones eléctricas, sistemas electromecánicos, sistemas de comunicaciones, talleres, cocheras y edificios administrativos), b) de operación y mantenimiento, y c) por molestias durante la construcción.

**Principales beneficios del proyecto:** a) ahorros en costos generalizados de viaje (CGV), b) liberación de recursos del transporte público, c) valor de rescate de la obra civil, d) incremento en el valor de los predios en zonas adyacentes a las terminales (no cuantificado), y e) reducción de accidentes en la red carretera relacionada con el proyecto (no cuantificado).

La principal fuente de costos del TIMT son los que componen la inversión inicial: los trenes, la vía férrea y todas las instalaciones complementarias. Por su parte, los principales beneficios del proyecto son los ahorros en CGV. Estos beneficios, que a continuación se explican, en realidad representan el 98% o más de los beneficios totales del proyecto, según el año que se analice en el horizonte de evaluación. Por esta razón, en la evaluación del TIMT, en realidad se mide si pesan más los costos de inversión o los ahorros en CGV. Para dar una idea de la dimensión de los costos y beneficios del TIMT, el cuadro 1 muestra los flujos totales considerados en el ACB del año 2020, el que actualmente está vigente. Los costos de inversión se identifican en el periodo 2014-2023.

Los CGV resultan de la suma de las reducciones en los tiempos de viaje (TV) y de los costos de operación vehicular (COV), que son ahorros en combustible. Las reducciones en los TV son el beneficio que resulta para los futuros usuarios del TIMT. Pero se asume que muchos individuos no usuarios del TIMT también obtendrán ahorros en TV y en COV al circular en sus automóviles por carreteras menos congestionadas a causa de que otros individuos sustituirán el uso de su automóvil por el tren.

Según los tres documentos de ACB analizados, y a pesar de los sobrecostos, el TIMT resulta rentable. El ACB del 2013 partió de una inversión contemplada en 38,608 millones de pesos y produjo un VPN de 7,904 millones de pesos. En el estudio de 2018 la estimación de los costos de inversión había aumentado a 70,976 millones de pesos, pero, sorprendentemente, el VPN se incrementó a 21,548 millones de pesos. Esta paradoja se explica en la sección 3.4. Finalmente, el estudio de 2020 consideró una inversión de 89,999 millones de pesos, obteniendo un VPN de 18,887 millones de pesos. Los resultados de cada estudio se resumen en el cuadro 2. Puede observarse que, después de un incremento de casi 51,391 millones de pesos de inversión (entre 2013 y 2020) se seguía obteniendo casi la misma razón VPN/Inversión, algo que resulta extraño.

**Cuadro 1. Beneficios y costos del ACB oficial (2020) del TIMT (millones de pesos de 2020)**

Horizonte de Evaluación	Año	Costos totales (inversiones incluidas)	Beneficios totales	Beneficios netos
0	2014	3,621.25	0	- 3,621.25
1	2015	4,538.69	0	- 4,538.69
2	2016	11,655.51	0	-11,655.51
3	2017	18,717.21	0	-18,717.21
4	2018	15,313.93	0	-15,313.93
5	2019	5,064.38	0	- 5,064.38
6	2020	5,172.41	0	- 5,172.41
7	2021	6,034.48	0	- 6,034.48
8	2022	6,034.48	0	- 6,034.48
9	2023	2,076.33	0	- 2,076.33
10	2024	657.46	13,673.58	13,016.12

(continúa...)



(...continúa)

11	2025	803.02	14,201.35	13,398.33
12	2026	826.08	14,808.27	13,982.19
13	2027	890.06	15,433.83	14,543.77
14	2028	890.06	16,076.08	15,186.02
15	2029	936.63	16,738.42	15,801.79
16	2030	936.63	17,419.24	16,482.61
17	2031	1,127.85	18,118.23	16,990.38
18	2032	1,127.85	18,835.30	17,707.45
19	2033	1,127.85	19,568.92	18,441.07
20	2034	1,145.62	20,322.54	19,176.92
21	2035	1,145.62	21,093.93	19,948.31
22	2036	1,145.62	21,882.40	20,736.78
23	2037	1,145.62	22,688.14	21,542.52
24	2038	1,145.62	23,514.35	22,368.73
25	2039	1,163.24	24,360.25	23,197.01
30	2044	1,421.34	28,853.89	27,432.55
35	2049	1,421.34	33,713.31	32,291.97
39	2053	1,421.34	37,825.64	36,404.30

Fuente: SHCP (sin fecha), Memoria de cálculo del proyecto.

**Cuadro 2. Indicadores de rentabilidad de los ACB oficiales del TIMT**

Indicador	ACB 1 (2013)	ACB 2 (2018)	ACB 3 (2020)
Costos de inversión totales (millones de pesos)	38,608.86	70,976.47	89,999.78
VPN (millones de pesos)	7,904.14	21,548.27	18,887.26
TIR (porcentaje)	14.45	13.37	12.02
VPN/Inversión (porcentaje)	20.47	30.36	20.98
Fecha planeada de inicio de operaciones del proyecto	2018	2020	2024

Fuente: SENERMEX (2013), SENERMEX (2018) y SENERMEX (2020).



### 3.4 ¿Por qué siguió saliendo rentable el TIMT en los documentos oficiales a pesar de los sobrecostos?

Para entender por qué siguió saliendo rentable el TIMT a pesar de los sobrecostos que fue experimentando es conveniente analizar cómo se calcularon sus beneficios. Como ya se mencionó, los ahorros en CGV representan al menos el 98% de los beneficios totales del TIMT, dependiendo del año que se analice. ¿Cómo se calcularon estos ahorros? A continuación, enumeramos los principales elementos de ese cálculo según el ACB de 2018 (SENERMEX, 2018, en diversos apartados):

#### A. Para los no usuarios del TIMT:

1. Se dividió el corredor alrededor del proyecto en 32 partes.
2. Se levantaron una encuesta de origen-destino y otra de preferencia declarada en puntos seleccionados a lo largo del corredor del proyecto.
3. Se midieron los aforos vehiculares y los tiempos de recorrido (en horas de alta demanda y de baja demanda) en cada una de las 32 partes en que se dividió el corredor a lo largo del proyecto.
4. Se modeló una red de 32 partes en un *software* llamado VOCMEX. Este paquete fue alimentado con los datos señalados en los puntos 2 y 3, y con base en ellos se obtuvieron simulaciones de los COV (por tipo de vehículo) para cada una de las 32 partes de la red, tanto para una situación sin proyecto como para otra donde se simularon las mejoras del proyecto. La diferencia entre las dos situaciones dio como resultado los ahorros en COV.
5. El programa VOCMEX también simula ahorros en los tiempos de viaje, los cuales son cuantificados usando valores que reflejan el costo social del tiempo (con parámetros estimados por el Instituto Mexicano del Transporte).
6. Se hicieron proyecciones de los ahorros por COV y TV para los 30 años de beneficios que se proponen en el proyecto (2024-2053).

#### B. Para los usuarios del TIMT:

Para los futuros usuarios del tren se hicieron proyecciones de la demanda para los 30 años de beneficios en el horizonte de evaluación y se cuantificaron los ahorros en tiempos de viaje mediante los parámetros del costo social del tiempo.

Una vez explicados los procedimientos para la obtención de los posibles ahorros a ser experimentados por los usuarios y no-usuarios del proyecto, es importante señalar que los ahorros previstos para los futuros pasajeros del TIMT no representan ni el 4% de los ahorros totales en CGV. Por ejemplo, con base en datos del último ACB oficial, los ahorros de los pasajeros proyectados para el tren sólo representarían el 3.68% de los CGV totales para el año 2025, y en los años siguientes esa proporción va decreciendo ligeramente. Si la puesta en marcha del TIMT no genera que una cantidad significativa de individuos dejen su automóvil y lo sustituyan por el tren para hacer viajes entre segmentos de su ruta, entonces los beneficios totales considerados por los estudios oficiales caerán drásticamente.

En segundo lugar, hay que revisar cómo fueron aumentando los beneficios cuantificados en cada ACB. Entre los estudios de 2013 y 2018 la diferencia fundamental es que en el primer caso no se dividió la red alrededor del corredor del proyecto en 32 partes, sino que se hicieron estimaciones generales sobre la red como un todo. Es lógico pensar que, para el estudio de 2018, al hacer la división de la red en 32 segmentos, se pudieron hacer mediciones-proyecciones más finas. De hecho, derivado de esta estrategia, los ahorros en CGV se incrementaron sustancialmente del estudio de 2013 al del 2018. Aun

descontando la inflación acumulada en esos 5 años,<sup>4</sup> hay un incremento de 19.31% para la proyección de este ahorro en el flujo correspondiente a 2024, 38.34% para el del año 2030, 54.13% para el del año 2035, 69.44% para la del año 2040, y el incremento sigue creciendo en los años siguientes.

Para la versión del estudio de 2020 prevaleció la misma modelación de la red en 32 partes y se usaron esencialmente los mismos datos que alimentaron el paquete VOCMEX para el estudio de 2018 (ya no se hicieron nuevos aforos ni se levantaron nuevas encuestas). Según el documento de 2020, lo que se actualizó fueron los valores correspondientes al valor social del tiempo, que es una forma de tomar en cuenta el efecto inflacionario. En este punto se resaltan dos aspectos derivados de la comparación entre los dos documentos (2018 y 2020): a) Las proyecciones de demanda vehicular para los 32 tramos establecidos alrededor de la ruta del tren sí muestran diferencias entre ambos estudios, pero en el documento de 2020 no se explica el porqué de esa disparidad, sobre todo tomando en cuenta que no hubo un nuevo levantamiento de datos. El cambio en cifras sólo es posible mediante el cambio en alguno de los supuestos, pero esto no se explica. b) Los ahorros en CGV reportados para cada una de las 32 partes de la red simulada sí presentaron aumentos significativos. Por ejemplo, considerando el segmento 1 de la red (correspondiente a la Carretera Federal México-Toluca, entre La Venta y el entronque Chamapa-La Venta), los posibles ahorros derivados para el proyecto en el año 2020 tuvieron un incremento de 57.8% para automóviles en horas de alta demanda y 55.8% en horas de baja demanda. No es posible comparar el resto de los años proyectados en cada segmento de la red porque en el documento de 2018 se reportan los años 2020, 2025, 2030, ..., mientras que en el documento de 2020 se reportan 2020, 2027, 2032, ... Sin embargo, sí se pueden comparar los ahorros agregados de toda la red: aun descontando la inflación acumulada en esos 2 años, en el estudio de 2020 hay un incremento de más del 25% para las proyecciones del periodo 2024-2032, más de 24% para el periodo 2033-2046, y más del 23% para el resto de los años. Es difícil concebir que los beneficios se disparen en esa proporción en sólo dos años si la situación sin proyecto sigue siendo la misma y si no hubo nuevos estudios (encuestas, aforos, medición de tiempos de recorrido).

Así que, en resumen, el proyecto seguía siendo rentable de acuerdo con los estudios oficiales, a pesar de sus pronunciados sobrecostos, debido más que nada a los exagerados y poco creíbles incrementos de beneficios, según se ha señalado.

### 3.5 Los costos verdaderos del TIMT

El TIMT comenzó a construirse en 2014. Originalmente se planeaba su inicio de operaciones para el año 2018, pero se fueron acumulando retrasos en su construcción, según se explicó en la sección 3.2. Con los retrasos también comenzaron a crecer los costos. Como se vio en la sección 3.3, al inicio de la construcción se hablaba de una inversión total de 38,608 millones de pesos. Los documentos oficiales de ACB dieron cuenta del aumento de costos entre 2013 y 2020, hasta llegar a un monto de 89,999 millones de pesos. Después, el monto total de inversión continuó creciendo hasta los 110,708 millones de pesos reconocidos por la SHCP en agosto de 2023 (véase cuadro 3). En términos nominales, el porcentaje de sobrecostos es de 186.74%.

Sin embargo, en este tipo de proyectos, lo más conveniente es quitar el efecto de la inflación y calcular los sobrecostos en términos reales. Los sobrecostos en términos reales pueden oscilar en cierto rango dependiendo del tipo de defactor que se use. Si se usa el índice nacional de precios al productor (INPP) de actividades secundarias, sin petróleo (donde se encuentra el sector de la construcción), el

4 Descontando la inflación mediante el INPP para el sector secundario.

sobreprecio es de 114.26%. Si se emplea el INPP de la producción total de la economía, sin petróleo, el sobrecosto es de 123.89%. Ambos índices tienen como año base 2019. Convirtiendo a dólares los flujos anuales de inversión, se obtiene una inversión total de más de 5,751 millones de dólares (véase cuadro 3), y el sobrecosto en esa divisa es equivalente al 90.26%.

Cabe destacar que, desde cualquiera de los puntos de vista señalados, los sobrecostos del TIMT lo sitúan en el cuartil más problemático de los proyectos de trenes (con sobrecostos superiores al 60%), de acuerdo con los casos internacionales de proyectos ferroviarios, según se vio en la sección 1. Aún más, los sobrecostos del TIMT lo sitúan entre los casos destacados internacionalmente por su manejo fallido del presupuesto.

Es frecuente que las autoridades involucradas en el desarrollo de este tipo de proyectos señalen que los sobrecostos en realidad no fueron tan importantes, y que más bien fueron el resultado de efectos inflacionarios o fluctuaciones en el tipo de cambio, pero en el caso del TIMT, ya se mostró que, aun descontando por esos efectos, su magnitud es notable.

**Cuadro 3. Costos de inversión del TIMT validados por la SHCP a agosto de 2023**

Año	Costos de inversión (millones de pesos)	Tipo de cambio* (pesos x dólar)	Costos de inversión (millones de dólares)
2014	4,729.78	13.3056	355.47
2015	5,928.06	15.8680	373.58
2016	15,223.47	18.6908	814.48
2017	24,027.41	18.9197	1,269.96
2018	19,581.90	19.2421	1,017.65
2019	6,614.68	19.2573	343.49
2020	4,780.31	21.4936	222.40
2021	5,488.87	20.2787	270.67
2022	7,944.10	20.1192	394.85
2023	12,390.26	17.9898**	688.73
2024	4,000.00	19.0000***	210.53
TOTAL	110,708.88	-	5,751.32

Fuente: Elaboración propia con base en información de la SHCP (Calendario de Financiamiento del proyecto) y Banco de México (Sistema de Información Económica).

Notas: \* Es el promedio anual del tipo de cambio en pesos por dólar FIX. \*\* Es el promedio enero-julio de 2023. \*\*\* Es el promedio estimado para 2024.

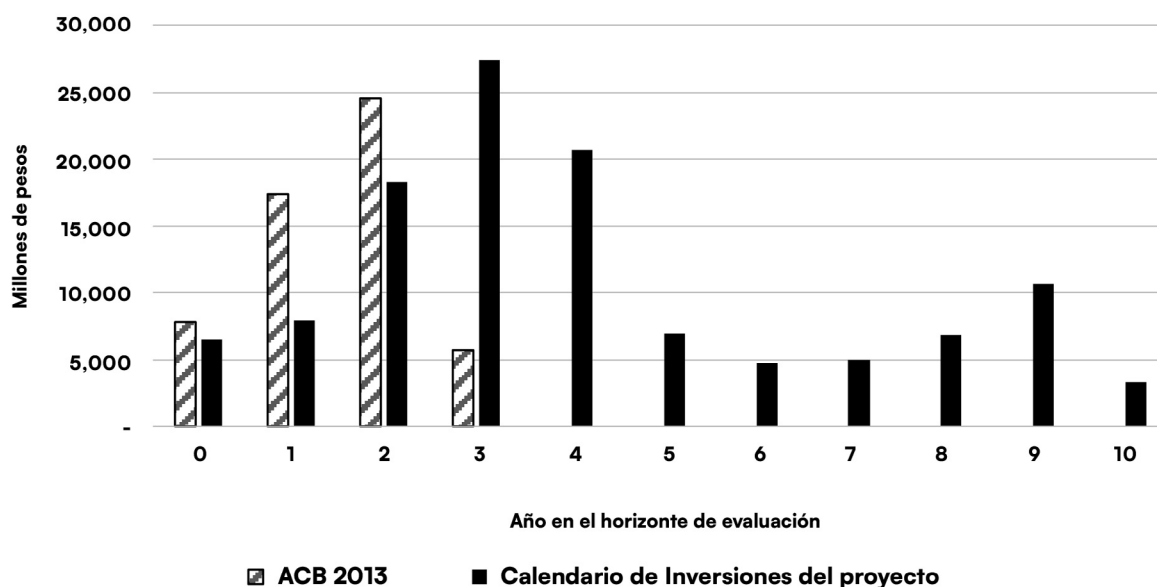
Para terminar este apartado, agregar que los recursos financieros empleados para el TIMT han sido totalmente recursos federales. Para efectos administrativos, se puede especificar que, del total del presupuesto invertido, 20,000 millones de pesos proceden de Banobras, a través del Fondo Nacional de Infraestructura (Bocanegra, 2020; SHCP, sin fecha); el resto de los recursos han salido directamente de la SHCP. Pero, para efectos prácticos, la totalidad de los recursos son públicos.

## 4. Resultados de los escenarios de análisis

Como se vio en la sección 3.3, los ACB oficiales del TIMT proponen que el proyecto sigue presentando mayores beneficios que costos a pesar de que estos últimos han escalado 186.7% en términos nominales y 114.2% en términos reales. Más allá de lo que ya se ha comentado, en la presente sección se construyeron tres escenarios para profundizar en la comprensión del proyecto, todos ellos basados en el flujo de caja incluido en el último ACB oficial, y mostrado en el cuadro 1. Luego se introdujeron los cambios propuestos en cada escenario (véase cuadro 4).

**Escenario 1: Actualización de los costos de inversión.** - Este primer escenario retoma de manera idéntica casi todos los flujos de costos y beneficios del ACB oficial de 2020. El único cambio que se introduce es la actualización de los costos de inversión. En reemplazo de los costos utilizados en los cálculos oficiales, se usan los costos de inversión reconocidos por la propia SHCP en su calendario oficial de financiamiento, y que se muestran en el cuadro 3. A estos costos se les quitó el equivalente del impuesto al valor agregado (IVA), según la práctica común de la evaluación socioeconómica de proyectos.<sup>5</sup> Además, cada flujo de inversión se llevó, de acuerdo con la inflación observada, a precios de julio de 2020, ya que los flujos del ACB 2020 están determinados precisamente en precios de ese año. Como resultado de esta modificación, el VPN se redujo a 2,371 millones de pesos, con una TIR = 10.24%, y la razón VPN/Inversión total = 2.14%. La gráfica 1 compara los costos de inversión iniciales del proyecto (los del ACB de 2013) con los de este escenario. Finalmente, a partir de los resultados de este escenario, es evidente que cualquier incremento adicional de costos que pudiera darse en el futuro, acercaría más hacia cero la rentabilidad del TIMT, a pesar de los beneficios optimistas considerados en los documentos oficiales.

**Gráfica 1. Costos de inversión del TIMT según el ACB (2013) y los reconocidos por la SHCP en agosto de 2023**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SENERMEX (2013: 169) y la SHCP (Calendario de Financiamiento del proyecto).  
 Notas: 1) Los costos de inversión de ambos casos se convirtieron a pesos de julio de 2020. 2) Se agregó el monto correspondiente al IVA en cada uno de los flujos.

<sup>5</sup> Se considera que los impuestos no representan un costo sino una transferencia de recursos.

**Escenario 2: Cambio en los ahorros en costos generalizados de viaje.** - Además de la modificación hecha en el escenario 1, en este se propone modificar los ahorros en costos generalizados de viaje (CGV) del último ACB oficial, los cuales representan el principal beneficio del proyecto. Como ya se ha explicado en la sección 3.4, al comparar los ahorros en los CGV de los estudios de 2018 y 2020, se observa que estos últimos crecieron en más del 25% en términos reales (34% en términos nominales) para las proyecciones del periodo 2024-2032, más de 24% para el periodo 2033-2046, y más del 23% para el resto de los años. Como ya se señaló, es difícil concebir que los beneficios se incrementen en esa proporción en sólo dos años si la situación sin proyecto sigue siendo la misma y si no hubo nuevos estudios de campo. Además, en las proyecciones de 2018 ya se había supuesto que el tráfico vehicular crecería a cierta tasa anual. En tales circunstancias, lo razonable sería pensar que los beneficios se actualizan de acuerdo con la inflación. En el ACB 2020 se señala que para tales fines usaron la actualización del valor social del tiempo del Instituto Mexicano del Transporte y tales valores aumentaron en casi 14% entre 2018 y 2020 (SENERMEX, 2020 p.801). Así que en este escenario se considera que los ahorros en CGV se actualizaron entre esos años en el 14% señalado, en lugar del rango 23-25% que lo hace el estudio de 2020. Como resultado de esta modificación, el VPN se volvió negativo en -8,285 millones de pesos, con una TIR = 9.21%, y con la razón VPN/Inversión total = -7.48%. Estos resultados, más lo que ya se mencionó sobre la composición total de los beneficios, donde los usuarios del tren representan una parte mínima respecto al total, muestran que la aparente rentabilidad del proyecto del TIMT está sustentada en supuestos de poca credibilidad.

**Escenario 3: Un retraso adicional en el inicio de operaciones del proyecto.** - Al momento de concluir el presente estudio, el último parte oficial sobre el tramo III del proyecto, el correspondiente a la Ciudad de México, reportó un avance del 73% (en julio de 2023) (Escalona, 2023) y un avance global del proyecto del 81% (en agosto de 2023) (Zavala, 2023). Habrá que recordar que en este tipo de proyectos no se concluye la construcción y se comienza la operación inmediatamente, sino que son necesarios meses de pruebas para comprobar el funcionamiento y seguridad de la obra. Los cálculos del último ACB oficial están hechos planeando el inicio de operaciones para principios de 2024, lo que implicaría haber concluido toda la etapa de construcción en los primeros meses de 2023 para luego dar lugar al periodo de pruebas. Tal como se reporta el avance del tramo III, ya no se cumplirán tales previsiones. En este caso se analiza qué pasaría si hubiera un retraso de 6 meses (escenario 3a) o de un año (escenario 3b) en la puesta en marcha del proyecto, lo que implicaría reducir los beneficios (y costos de operación y mantenimiento) del primer año de operación (en 50% ó 100%, respectivamente). Como resultado de esta modificación, con un retraso de 6 meses, el VPN es negativo en -10,210 millones de pesos, con una TIR = 9.03. Con un retraso de un año, el VPN es negativo en -12,511 millones de pesos, con una TIR = 8.83%. Luego de estos resultados es fácil observar que más retrasos en el proyecto seguirán erosionando sus resultados sociales.

Cabe señalar que al momento de concluir el presente estudio (agosto de 2023), se había anunciado para el 15 de septiembre de 2023 el inicio de operaciones de las cuatro estaciones ubicadas en la ciudad de Toluca, y que el tramo III podría quedar terminado para finales de marzo de 2024, quedando pendiente el periodo de pruebas. La puesta en marcha de las operaciones en las estaciones del Estado de México representa un mínimo de los beneficios del proyecto, ya que la vocación del TIMT es llevar pasajeros entre las zonas urbanas de Toluca y la Ciudad de México, que es lo que generaría los ahorros más significativos de tiempo, así como el mayor volumen de demanda. De esta manera, se considera que los escenarios 3a y 3b apenas tendrían una mínima modificación. De hecho, por los avances reales del tramo III, puede afirmarse que el TIMT ya se encuentra en los supuestos del escenario 3a, donde la sociedad pierde al menos 10,210 millones de pesos.

Finalmente, como conclusión de estos escenarios, puede decirse que, a pesar de los resultados cosméticos de los estudios oficiales, la combinación de retrasos y costos que ha emergido de la mala planeación, gestión y ejecución de la obra, ha terminado por configurar un proyecto deficiente en sus resultados sociales.

**Cuadro 4. Características de los escenarios ex-post y sus indicadores de rentabilidad**

Concepto	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3a	Escenario 3b
Modificación aplicada al ACB oficial	Actualización de los costos de inversión	Escenario 1 + cambio en el ahorro de los CGV*	Escenario 2 + retraso de 6 meses en inicio de operaciones	Escenario 2 + retraso de 1 año en inicio de operaciones
Año en el que se aplicaron las modificaciones	2014-2024	2024-2053	2024	2024
Cantidad de dinero aplicada (millones de pesos)	24,493.8*** (pesos de 2020)	- 2,023.6 (en 2024)**	- 5,652.0	- 11,304.0
VPN (millones de pesos)	<b>2,371.8</b>	<b>- 8,285.9</b>	<b>- 10,210.5</b>	<b>- 12,511.1</b>
TIR**** (por ciento)	10.24	9.21	9.03	8.83
VPN/Inversión (por ciento)	2.14	- 7.48	- 9.85	- 11.30

Notas: \* CGV = Costos Generalizados de Viaje. \*\* En los años sucesivos crecen a una tasa aproximada del 4%. \*\*\* Respecto al ACB (2020), sin IVA. \*\*\*\* La tasa social de descuento oficial en México es de 10%.

## Conclusiones

El presente trabajo se ha enfocado en hacer una evaluación ex-post del proyecto del TIMT, el cual ha avanzado con muchas dificultades e interferencias. Los numerosos retrasos experimentados por el proyecto han derivado en sobrecostos significativos: 186.7% en términos nominales, 114.2% en términos reales, y 90.2% en dólares. Desde cualquiera de estos puntos de vista, los sobrecostos del TIMT lo sitúan en el cuartil más problemático de los proyectos de trenes (con sobrecostos superiores al 60%), de acuerdo con los estudios de casos internacionales de proyectos ferroviarios. Aún más, los sobrecostos del TIMT lo sitúan entre los casos destacados internacionalmente por su manejo fallido del presupuesto, lo que lo convierte en un caso representativo de la poca eficiencia de la inversión pública en México y, consecuentemente, del dispendio de los recursos sociales.

Tomando las propias evaluaciones oficiales del proyecto, sin apenas cuestionar la estructura o solidez de sus estimaciones, simplemente actualizando los costos de inversión y proponiendo un crecimiento un poco más moderado (y creíble) de sus beneficios, el proyecto deja de ser rentable en términos sociales. Por el avance real de las obras al mes de agosto de 2023, el TIMT ya se encuentra dentro de un rango de retraso de seis meses respecto a la previsión de que iniciaría operaciones en toda su ruta a partir de enero de 2024. Este retraso ya lo sitúa en el escenario de una pérdida social de más de 10,000 millones de pesos, equivalente a más de 550 millones de dólares. Entre el último ACB oficial (del 2020) del proyecto y este escenario ex-post hay una diferencia de rentabilidad social de más de 29 mil millones de pesos, equivalentes a casi 1,600 millones de dólares.

Las causas evidentes de estos resultados son la mala planeación y gestión del proyecto, que provocaron diversas modificaciones al diseño original del TIMT, algunas muy significativas y extemporáneas, encareciendo considerablemente su desarrollo. Estas causas evidentes están relacionadas con factores más profundos, identificados como rezagos de tipo institucional. Por ejemplo, hubo un claro problema



de derechos de propiedad que no fue resuelto con la anticipación debida, lo que implica deficiencias en las instituciones de gobernanza y en el marco legal (Canitez *et al.*, 2019).

Por otra parte, trabajos previos sobre casos internacionales de proyectos de infraestructura de transporte han propuesto que los patrones de sobrecostos también tienen como causas subyacentes a la falta de transparencia y de rendición de cuentas (Flyvbjerg *et al.*, 2004). Al respecto, el IMCO publicó un estudio donde señaló que solicitó información al gobierno federal (administración 2012-2018) sobre 23 contratos relacionados con el TIMT, recibiendo como respuesta que no se habían encontrado muchos de los documentos solicitados (IMCO, 2018). Por lo tanto, una de las conclusiones de su estudio es que faltaba más información y transparencia respecto a los procesos de contratación del proyecto. Con la nueva administración federal iniciada en 2018, la situación ha sido mucho peor. Ahora no es posible consultar gran parte de la información que debería ser pública. Por ejemplo, en el documento de acceso público del ACB de 2020, ha sido obstruida la información sobre aspectos tan básicos como los costos y beneficios del proyecto, así como los datos para su procesamiento.

Las personas de espíritu pragmático podrán pensar que la rentabilidad negativa del TIMT tendrá poca importancia cuando vean funcionar un tren de alta tecnología que satisfaga los estándares contemporáneos, mucho más si se acerca a las ambiciosas metas de su demanda de pasajeros. Pero sí tiene importancia, y mucha. En países como México, donde los recursos son tan limitados, no se pueden desperdiciar miles de millones de pesos como resultado de querer hacer lo segundo antes de lo primero (construir antes de tener los derechos de vía); o como consecuencia de introducir cambios sustanciales en el proyecto (por decisión de una o unas pocas personas no expertas en la materia), luego de seis o siete años de penoso avance de las obras. Al final, el TIMT será provechoso para muchos usuarios, eso está fuera de discusión, pero lo será a un costo excesivo.

## Referencias

- Andric, J.M., Mahamadu, A.M., Wang, J., Zou, P.X.W. & Zhong, R. (2019). The cost performance and causes of overruns in infrastructure development projects in Asia. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(3), 203-214. <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.8646>
- Annema, J.A., Frenken, K., Koopmans, C. & Kroesen, M. (2017). Relating cost-benefit analysis results with transport project decisions in the Netherlands. *Letters in Spatial and Resource Science*, 10, 109-127. <https://doi.org/10.1007/s12076-016-0175-5>
- Auditoría Superior de la Federación (2021a). *Suministro y Puesta en Marcha de Material Rodante, Sistemas Ferroviarios y de Comunicaciones, Boletaje, Centro de Control, Sistemas Electromecánicos del Túnel y del Viaducto, Vías, Sistemas de Energía y Construcción de Dos Subestaciones de Tracción de 25 Kv y Edificios Técnicos en Línea del Tren Interurbano México-Toluca, en el Estado de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 356-DE: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Auditoría Superior de la Federación (2021b). *Trabajos de Construcción y Obras Complementarias del Tramo 3 del Tren Interurbano México-Toluca, en la Ciudad de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 329-DE: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Auditoría Superior de la Federación (2022a). *Construcción de la Estación Vasco de Quiroga del Tren Interurbano México-Toluca, en la Ciudad de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 294: <http://www.asfdatos.gob.mx/>

- Auditoría Superior de la Federación (2022b). *Construcción del Tramo Ferroviario Zinacatepec km 0 + 000 al km 36 + 150 del Tren Interurbano México-Toluca, en el Estado de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 295: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Auditoría Superior de la Federación (2022c). *Construcción del Túnel Ferroviario del Portal Poniente al Oriente, con inicio en el km 36 + 150 y Terminación en el km 40 + 478, y Adecuaciones, Actualizaciones y Modificaciones al Proyecto Ejecutivo del Tren Interurbano México-Toluca, en el Estado de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 296: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Auditoría Superior de la Federación (2023a). *Trabajos de Construcción y Obras Complementarias del Tramo 3 del Tren Interurbano México-Toluca, en la Ciudad de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 308: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Auditoría Superior de la Federación (2023b). *Construcción de la Estación Vasco de Quiroga del Tren Interurbano México-Toluca, en la Ciudad de México*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 303: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Auditoría Superior de la Federación (2023c). *Avances del Proyecto de Construcción del Tren Interurbano México-Toluca*. México: Auditoría Superior de la Federación, Sistema Público de Consulta de Auditorías, Número de Auditoría 288: <http://www.asfdatos.gob.mx/>
- Bnamericas (2021, 18 de agosto). *Los principales problemas del tren de US\$4,600mn Ciudad de México-Toluca*. <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/los-principales-problemas-del-tren-de-us4600mn-ciudad-de-mexico-toluca>
- Bocanegra, R. (2020, 30 de octubre). *Licitarán dos nuevas obras del Tren Interurbano México-Toluca*. Real Estate Market & Lifestyle. <https://realestatemarket.com.mx/noticias/infraestructura-y-construccion/30750-licitaran-dos-nuevas-obras-del-tren-interurbano-mexico-toluca>
- Bhargava, A., Anastasopoulos, P., Labi, S., Sinha, K. C. & Mannering, F. L. (2010). Three-stage least squares analysis of time and cost-overruns in construction contracts. *ASCE Journal of Construction, Engineering and Management*, 136(11), 1207–1218. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000225](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000225)
- Burnside, C., & Dollar, D. (2004). Aid, policies, and growth: Revisiting the evidence. *World Bank Policy Research Working Paper*, No. 2834. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/992381468780325835/pdf>
- Canitez, F., Celebi, D. & Beyazit, E. (2019). Establishing a metropolitan transport authority in Istanbul: A new institutional economics framework for institutional change in urban transport. *Case Studies on Transport Policy*, 7(3), 562–573. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.06.002>
- Cantarelli, C., Flyvbjerg, B. & Buhl, S.L. (2012). Geographical variation in project cost performance: the Netherlands versus worldwide. *Journal of Transport Geography*, 24(C), 324–331. [10.1016/j.jtrangeo.2012.03.014](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.014)
- Carapia, F. (2021, 12 de septiembre). *Está Línea 3 lejos de meta planeada*. *Mural*. <https://www.mural.com.mx/esta-linea-3-lejos-de-meta-planeada/ar2257188>
- Chavarín, R. (2023). When government wastes benefits from a project: The case of Line 3 of Light Rail in Guadalajara, Mexico. *Paradigma Económico*, 15(2), 39–64. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4241368>
- Clinnick, R. (2022, March 24). Stuttgart 21 project cost increases by €950m. *International Railway Journal*. <https://www.railjournal.com/infrastructure/stuttgart-21-project-cost-increases-by-e950m/>
- CUESTIONE (2021, 10 de octubre). *A pesar de multas y sobrecosto en obra, SCT otorga contrato a ICA*

- para Tren Interurbano. <https://cuestionone.com/nacional/a-pesar-de-multas-y-sobrecosto-en-obras-otorga-contrato-a-ica-para-tren-interurbano/>
- Dollar, D., & Levin, V. (2005). Sowing and reaping: Institutional quality and project outcomes in developing countries. *World Bank Policy Research Working Paper*, No. 3524. <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-3524>
- Eliasson, J., & Lundberg, M. (2012). Do cost—benefit analyses influence transport investment decisions? Experiences from the Swedish Transport Investment Plan 2010—21. *Transport Reviews* 32(1), 29-48. 10.1080/01441647.2011.582541
- Flyvbjerg, B. (2007a). Policy and planning for large-infrastructure projects: problems, causes, cures. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(4), 578-97. <https://ssrn.com/abstract=2230414>
- Flyvbjerg, B. (2007b). Cost overruns and demand shortfalls in urban rail and other infrastructure. *Transportation Planning and Technology*, 30(1), 9-30. <https://doi.org/10.1080/03081060701207938>
- Flyvbjerg, B. (2009). Survival of the unfittest: Why the worst infrastructure gets built — and what we can do about it. *Oxford Review of Economic Policy*, 25(3), 344—367. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grp024>
- Flyvbjerg, B., Skamris-Holm, M.K. & Buhl, S.L. (2003a). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23(1), 71-88. 10.1080/0144164022000016667
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. & Rothengatter, W. (2003b). *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge University Press, 8th edition.
- Flyvbjerg, B., Skamris-Holm, M.K. & Buhl, S.L. (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 24(1), 3-18. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Han, S.H., Yun, S. Kim, H., Kwak, Y.H., Park, H. K. & Lee, S. H. (2009). Analyzing schedule delay of mega project: lessons learned from Korea train express. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 56(2): 243-256. 10.1109/TEM.2009.2016042
- Huo, T., Ren, H. Cai, W., Shen, G. K., Liu, B., Zhu, M. & Wu, H. (2018). Measurement and dependence analysis of cost overruns in megatransport infrastructure projects: Case study in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3). 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001444
- Ika, L.A., Diallo, A. & Thuillier, D. (2012). Critical success factors for World Bank projects: An empirical investigation. *International Journal of Project Management*, 30(1), 105—116. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.03.005>
- IMCO (2018). *Ineficiencia y riesgos de corrupción en obra pública: caso de estudio del tren interurbano México-Toluca*. <https://imco.org.mx/ineficiencia-riesgos-corrupcion-obra-publica-caso-estudio-del-tren-interurbano-mexico-toluca/>
- Kostka, G., & Anzinger, N. (2016). Large infrastructure projects in Germany: A cross-sectoral analysis. En G. Kostka & J. Fiedler (eds.) *Large Infrastructure Projects in Germany*. (pp. 15-38) Palgrave Macmillan.
- Lagarda, G., Linares, J., López, A. & Manzano, O. (2018). Management and execution of investment projects, the task prior to the measurement of development effectiveness: The case of the Inter-American Development Bank. *IDB Working Paper Series*, IDB-WP-918. <https://publications.iadb.org/en/management-and-execution-investment-projects-task-prior-measurement-development-effectiveness-case>
- Lee, J. K. (2008). Cost overrun and cause in Korean social overhead capital projects: Roads, rails, airports, and ports. *Journal of Urban Planning and Development*, 134(2), 59-62. 10.1061/ASCE0733-94882008134:259


- Legovini, A. (2010). Development impact evaluation initiative: A World Bank-wide strategic approach to enhance developmental effectiveness. *World Bank Report*, No.63322. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/689141468161083406/development-impact-evaluation-initiative-a-world-bank-wide-strategic-approach-to-enhance-developmental-effectiveness>
- Meunier, D. & Welde, M. (2017). Ex-post evaluations in Norway and France. *Transportation Research Procedia*, 26, 144-155. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.07.015>
- Obras Expansión (2018, 15 de junio). *El tren México-Toluca comenzará a rodar hasta mediados de 2019*. <https://obras.expansion.mx/construccion/2018/06/15/el-tren-mexico-toluca-comenzara-a-rodar-hasta-mediados-de-2019>
- SENERMEX (2013). *Análisis Costo Beneficio. Proyecto: construir el tren interurbano México-Toluca 1era etapa*. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas.
- SENERMEX (2018). *Análisis Costo Beneficio. Tren interurbano México - Toluca*. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas.
- SENERMEX (2020). *Memoria del Análisis Costo - Beneficio (ACB) del proyecto del Tren Interurbano México-Toluca*. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas.
- SHCP (sin fecha). *Calendario de Financiamiento del proyecto: Tren Interurbano México-Toluca* [https://www.secciones.hacienda.gob.mx/work/models/sci/cartera\\_publica/](https://www.secciones.hacienda.gob.mx/work/models/sci/cartera_publica/), clave de cartera: 13093110008.
- Singh, R. (2010). Delays and cost overruns in infrastructure projects: extent, causes and remedies. *Economic and Political Weekly*, 45(21), 43-54. <https://www.jstor.org/stable/27807050>
- Steininger, B., Groth, M. & Weber, B. L. (2020). Cost overruns and delays in infrastructure projects: the case of Stuttgart 21. *KTH Royal Institute of Technology Working Paper*, No. 2020/11. S-WoPEc. [https://swopec.hhs.se/kthrec/abs/kthrec2020\\_011.htm](https://swopec.hhs.se/kthrec/abs/kthrec2020_011.htm)
- Williamson, O.E. (2000). The New institutional economics: Taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38(3), 595—613. <https://www.jstor.org/stable/2565421>
- Winston, C., & Maheshri, V. (2007). On the social desirability of urban rail transit systems. *Journal of Urban Economics*, 62(2), 362-82. 10.1016/j.jue.2006.07.002
- Zavala, D. (2023, 08 de agosto). *Tren Interurbano México-Toluca: 10 años de construcción y desafíos de ingeniería. Obras Expansión*. <https://obras.expansion.mx/infraestructura/2023/08/08/tren-interurbano-mexico-toluca-avances-inauguracion>

# Medición de impactos socioeconómicos en estudios ambientales: Una aproximación metodológica


## Measuring socioeconomic impacts in environmental studies: A methodological approach

Luis Amado Sánchez-Alcalde<sup>1</sup>, Manuel A. Zambrano Monserrate<sup>2</sup> y Ana Elena González Guzmán<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 28 de noviembre del 2023  
Fecha de aceptación: 12 de febrero del 2024

1 Nacionalidad: peruana. Adscripción: Universidad Autónoma de Coahuila  ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7501-4421>  
Correo: [sanchez.amado@uadec.edu.mx](mailto:sanchez.amado@uadec.edu.mx)

2 Nacionalidad: ecuatoriana. Adscripción: Universidad de Especialidades Espíritu Santo  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0025-7901>  
Correo: [manuelzambranom@uees.edu.ec](mailto:manuelzambranom@uees.edu.ec)

3 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Universidad Autónoma de Coahuila  ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1040-6521>  
Correo: [aegg1992@outlook.com](mailto:aegg1992@outlook.com)



Clasificada como competente internacional por Conahcyt



LICENCIA:  
Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Resumen

La evaluación (*ex — ante*) de los impactos físicos y biológicos en un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) goza de una metodología revisada y apoyada por la mayoría de la comunidad científica, descansando su medición, en cuanto a intensidad, en diversos parámetros reconocidos internacionalmente, como los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o los Límites Máximos Permisibles (LMP). Sin embargo, ¿cuáles son los parámetros para evaluar los impactos socioeconómicos en un EIA? y ¿qué indicador usar para medir dichos impactos? Estas preguntas pretenden ser respondidas en el presente trabajo, el cual representa una aproximación metodológica, que toma como soporte la teoría económica actual y en donde se construye un grupo de indicadores de intensidad y sus respectivos parámetros. Se espera que esta propuesta pueda ser una referencia para evaluadores, consultores y que sea continuamente revisada por la comunidad científica, y que de esta manera los EIAs sean mejor elaborados y puedan ser idóneos para la toma de decisiones ambientales.

**Palabras Clave:** EIA, Indicadores Socioeconómicos, Economía, Regional, Metodología.

## Abstract

The assessment (*ex — ante*) of the physical and biological impacts in an Environmental Impact Assessment (EIA) has a methodology reviewed and supported by the majority of the scientific community, such as Environmental Quality Standards (ECA) or Maximum Permissible Limits (MPL). However, what are the parameters to assessment socioeconomic impacts in an EIA? And what indicator to use to measure these impacts? These questions are intended to be answered in this work through a methodological approach, taking current economic theory as support and constructing a set of intensity indicators and their respective parameters. It is expected that this proposal can be a reference for evaluators, consultants and that it be continually reviewed by the scientific community, and that in this way the EIAs are better prepared and can be suitable for making environmental decisions.

**Keywords:** EIA, Socioeconomic Indicators, Economy, Regional, Methodology.



## Introducción

El concepto de impacto proviene de la idea del cambio que produce la actividad humana sobre algún componente del sistema. En el contexto del ambiente, la literatura señala que un impacto se refiere al cambio que produce dicha actividad humana sobre algún componente físico, biológico o social (Carlos, 2015). En este sentido, los Estudios de Impacto Ambiental (EIAs) son aquellos que tienen por objetivo valorar, de manera *ex — ante*, los cambios en el ecosistema o ambiente producidos por el hombre. Dicha valoración requiere de un análisis multidisciplinario en donde la ingeniería, la biología y las ciencias sociales convergen hacia un solo fin.

Sin embargo, la tarea no es sencilla, pues si bien los impactos físicos y biológicos pueden medirse en función de Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), Límites Máximos Permisibles (LMPs) u otro método respaldado por las ciencias naturales, en el caso de los impactos socioeconómicos, por pertenecer a las ciencias sociales, estos pueden tener valoraciones subjetivas, lo que conlleva a resultados sesgados. Una correcta evaluación de un EIA debe ser lo suficientemente rigurosa de tal forma que se refleje adecuadamente el cambio en los agentes afectados por algún proyecto, programa o política; como por ejemplo aquellas actividades relacionadas a la extracción de recursos naturales (minería, hidrocarburos, especies forestales, entre otros). Si bien es cierto que gracias a guías y manuales realizados por organizaciones gubernamentales nacionales e internacionales se puede tener una idea de qué variables ambientales y sociales incluir en un estudio de impacto ambiental, aún es escasa la literatura donde se indica cómo medir el impacto *ex — ante* sobre las variables socioeconómicas.

En este sentido, el presente trabajo tiene por objetivo proponer una metodología teórica y práctica para evaluar de manera *ex — ante* los impactos socioeconómicos en el contexto de un EIA. Para ello se recurre a la teoría económica relacionada con aspectos ambientales y a la construcción de indicadores cuantitativos basados en términos de intensidad. A continuación, se presenta el soporte teórico, luego una breve discusión de la forma en que se evalúan los impactos socioeconómicos en el contexto de un EIA a nivel internacional. Posteriormente se muestra la metodología propuesta, junto con un ejercicio práctico, y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

## 1. Aspectos teóricos y conceptos relevantes

En esta sección se presentan los aspectos teóricos relevantes y necesarios para soportar la propuesta de los indicadores. Por un lado, es pertinente el concepto de teoría del cambio, el cual según Rogers (2014) se refiere a la teoría que tiene como hipótesis que un conjunto de actividades produzca una serie de resultados identificados como impactos. Es decir, el impacto tiene en su naturaleza misma el cambio de una variable. Traducido al contexto de interés de este trabajo, el impacto ambiental representa un cambio sobre las variables físicas, biológicas y socioeconómicas. Cambio que deberá ser medido correctamente.

Para abordar el cambio en el contexto socioeconómico se escogió la teoría económica ortodoxa. En primer lugar, la economía ambiental como corriente teórica relativamente nueva, y cuyo campo de acción se basa en procurar los problemas ambientales a través del uso de instrumentos microeconómicos. Asimismo, se recurrió a la economía regional, la cual ha tomado relevancia en la última década (para el caso de América Latina) por sus aplicaciones en la toma de decisiones espaciales y de ordenamiento territorial. De la misma manera, se usó el concepto de *revenue sharing* o repartición de las rentas, pero en el contexto de los recursos naturales.

A continuación, el detalle de las teorías y conceptos.

## 1.1 La aplicación de la economía ambiental en la toma de decisiones políticas

La economía ambiental es una disciplina relativamente nueva que surge como respuesta a la necesidad de abordar los problemas ambientales desde una óptica económica. Si bien se puede decir que la economía ambiental tiene raíces históricas en el pensamiento económico clásico, como el trabajo de Thomas Malthus en el siglo XVIII, la disciplina en sí misma comenzó a desarrollarse en la década de los 60 y 70, en el contexto del creciente interés en los problemas ambientales a nivel global (Lewis & Tietenberg, 2019).

Uno de los primeros hitos importantes en el desarrollo de la economía ambiental fue la publicación del libro “La tragedia de los comunes” en 1968, escrito por Garrett Hardin. En este libro se plantea el problema de la sobreexplotación de los recursos comunes, como los océanos, los bosques y la atmósfera, y se sugiere que la solución a este problema puede encontrarse en mecanismos económicos que internalicen los costos ambientales (Hanley, et al., 2019).

Posteriormente, en la década de los 70, se desarrollaron nuevas herramientas y modelos económicos para abordar los problemas ambientales, como el análisis costo-beneficio y el diseño de políticas públicas para incentivar la protección del medio ambiente. El ejemplo clásico de esto son los impuestos pigouvianos, que buscan internalizar los costos y beneficios sociales que se producen sobre terceros cuando los agentes económicos toman decisiones privadas.

La economía ambiental ha soportado, y lo sigue haciendo actualmente, teóricamente los estudios de impacto ambiental en la práctica. Varios manuales sobre evaluación de impacto ambiental en las diferentes direcciones públicas de los gobiernos tienen como herramienta la valoración económica del ambiente, el análisis costo — beneficio socioambiental y la tasa de descuento socioambiental, los cuales pueden ser definidos como instrumentos microeconómicos para la toma de decisiones ambientales en el sector público. Probablemente la herramienta que más se ha usado en los últimos años sea la valoración económica del ambiente o de los servicios ecosistémicos, la cual permite abordar a aquellos bienes y servicios no mercadeables e internalizarlos para la toma de decisiones económicas (Haro y Taddei, 2010).

Asimismo, debe indicarse que la aplicación de la economía ambiental en la toma de decisiones o la elaboración de políticas públicas no sólo se orienta a dirigir teóricamente los EIAs, sino además se ha incorporado en el análisis macroeconómico, en específico en la medición del Producto Interno Bruto; por ejemplo, en el caso de las cuentas nacionales mexicanas en donde, a partir del concepto de externalidades ambientales negativas, se calcula el Producto Interno Neto Ecológico — PINE (INEGI, 2018).

## 1.2 El enfoque de la economía regional

La economía regional es una rama de la economía que se enfoca en el análisis de una región específica, en lugar de la economía de un país o del mundo en su conjunto. Esta disciplina se centra en el estudio de las condiciones económicas y los procesos que afectan a una región determinada, incluyendo factores como el empleo, la producción, el comercio y la inversión.

Esta rama se interesa por comprender las dinámicas económicas que ocurren en una región determinada, y cómo estas pueden ser influenciadas por factores externos como la globalización, las políticas gubernamentales y las tendencias económicas a nivel nacional e internacional. Asimismo, la

economía regional estudia cómo las condiciones económicas locales influyen en el bienestar de la población, la distribución de la riqueza y el desarrollo sostenible de la región (Hoover & Giarratani, 2020).

Los estudios pueden ser realizados tanto por gobiernos, instituciones académicas y organismos internacionales, como por empresas y organizaciones que desean entender las dinámicas económicas y las oportunidades de inversión en una región determinada. En muchos casos, la economía regional es considerada un enfoque útil para entender las desigualdades económicas y sociales que existen entre diferentes regiones de un país y para diseñar políticas que promuevan un desarrollo más equitativo y sostenible en cada una de estas áreas geográficas (Hoover y Giarratani, 2020).

En cuanto a la relación entre el enfoque regional y el impacto ambiental, Ken y Barradas (2021) indican que “En América Latina y el Caribe se presentan territorios diversos en cuanto a las condiciones naturales: unos con alta diversidad biológica y riquezas naturales, otros con serios procesos de degradación y fuertes limitaciones de recursos naturales o con riesgos de catástrofes... En el medio rural el uso de los recursos naturales como agua, suelos y vegetación suele ser el eje central de las inversiones.” (p. 97). Esto indicaría que el espacio (la región), y todos los componentes bióticos y abióticos que lo conforman, es potencialmente afectado por las dinámicas económicas a través de los proyectos de inversión.

## 1.3 El uso del *revenue sharing* en las rentas por recursos naturales

El reparto de ingresos o *revenue sharing* es un enfoque utilizado para distribuir los beneficios económicos generados por la explotación de los recursos naturales, entre diferentes actores interesados, como el gobierno, las empresas y las comunidades locales (Hilmawan & Clark, 2019). Además, el reparto de ingresos puede ser una de las herramientas para abordar asuntos de justicia ambiental (Schroeder, 2008). Por ejemplo, en ciertas regiones, se han implementado acuerdos en los que las comunidades reciben una parte de los ingresos generados por el ecoturismo o la conservación de áreas naturales protegidas. Esto crea incentivos para que las comunidades locales participen activamente en la preservación del medio ambiente y los recursos naturales en sus territorios.

Los ingresos generados por la extracción o explotación de recursos naturales, como petróleo, gas, minerales, madera, entre otros, se distribuyen entre los diferentes actores involucrados. Esta distribución puede ser de diferentes formas, incluyendo el pago de impuestos y regalías al gobierno, el pago de dividendos a los accionistas de la empresa y la asignación de fondos para programas y proyectos de desarrollo comunitario (Henri, 2019). En América Latina la experiencia indica que este reparto se ha realizado en forma de transferencias intergubernamentales (Acquatella et al., 2013), las cuales tienen un destino de gasto mayormente de capital (Muineló, 2022), siendo que estas se han vuelto muy populares e importantes en la estructura de fuentes de financiamiento, relegando en parte a los ingresos propios de los gobiernos locales (Sánchez, 2018). Asimismo, estudios recientes para algunos países de la región revelan que la repartición de estas rentas tiene el potencial de generar alta desigualdad territorial (Brosio et al., 2018).

La idea detrás de este reparto es asegurar que las comunidades locales, donde se extraen los recursos reciban una parte justa de los beneficios económicos generados por su explotación. En muchos casos, estas comunidades pueden verse afectadas por la actividad extractiva, como la contaminación del agua o el aire, la pérdida de tierras o la interrupción de sus actividades económicas tradicionales (Ahmadov & Van Der Borg, 2019).

Al permitir que las comunidades locales participen en el reparto se espera que puedan beneficiarse de la explotación de los recursos naturales y que se puedan desarrollar programas y proyectos que fomenten su bienestar y su desarrollo sostenible. No obstante, este mecanismo también puede presentar desafíos, como la asignación justa de los ingresos y la garantía de que los fondos se utilicen de manera efectiva para beneficio de las comunidades locales. Algunos casos que podrían considerarse una buena práctica de este enfoque se basan en la inversión de rentas por recursos naturales en educación que realizaron algunos países africanos ricos en recursos no renovables (Unesco, 2013).

## 2. La discusión de cómo medir los impactos ambientales

El EIA tiene antecedentes en el siglo pasado, pues la toma de decisiones ambientales *ex - ante* se ha vuelto una necesidad imperante en la sociedad, esto debido a aspectos latentes y fácticos de daño ambiental y su implicancia sobre el bienestar socioeconómico, los cuales se han manifestado con mayor frecuencia a partir de los años 60 y 70 del siglo anterior. Los principales métodos para la valoración de los impactos en un EIA son la Matriz de Leopold y el Método de Battelle-Columbus. Según Coria (2008) en ambas metodologías se supone que los impactos pueden sumarse numéricamente, lo cual es cuestionable según el autor, además de observarse una subjetividad latente. Adicionalmente, el autor reflexiona sobre la falta de multidisciplinariedad en los EIAs.

Un aporte significativo en pro de la rigurosidad numérica y la distancia respecto a la subjetividad de la valoración de los impactos es el de Conesa (1997), quien propone un atributo de Intensidad (I), el cual es cuantificable. Sin embargo, la medición depende de la “experiencia” del investigador o consultor. En este sentido, Plazas et al. (2009) advierten que:

Dentro de las principales limitaciones de las técnicas e instrumentos empleados para dicha valoración, se destacan la subjetividad de los parámetros y ponderadores de los modelos usualmente empleados y, la multicolinealidad no desentrañada de variables que portan gran cantidad de información similar (pág. 4937).

Por otro lado, se sabe *a priori* qué indicadores ambientales, sociales y económicos deben estar presentes en un EIA (la incorporación de estos ha sido un proceso paulatino). Ejemplo de ello es el manual de la Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW por sus siglas en inglés), el cual basa su análisis sobre proyectos mineros. En este se indica que los potenciales impactos sobre variables sociales se basarían en lo siguiente (ELAW, 2020):

- Desplazamiento humano y reubicación.
- Migración de personas.
- Pérdida de acceso al agua limpia.
- Impactos en los medios de subsistencia.
- Impactos sobre la Salud Pública.
- Impactos sobre los recursos culturales y estéticos

Como se puede apreciar, la lista anterior corresponde a impactos negativos; no obstante, también se pueden identificar impactos positivos. Wise y Shtylla (2007) indican que la industria extractiva genera impactos como:

- Generación de empleo.
- Inversión social y comunitaria.

O el trabajo de Mancini & Sala (2018), quienes hacen una revisión de indicadores económicos usados en el contexto de los EIAs, en donde prevalecen los impactos económicos sobre empleo y generación de ingresos.

Como ya se ha venido enfatizando, en el contexto físico y biológico se han utilizado los ECAs, LMPs y otros indicadores, incluso modelos espaciales de aire y ruido para evaluar los impactos, pero ¿cómo valorar los impactos socioeconómicos?, ¿cómo saber si son altos, medios o bajos en términos de Intensidad según Conesa (1997)? Los aportes de la comunidad científica en español para abordar estas preguntas son escasos, aunque se puede citar algunos que pretenden contribuir con aplicaciones matemáticas y estadísticas. Por ejemplo, Plazas et al. (2009) sintetizan diferentes atributos de impacto y elementos ambientales en un “Índice de Calidad Ambiental - ICA” a nivel de proyecto y evaluaciones ambientales parciales al nivel de componente ambiental. En dicho índice se incluyen diferentes componentes sociales que abarcan lo cultural, demográfico, económico y urbano. Los autores proponen una ecuación con parámetros propios y se alejan (en parte) de una valoración subjetiva. Otro aporte es el de Gutiérrez (2006) quien toma como referencia las externalidades negativas en un contexto de contaminación ambiental y daño a la salud.

Asimismo, Dale et al. (2013) indican un conjunto de variables y medidas socioeconómicas en un contexto particular de sostenibilidad. Sus indicadores se basan en categorías de bienestar social, seguridad energética, negocios, conservación de recursos y licencia/aceptabilidad social. Los autores indican que la cuantificación de los impactos puede basarse sobre un indicador de empleo (medido a través del número de empleos a tiempo completo generados por el proyecto); un indicador de ingresos familiares (medido a través de dólares ganados por día); o un indicador de seguridad alimentaria (medido a través del cambio porcentual del precio de los alimentos), entre otros.

Sin embargo, no se ha podido identificar bibliografía que señale los parámetros sobre los cuales los impactos son altos, medios o bajos. A continuación, se presenta una propuesta sobre la forma de medir los impactos socioeconómicos en el contexto de un EIA.

### 3. Propuesta de evaluación para impactos socioeconómicos

En esta sección se presenta la propuesta metodológica de los autores. Como premisa básica se sigue el concepto de teoría de cambio, por lo cual las mediciones aquí propuestas tienen como fin evaluar correctamente el cambio que representa el impacto, y de esta manera alejarse de la subjetividad, particularidad de las ciencias sociales, de la evaluación tradicional en los EIAs. Como ya se ha mencionado, esta es una propuesta de evaluación de impacto *ex — ante*, por lo que no se debe confundir con los métodos de evaluación *ex — post*, los cuales son muy conocidos y reconocidos por la comunidad científica en ciencias sociales.

La idea fundamental aquí es que se construyen medidas de evaluación bajo el componente de Intensidad de Conesa (1997), pionero en el análisis cuantitativo de los impactos ambientales, por lo que se hace el símil con los indicadores físico-biológicos. Asimismo, se debe precisar que los indicadores de medición propuestos van acompañados de sus propios parámetros, los cuales estarán sujetos a las desviaciones estándar de la variable calculada.

Se ha considerado una serie de pasos necesarios antes de la medición:

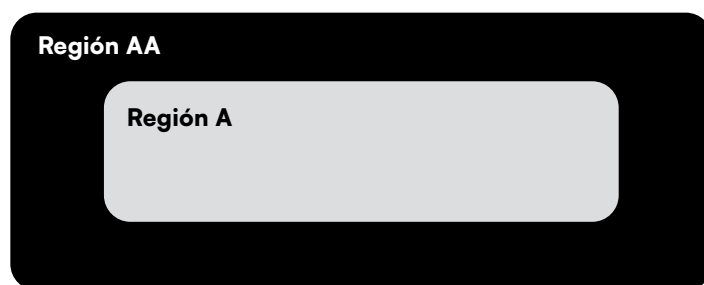
- (i) Delimitación espacial del impacto,
- (ii) identificación de los potenciales impactos, y
- (iii) medición de la variable y su parámetro.

Con el objetivo de que esta sección sea lo más didáctica posible, los autores han propuesto un ejemplo para guiar al lector poniendo como caso hipotético una empresa extractiva y su respectivo proyecto. A continuación, el detalle de la metodología utilizando un ejemplo de actividad extractiva en el sector minero.

### 3.1 Delimitación espacial del impacto

Una empresa extractiva tiene un proyecto minero, el cual se hará factible al usufructuar el suelo en la parte altoandina de un país. El proyecto se ubicará geográficamente en la región A, la cual a su vez pertenece a la región AA, por lo cual, los impactos tendrán lugar en una región o ambas (ver Gráfica 1).

Gráfica 1. Ubicación del Impacto



Fuente: Elaboración propia.

Se puede hacer el supuesto de que en la región AA no ocurrirá ningún impacto. Por lo que esta sirve de contexto, referencia, o parámetro de comparación, puesto que se asume que el contexto social, económico, político y demográfico es similar. Entonces, los impactos socioeconómicos ocurrirán solo en la región A, y sobre esta se hará el análisis de medición respectivo.

### 3.2 Identificación de los potenciales impactos del proyecto

La mayoría de los proyectos extractivos suelen tener tres etapas: construcción, operación y cierre. En cada una de estas ocurren tanto impactos positivos como negativos. Los componentes físicos y biológicos suelen asociarse con los impactos negativos, dado el daño ambiental; mientras que el componente socioeconómico se relaciona tanto con los impactos negativos y positivos (como se ha descrito en la sección anterior).

Con base en la literatura, se proponen los siguientes impactos socioeconómicos para ejemplificar la metodología:

- Impacto positivo sobre el incremento del empleo directo local.
- Impacto positivo sobre el incremento del nivel de ingresos locales.
- Impacto positivo sobre las transferencias intergubernamentales.
- Impacto negativo derivado de la pérdida de espacio agrícola.

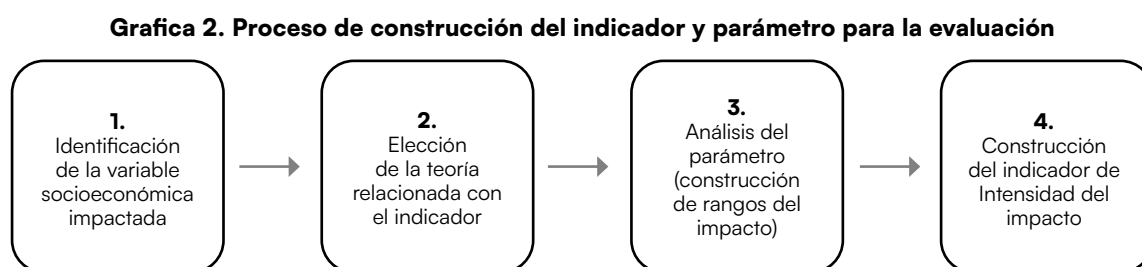


### 3.3 Medición de la variable y su parámetro

Dado el impacto, primero se identificará la variable socioeconómica impactada, es decir, aquel fenómeno social o económico que tendrá un cambio positivo o negativo. Luego se seleccionará la teoría necesaria para proponer la medición del impacto. Posteriormente se analizará el parámetro de evaluación, esto bajo la lógica de que los rangos se construyen siempre y cuando el cambio sobre la variable supere o no la realidad del contexto a comparar. Finalmente se construirá el indicador de Intensidad en el sentido de Conesa (1997).

Cabe precisar que primero se analiza el parámetro, es decir, se construye los rangos de evaluación de impacto. Esto dado que se quiere hacer un símil con los componentes físicos y biológicos, en donde primero se tienen unos rangos definidos, y luego se calcula el impacto para ubicar su Intensidad dentro de estos. Por ejemplo, en cuanto al incremento de partículas, primero se sabe cuáles son los rangos del ECA para PM10 y luego se calcula el impacto del proyecto sobre la calidad del aire, para posteriormente ubicar los resultados dentro de los rangos.

A manera de ilustrar la secuencia metodológica se muestra la Grafica 2.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la propuesta por cada impacto hipotético:

## 4. Resultados de la metodología

En esta sección se presentan los resultados para los cuatro impactos propuestos.

### 4.1 Impacto positivo sobre el incremento del empleo directo local

El impacto socioeconómico que tiene un proyecto extractivo sobre el empleo directo local en un determinado territorio es recurrente (Wise & Shtylla, 2007), y por lo tanto es necesario realizar la evaluación, aunque su medición sea compleja (Moritz et al., 2017). En este caso debe entenderse que a la luz de la teoría de la economía ambiental el empleo directo no es una externalidad positiva por parte del proyecto, dado que las externalidades ocurren cuando un tercero es afectado, es decir, aquel individuo que no está considerado en las relaciones de mercado donde intervienen un consumidor y un productor. En este contexto, el empleo se dará vía la demanda de mano de obra por parte del proyecto (consumidor de mano de obra), esto con el objetivo de poner en marcha su vida útil (además de otras razones sociales y/o políticas), por lo que las personas empleadas (productor de mano de obra) no son consideradas un tercero.

En este sentido, si bien la variable afectada es el empleo, se debe escoger una variable con la que se pueda medir el impacto. En este caso se escoge la Población Económicamente Activa (PEA) y sus diferentes dimensiones, pues es la variable económica que representa el número de personas empleadas o no. En nuestro ejemplo, se considera a la PEA de la región A. A continuación, se presenta el parámetro y el indicador de Intensidad.

• **Parámetro y construcción del indicador de Intensidad:**

En este caso se proponen dos tipos de indicadores y parámetros, uno en donde sólo se observa lo ocurrido en la región A, y otro en donde intervienen tanto la región A como la región AA:

**Tipo 1:** El parámetro elegido es la tasa de desempleo (número de PEA desocupada respecto a la PEA) de la región A, la cual toma el valor de  $\Lambda$ . Entonces, los rangos de Intensidad que toma el parámetro serán del tipo:

- Baja:  $\Lambda_0 < \lambda \leq \Lambda_1$
- Media:  $\Lambda_1 < \lambda \leq \Lambda$
- Alta:  $\Lambda < \lambda \leq \Lambda_2$
- Muy Alta:  $\Lambda_2 < \lambda \leq \Lambda_3$

Donde  $\lambda$  es el indicador de impacto sobre el empleo en la región A, y se construye de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{\text{Empleos generados por el Proyecto en la región A}}{\text{PEA en la región A}} \times 100$$

Es decir, si  $\lambda$  es menor o igual que  $\Lambda$ , entonces el escenario será que el número relativo de empleos ofrecidos por el proyecto es menor o igual a la PEA desocupada en la región A, lo cual puede considerarse como un impacto con Intensidad Media, pues la Intensidad del impacto no supera el escenario actual de desempleo en la región. Mientras que si  $\lambda$  es mayor que  $\Lambda$  se estará ante un escenario en donde el número relativo de trabajos ofrecidos por el proyecto será mayor a la tasa de desempleo de la región A, lo cual puede considerarse como un impacto con Intensidad Alta, pues el proyecto generará mayor empleo que el número de desempleados en dicha región.

**Tipo 2:** En este caso el parámetro será la PEA ocupada en el sector del tipo extractivo de la región AA, cuyo valor será  $\Lambda$ . Entonces los rangos para este parámetro serán:

- Baja:  $\Lambda_0 < \lambda \leq \Lambda_1$
- Media:  $\Lambda_1 < \lambda \leq \Lambda$
- Alta:  $\Lambda < \lambda \leq \Lambda_2$
- Muy Alta:  $\Lambda_2 < \lambda \leq \Lambda_3$

Donde  $\lambda$  es el indicador de impacto sobre el empleo en la región A, y se construye de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{\text{Empleos generados por el Proyecto en la región A}}{\text{PEA ocupada en la región A}} \times 100$$

Es decir, si  $\lambda$  es menor o igual que  $\Lambda$ , entonces el escenario será que el número relativo de trabajos ofrecidos por el proyecto respecto a la PEA ocupada en la región A es menor o igual al número de PEA ocupada en el sector extractivo en la región AA, lo cual puede considerarse como un impacto con Intensidad Media, pues la Intensidad del impacto no supera la realidad del contexto en cuestión. Mientras que si  $\lambda$  es mayor que  $\Lambda$  se estará ante un escenario en donde el número de trabajos ofrecidos por el proyecto respecto a la PEA ocupada en la región A es mayor a la PEA ocupada en el sector extractivo de la región AA, lo cual puede considerarse como un impacto con Intensidad Alta, pues el número relativo de trabajos en A será mayor que en AA.

Cabe precisar que en ambos tipos de indicadores los rangos de los parámetros toman valores  $y$  en el caso de desviaciones inferiores, es decir, hasta dos desviaciones estándar por debajo del indicador; mientras que los valores  $y$  son hasta dos desviaciones estándar por encima del indicador<sup>4</sup>.

Otro aspecto por tomar en cuenta al momento de la evaluación *ex ante* es que el número de empleos generados por el proyecto puede variar a lo largo del periodo de la vida útil del mismo, por lo que la cantidad tomada en cuenta para el análisis puede ser: (i) el pico más alto de contrataciones, (ii) la mediana de contrataciones durante la vida útil, o (iii) el promedio de contrataciones durante la vida útil.

## 4.2 Impacto positivo sobre el incremento del nivel de ingresos locales

La contratación de la PEA por parte del proyecto mejorará el nivel de ingresos de la población de la región A. Como se revisó en la sección teórica y la discusión de evaluación, los proyectos extractivos pueden generar mayores ingresos que otras actividades económicas, incluso en muchas localidades se prefiere trabajar en la minería dejando atrás a la agricultura.

En este sentido, el impacto sobre los ingresos se considera positivo, dado que los salarios del sector extractivo son más competitivos en comparación a otros sectores. Sin embargo, no se deberá considerar este impacto como una externalidad positiva, sino como una mejora directa del bienestar económico. Cabe precisar que los ingresos indirectos o inducidos sí podrían considerarse una externalidad positiva.

### • **Parámetro y construcción del indicador de Intensidad:**

El parámetro elegido es la tasa anual de crecimiento del nivel de ingresos de la PEA en la región AA, la cual toma el valor de  $B$ , y cuyos rangos son los siguientes:

- Baja:  $B_0 < \beta \leq B_1$
- Media:  $B_1 < \beta \leq B$
- Alta:  $B < \beta \leq B_2$
- Muy Alta:  $B_2 < \beta \leq B_3$

Y donde  $\beta$  es la tasa de crecimiento anual esperada del ingreso de la PEA contratada en el proyecto,

$$\beta = \frac{\text{Ingresos}_{\text{después del Proyecto}} - \text{Ingresos}_{\text{antes del Proyecto}}}{\text{Ingresos}_{\text{antes del Proyecto}}} \times 100$$

la cual puede medirse de la siguiente manera:

Entonces, si el crecimiento esperado de los ingresos de la PEA de la región A contratada por el proyecto es mayor que el crecimiento promedio de los ingresos de la PEA en la región AA, se dirá que el impacto sobre los ingresos tiene una Intensidad Alta, puesto que la Intensidad del impacto generado por el proyecto supera la realidad del contexto. Los valores  $B_0$  y  $B_1$  se consideran desviaciones inferiores, y  $B_2$  y  $B_3$  desviaciones superiores.

<sup>4</sup> Por ejemplo, si la tasa de desempleo fue del 5% en la región A, el rango del parámetro oscila entre 5% +/- dos desviaciones estándar.

## 4.3 Impacto positivo sobre las transferencias intergubernamentales

Este impacto está relacionado con el cambio positivo que sufren las arcas públicas cuando el proyecto extractivo paga algún tipo de impuesto sobre la renta. Hilmawan y Clark (2019) indican que el reparto de ingresos es un enfoque utilizado para distribuir los beneficios económicos generados por la explotación de los recursos naturales entre el gobierno, las empresas y las comunidades locales. En este sentido, se puede proponer, tal y como sucede en los países de América Latina, que dichas rentas sean administradas por diferentes niveles de gobierno. De esta manera, dado que el proyecto pagará impuestos sobre su utilidad operativa, estos se convertirán en recursos disponibles del sector público, los cuales pueden ser transferidos desde el gobierno central recaudador hacia los gobiernos locales en donde se explotan los recursos naturales. Por lo tanto, se espera que estos últimos incrementen sus ingresos a través de un aumento de sus transferencias intergubernamentales.

### • **Parámetro y construcción del indicador de Intensidad:**

Dado que las rentas por la extracción de recursos naturales acontecen durante la vida útil del proyecto, se puede tomar el promedio de dichas rentas a lo largo del tiempo o el valor presente de estas para evaluar el impacto *ex ante* (dado que las decisiones de inversión se toman en el presente). En este último caso se deberá considerar la aplicación de una tasa de descuento ambiental para así obtener un indicador del valor presente de las rentas por recursos naturales generadas por la transferencia gubernamental por el pago de impuestos de la empresa extractiva (VP\_RNN). Por lo tanto, la variable impactada serán las transferencias intergubernamentales por recursos naturales, las cuales provienen del pago de impuestos (Henri, 2019).

Se propone utilizar como parámetro la participación de los ingresos propios respecto a los ingresos totales del gobierno de la región A, cuyo valor se asume como P. La razón de utilizar los recursos propios se basa en la importancia que debería tener este tipo de financiamiento en la estructura de ingresos totales en un gobierno local. Por lo tanto, los rangos que se proponen son los siguientes:

- Baja:  $P_0 < \rho \leq P_1$
- Media:  $P_1 < \rho \leq P$
- Alta:  $P < \rho \leq P_2$
- Muy Alta:  $P_2 < \rho \leq P_3$

Donde  $\rho$  se calcular como la relación entre el VP\_RNN<sup>5</sup> y los ingresos totales del gobierno de la región A:

$$\rho = \frac{VP\_RNN}{Ingresos\ Totales\ del\ gobierno\ de\ la\ región\ A} \times 100$$

Por lo tanto, si  $\rho$  es mayor que P, es decir, si la participación de las rentas por recursos naturales es relativamente más importante que los ingresos propios del gobierno de la región A, entonces el impacto se puede considerar de una Intensidad Alta, pues la Intensidad del impacto supera la realidad del contexto. Mientras que, si dichas rentas son menores a los ingresos propios, la Intensidad se podrá considerar media. Al igual que en los casos anteriores, los rangos completos pueden construirse en función de desviaciones estándar.

A continuación, se presenta un ejemplo utilizando métodos computacionales (lenguaje Python):

<sup>5</sup> La tasa de descuento ambiental aquí aplicada puede tomar distintos valores. Además de optarse por una tasa de descuento social, se podrían tomar las tasas ambientales de Stern o de Nordhaus (Nordhaus, 2007).

Supóngase que el proyecto tiene una Life of Mine (LOM) de 10 años durante los cuales se ha previsto que se pagará de manera anual las siguientes cantidades de impuestos sobre sus utilidades (en dólares norteamericanos):

```
REVENUE = [0, 595307, 859195, 988553, 1006966, 763992, 713109, 1110283, 691854, 630741, 881528]
```

Utilizando la tasa de descuento ambiental de Nordhaus del 4.3%,

```
Tasa_nordhaus = 0.043
```

Se puede calcular el valor presente utilizando la librería *Numpy Financial*:

```
import numpy_financial as npf

VP_RNN = npf.npv(Tasa_nordhaus, REVENUE)

print ("VP_RNN", VP_RNN)
VP_RNN 6586948.083453193
```

Dado los resultados numéricos, en el presente, la repartición de los ingresos derivados de la extracción de los recursos naturales en este caso hipotético es de US\$ 6 586 948.1, el cual pasará a formar parte de los ingresos del gobierno de la región A (entiéndase que la evaluación en este caso es *ex ante*, por lo que es importante tomar la decisión en el presente).

Por otro lado, asumiendo que los ingresos propios del gobierno de la región A en el presente año ascienden a US\$ 2 000 000; mientras que los ingresos totales a US\$ 17 000 000, entonces el valor redondeando por exceso será de 12%. Sabiendo que esta relación puede tener una desviación hacia arriba y una hacia abajo, y que esta es de seis puntos porcentuales, los rangos del parámetro quedarán establecidos de la siguiente manera:

- Baja:  $0\% < \rho \leq 6\%$
- Media:  $6\% < \rho \leq 12\%$
- Alta:  $12\% < \rho \leq 18\%$
- Muy Alta:  $18\% < \rho \leq 24\% - 100\%$

Nótese que el límite superior del rango puede ser mayor a 24%, esto para no limitar hacia arriba el valor de  $\rho$ .

Ahora bien, sólo falta determinar el indicador de Intensidad, es decir,  $\rho$ . Usando el valor presente neto calculado con la tasa de Nordhaus y el valor de los ingresos totales de la región A se tiene la siguiente tasa:

$$\rho = \frac{\text{US\$ } 6\,586\,948.1}{\text{US\$ } 17\,000\,000} \times 100 = 38.74\%$$

En este caso, el valor de  $\rho$  resultó ubicarse en el rango de Intensidad de Muy Alta, siendo superior al 18%.

## 4.4 Impacto negativo derivado de la pérdida de espacio agrícola

Como se indicó en la literatura, el uso de los recursos naturales en el ámbito rural como la tierra suele ser el eje central de las inversiones (Ken y Barradas, 2021). En este sentido, un impacto negativo y repetitivo en un EIA para un proyecto extractivo es aquel relacionado con la pérdida de suelo agrícola. Dicho impacto puede darse como una externalidad negativa, la cual deberá ser introducida como un costo social (si no se considera un precio de mercado deberá optarse por aplicar algún método de valoración económica del impacto ambiental). Este impacto de manera per se es muy sensible, pues el suelo es un insumo importante para la producción de alimentos, los mismos que pueden servir de autoconsumo o para la venta. En suma, el impacto afectaría el bienestar de la población que se dedica a la actividad agrícola en la región A.

### • **Parámetro y construcción del indicador de Intensidad:**

En este caso, la Intensidad del impacto dependerá del porcentaje de afectación del componente ambiental. Conesa (1997) señala que el valor de Intensidad más alto en impacto se dará cuando el proyecto destruye completamente el componente, es decir, el valor más Alto (Muy Alto) será del 100%. Por lo tanto, tomando como punto medio, y a partir de este el 25%, se puede construir diferentes rangos del parámetro, quedando de la siguiente manera:

- Baja:  $0\% < \sigma \leq 25\%$
- Media:  $25\% < \sigma \leq 50\%$
- Alta:  $50\% < \sigma \leq 75\%$
- Muy Alta:  $75\% < \sigma \leq 100\%$

Donde  $\sigma$  es el indicador del impacto negativo construido con base en la pérdida del suelo agrícola en la región A debido a la externalidad del proyecto, respecto al total de suelo agrícola en la región A.

$$\sigma = \frac{\text{Pérdida de suelo agrícola en la región A}}{\text{Total de suelo agrícola de la región A}}$$

En este caso el parámetro es puntual en comparación a los otros casos, dado que la pérdida total del suelo (100%) representaría un impacto Muy Alto. En este sentido la construcción de los rangos son valores numéricos definidos, en comparación a los otros indicadores propuestos. La limitación de este indicador justamente puede ser la subjetividad que significan estos rangos, es decir, los valores del 25% o 50% pueden ser muy relativos; sin embargo, siguiendo a Conesa (1997) en donde el impacto Muy Alto se da con la pérdida del 100%, la mediana como el 50% puede ser un buen punto de partida para establecer los rangos.

## Conclusiones

Los EIAs, cada vez más recurrentes, empujan a la ciencia hacia nuevos retos. Uno de ellos es contar con herramientas más objetivas y cuantificables en el ámbito social, de manera que el análisis se homologue respecto al ámbito físico-biológico. Dado esto, el presente trabajo tuvo como objetivo proponer una metodología de medición de los impactos socioeconómicos a través de la construcción de un conjunto de indicadores y parámetros cuyo fin es servir de herramienta para una mejor evaluación de los impactos socioeconómicos *ex ante* en el contexto del EIA, y que sirva para tomar mejores decisiones en la política ambiental.



Con base en la economía ambiental, la economía regional y la teoría de la repartición de las rentas provenientes de la extracción los recursos naturales (*Revenue Sharing*) se pudo construir cuatro indicadores relacionados a cuatro impactos socioeconómicos. El primero respecto al empleo directo, en el cual se hace hincapié de que no debe considerarse como una externalidad positiva, pues la economía ambiental rechaza tal idea. El segundo respecto a los ingresos directos en donde se enfatiza la importancia de los ingresos del sector extractivo *versus* los de otras actividades económicas. El tercero se relaciona con el *revenue sharing*, impacto que se repite en muchas zonas de América Latina en donde se explotan recursos naturales. En este se realizó un ejemplo práctico usando métodos computacionales sencillos. Por último, se presenta un cuarto impacto, pero a diferencia de los anteriores, este es negativo, y se relaciona con la pérdida de tierras agrícolas. En todos los casos la propuesta metodológica construida se basó en variables económicas cuantitativas, alejándose lo más que pueda de aspectos subjetivos y obteniendo indicadores y parámetros que pueden ser incorporados en los manuales más recientes de evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, una de las limitaciones del trabajo es que no se han abordado todas las variables o indicadores que pueden incluirse en un EIA, lo que se traduce en un reto para los investigadores y consultores que tengan a bien leer este documento.

A manera de prospectiva, la evaluación *ex ante* de los impactos socioeconómicos deberá avanzar distanciándose de la subjetividad hasta que la misma teoría económica y las demás ciencias sociales lo permitan, ese es el límite. En lo sucesivo, para construir otros indicadores deberá ponerse atención a otras disciplinas, como la economía ecológica o incluso la economía del comportamiento. La primera, a través de su enfoque de sostenibilidad fuerte, puede ser el soporte adecuado para un EIA con alta sensibilidad social; la segunda, puede ayudar a evitar sesgos de preferencia de los usuarios de los recursos naturales, y por ende escoger mejor los indicadores a evaluar. Finalmente se espera que esta propuesta pueda ser usada por los evaluadores, consultores y tomadores de decisiones en el contexto de la elaboración y análisis de un EIA, y que a la vez sea mejorada en lo sucesivo.

## Referencias

- Acquatella, J., Altomonte, H., Arroyo, A., Lardé, J. (2013, 1 junio). *Rentas de recursos naturales no renovables en América Latina y el Caribe: evolución y participación estatal, 1990-2010*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/7044>
- Ahmadov, A. K., & Van Der Borg, C. (2019). Do natural resources impede renewable energy production in the EU? A mixed-methods analysis. *Energy Policy*, 126, 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.044>
- Brosio, G., Jiménez, J., Ruelas, I. (2018, 17 diciembre). *Desigualdades territoriales, transferencias de igualación y reparto asimétrico de recursos naturales no renovables en América Latina*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44303>
- Conesa Fernández-Vítora, V. (1997). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. MundiPrensa.
- Coria, I. D. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125–135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010>
- Dale, V. H., Efroymsen, R. A., Kline, K. L., Langholtz, M. H., Leiby, P. N., Oladosu, G. A., Davis, M. R., Downing, M. E., & Hilliard, M. R. (2013). Indicators for assessing socioeconomic sustainability of bioenergy systems: A short list of practical measures. *Ecological Indicators*, 26, 87–102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.10.014>

- ELAW (2010). Guía para evaluar EIAs de Proyectos Mineros. Alianza Mundial de Derecho Ambiental. [https://elaw.org/wp-content/uploads/archive/attachments/publicresource/guia\\_para\\_evaluar\\_eias\\_de\\_proyectos\\_mineros.pdf](https://elaw.org/wp-content/uploads/archive/attachments/publicresource/guia_para_evaluar_eias_de_proyectos_mineros.pdf)
- Carlos, O. E. J. (2015). *La Evaluación del Impacto Ambiental En México*. Publicia.
- Gutiérrez Andrade, O., (2006). Aplicación de instrumentos económicos e intervención estatal en el problema de las externalidades. *Perspectivas*, 9(18), 101-126.
- Hanley, N., Shogren, J., & White, B. (2019). *Introduction to environmental economics*. Oxford University Press.
- Haro Martínez, A. A., y Taddei Bringas, C. (2010). Valoración ambiental: aportaciones, alcances y limitaciones. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 41(160), 209-221. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-70362010000100010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362010000100010&lng=es&tlng=es).
- Henri, P. A. O. (2019). Natural resources curse: A reality in Africa. *Resources Policy*, 63(101406), 101406. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101406>
- Hilmawan, R., & Clark, J. (2019). An investigation of the resource curse in Indonesia. *Resources Policy*, 64(101483), 101483. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101483>
- Hoover, E. M., & Giarratani, F. (2020). *Introduction to regional economics* (4a ed.). McGraw-Hill.
- INEGI (2018). Sistema de Cuentas Nacionales de México 2013. SNIEG. *Información de Interés Nacional*. (11 de diciembre de 2023) [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ee/2013/doc/met\\_ceem.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ee/2013/doc/met_ceem.pdf)
- Ken, C. y Barradas, K. (2021). *Recursos Naturales, Desarrollo Regional y Economía*. Ediciones La Biblioteca, S.A. de C.V. (11 de diciembre de 2023). <http://rasisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/2912/Recursos%20Naturales%2C%20Desarrollo%20Regional%20y%20Econom%C3%ADa%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lewis, L., & Tietenberg, T. H. (2019). *Environmental economics and policy*. Routledge.
- Mancini, L., & Sala, S. (2018). Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks. *Resources Policy*, 57, 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>
- Moritz, T., Ejdemo, T., Söderholm, P., & Wårell, L. (2017). The Local Employment Impacts of Mining: An econometric analysis of job multipliers in Northern Sweden. *Mineral economics*, 30(1), 53-65. <https://doi.org/10.1007/s13563-017-0103-1>
- Muñelo Gallo, L. (2022). *Asignación, distribución y uso de los ingresos fiscales derivados de la explotación minera en Chile: un análisis de sus efectos económicos y sociales*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/663081e9-5e8d-4e33-93d7-0b48275dcd81/content>
- Nordhaus, W. D. (2007). A review of the *Stern Review on the economics of climate change*. *Journal of Economic Literature*, 45(3), 686—702. <https://doi.org/10.1257/jel.45.3.686>
- Plazas Certuche, J. A., de J. Lema Tapias, Á., & León Peláez, J. D. (2009). Una propuesta estadística para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*, 62(1), 4937—4955. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915377019>
- Rogers, P. (2014). *La teoría del cambio*. Unicef-irc.org. (02 de marzo de 2023) [https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/Brief%20%20Theory%20of%20Change\\_ES.pdf](https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/Brief%20%20Theory%20of%20Change_ES.pdf)
- Sánchez Alcalde, L. A. (2018). Transferencias gubernamentales en el Perú. El caso de la región minera Ancash en un contexto de cambios (2003-2015). *Economía y Sociedad*, 38, 87—110. (02 de marzo de 2023) <http://www.economiaysociedad.umich.mx/ojs3/index.php/ecosoc/article/view/18>

- Schroeder, R. A. (2008). Environmental justice and the market: the politics of sharing wildlife revenues in Tanzania. *Society and Natural Resources*, 21(7), 583-596.
- Unesco. (2013). *Informe de Seguimiento de la Educación para Todos*. (09 de mayo de 2023) <https://es.unesco.org/gem-report/node/361>
- Wise H. & Shtylla, S. (2007). *The Role of the Extractive Sector in Expanding Economic Opportunity*. Economics Opportunity Series. The Fellows of Harvard College.


# Efectos del crecimiento económico en las emisiones de CO2 en América del Norte


## Economic growth effects on CO2 emissions in North America

David Mendoza Tinoco<sup>1</sup>, Lilian Albornoz Mendoza<sup>2</sup> y Alfonso Mercado García<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 10 de noviembre del 2023

Fecha de aceptación: 15 de febrero del 2024

1 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Universidad Autónoma de Coahuila  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0974-4810> Correo: [d.mendoza@uadec.edu.mx](mailto:d.mendoza@uadec.edu.mx)

2 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Universidad Autónoma de Yucatán  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6888-1073> Correo: [lilian.albornoz@correo.uady.mx](mailto:lilian.albornoz@correo.uady.mx)

3 Nacionalidad: mexicana. Adscripción: El Colegio de México  ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3789-5920> Correo: [amercado@colmex.mx](mailto:amercado@colmex.mx)



Clasificada como competente internacional por Conahcyt



LICENCIA:  
Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Resumen

Este artículo examina la heterogeneidad, en el ámbito ambiental, de los 3 países que componen la región de Norteamérica, específicamente en la emisión de CO<sub>2</sub>, el principal gas efecto invernadero. Por un lado, Estados Unidos es un gran emisor de CO<sub>2</sub> (19% de las emisiones globales acumuladas en 1990-2020), solamente superado por China a partir de 2005. Por otro lado, Canadá y México son emisores relativamente pequeños a escala global (respectivamente 1.8% y 1.4% de las emisiones globales acumuladas en 1990-2020), pero con grandes diferencias económicas y tecnológicas. En estas condiciones, el objetivo de la investigación es encontrar diferencias y similitudes entre los tres países respecto de las tendencias de emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores estructurales conductores: los efectos escala, tecnológico y composición, con base en datos anuales de 2001 a 2014. Con un análisis de descomposición estructural, se encontró que, en general, el efecto escala fue contaminante y dominó en el periodo, mientras que el efecto tecnológico resultó anticontaminante, además de un efecto composición pequeño y ambivalente (positivo en unos años y negativo en otros). Se concluye que hay un proceso de convergencia en la intensidad de emisiones por valor del PIB y respecto de los tres efectos mencionados. También se concluye que las características de los tres efectos en México fueron parecidas a las de Estados Unidos, a las cuales Canadá se aproximó durante el periodo de análisis.

**Palabras clave:** Análisis de descomposición estructural, análisis Insumo-Producto, Emisiones de CO<sub>2</sub>, Norteamérica.

## Abstract

This paper examines the heterogeneity in the environmental field, specifically in the emission of the main of the greenhouse gases, CO<sub>2</sub>, within the 3 countries composing the North American region. On the one hand, the United States is a large emitter of CO<sub>2</sub> (19% of global emissions accumulated in 1990-2020), only surpassed by China as of 2005. On the other hand, Canada and Mexico are relatively small emitters on a global scale (1.8% and 1.4% of global emissions accumulated in 1990-2020, respectively), but with large economic and technological differences. Under these conditions, the objective of this research is to find differences and similarities between the three countries regarding CO<sub>2</sub> emissions trends and their driving structural factors: scale, technological and composition effects, based on annual data from 2001 to 2014. With a structural decomposition analysis, we found that, in general, the scale effect was polluting and dominating in the period, while the technological effect was anti-polluting, in addition to a small and ambivalent composition effect (positive in some years and negative in others). It is concluded that there is a process of convergence in the intensity of emissions per GDP value and with respect to the three mentioned effects. It is also concluded that the characteristics of the three effects in Mexico were like those of the United States, while Canada approached along the analysis period.

**Keywords:** Structural decomposition analysis, Input-Output analysis, CO<sub>2</sub> Emissions, North America.

## Introducción

**A**mérica del Norte es una región con enormes diferencias entre sus tres países componentes, sobre todo entre México, el menos desarrollado, y Estados Unidos y Canadá, los más desarrollados. Una de estas diferencias que ha sido poco investigada es la ambiental; más específicamente, la relacionada con la contribución al cambio climático por medio de emisiones de gases efecto invernadero, de los cuales el dióxido de carbono (fórmula química CO<sub>2</sub>) es el de mayor participación. Estados Unidos había figurado como el mayor emisor CO<sub>2</sub> histórico en el planeta (19% de las emisiones globales acumuladas en 1990-2020), superado por China (22% de las emisiones globales acumuladas en 1990-2020) a partir de 2005 según el Banco Mundial (2023). En cambio, Canadá y México han sido emisores relativamente moderados (respectivamente 1.8% y 1.4% de las emisiones globales acumuladas en 1990-2020), de acuerdo con dicha fuente.

Diversas investigaciones analizan los cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionados a las variaciones en el desempeño económico, a partir de la contribución de sus componentes estructurales. Enfocados en el nivel de producción, y específicamente en sus variaciones, se han hecho acercamientos teóricos para analizar los factores que las determinan. En particular, siguiendo la determinación del producto desde la demanda intermedia y final, se separan las diferencias en la producción de un período a otro en tres efectos: tecnología, composición y escala.

Dado que América del Norte es la región (junto con Asia) que más ha contribuido en las emisiones de CO<sub>2</sub> históricas, es importante identificar la forma en que los factores estructurales de la economía han contribuido a este fenómeno, pero también la contribución relativa de los países y sectores económicos de la región. Esta información sería de ayuda para la implementación de estrategias de mitigación más eficaces a nivel regional.

Con este fin, este trabajo utiliza el Análisis de Descomposición Estructural (ADE) para hacer una evaluación comparativa de la contribución de los factores estructurales a las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países de Norteamérica.

Después de este apartado, se ofrecen los siguientes. El apartado 2 brinda brevemente comparaciones preliminares entre los tres países respecto de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El apartado 3 explica la metodología y las fuentes estadísticas del estudio. El apartado 4 presenta los principales resultados. Finalmente, el apartado 5 ofrece las conclusiones.

## 1. Comparaciones preliminares

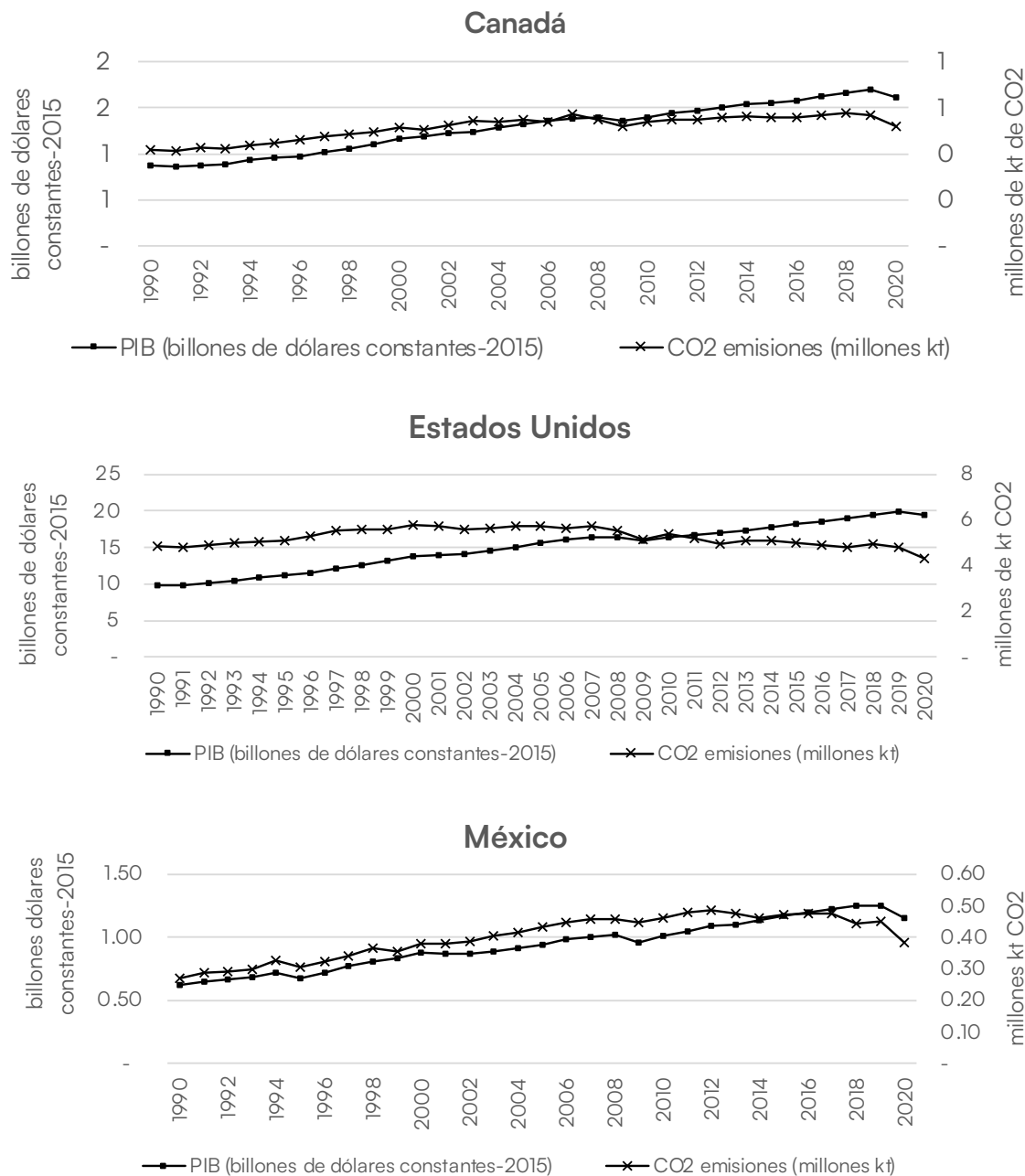
Una breve contextualización de la relación entre la economía y el medio ambiente justifica la relevancia de este trabajo, para poder determinar la composición estructural de los factores que han generado los cambios en dichos ámbitos. Para operacionalizar el análisis, se presentan los datos del PIB total de cada país, como variable de la economía; y las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, como variable ambiental.

La Gráfica 1 presenta los datos de ambas variables para cada uno de los países. Se observa un crecimiento promedio generalizado para los tres países. Sin embargo, su relación con las emisiones de CO<sub>2</sub> son heterogéneas. Si bien, para el principio del período se observa una relación positiva clara entre crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub> para los tres países, Estados Unidos muestra el más claro desacoplamiento en estas tendencias. Para Canadá, es a partir del 2008 que se genera un cambio en la correlación de las variables, donde son las emisiones de CO<sub>2</sub> las que cambian hacia una trayectoria



descendente. El caso mexicano presenta el más notable acoplamiento entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico. Sin embargo, también se observa un cambio en esta correlación después de 2013. Es evidente que el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> está fuertemente correlacionado al nivel de producción, sin embargo, se han presentado cambios estructurales significativos en las trayectorias de las variables. Los siguientes apartados dan cuenta de la contribución de cada uno de los factores estructurales (tecnología, composición y escala) a estos cambios.

**Gráfica 1. PIB y emisiones de CO<sub>2</sub>**



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

De acuerdo con las estadísticas ambientales del Banco Mundial (2023), en 1990, Estados Unidos generaba emisiones anuales de CO<sub>2</sub> equivalentes a 18 veces las de México y 12 las de Canadá, proporciones que vinieron bajando hasta 11 y 8 veces respectivamente en 2019. Esta fuente estadística también indica que Estados Unidos vino reduciendo de 1997 a 2019 su intensidad de emisiones por valor del producto interno bruto hasta la mitad (de 0.45 a 0.23 kilogramos de emisiones de CO<sub>2</sub> por dólar del PIB a PPP de 2017). También se observa una tendencia decreciente en el índice de emisiones per cápita, el cual era relativamente elevado en Estados Unidos y Canadá y declinó en el período de análisis, sobre todo en Estados Unidos, cerrando un poco la brecha con el menor índice de México. En efecto, en Estados Unidos, el índice fue 20.3 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> por persona en 1997 y 14.7 en 2019; en Canadá fue 15.9 y 15.4 en dichos años, y, en México, 3.7 y 3.6, respectivamente. Obsérvese que, en 2019, el índice de Estados Unidos fue menor que el de Canadá a partir de 2015.

Estas tendencias sugieren una gran heterogeneidad de factores estructurales en la región de América del Norte que establecen una diferenciación cambiante entre los tres países. El objetivo del capítulo, entonces, es explorar diferencias y similitudes entre los tres países de la región respecto de las tendencias de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores estructurales conductores, tales como los efectos escala, tecnológico y composición, con base en datos anuales de 2001 a 2014.

## 1.1 Antecedentes empíricos

Se define, en primera instancia, los factores estructurales de los cambios en emisiones de CO<sub>2</sub>.

- a) **Efecto escala.** Mide la evolución de la emisión de contaminantes inducida por el cambio del tamaño de una economía. Este efecto se compone de dos factores: 1) Riqueza, produciendo un incremento en el consumo per cápita, y 2) Población, el cual consiste en el crecimiento de las emisiones como consecuencia del crecimiento en el número de habitantes de la población.
- b) **Efecto composición.** Se refiere al cambio en la emisión de contaminantes por efecto de las transformaciones en la estructura de los sectores la economía, ya se trate de un incremento en la producción de ramas contaminadoras o de su decremento.
- c) **Efecto tecnología.** Indica cómo impactan al crecimiento de la contaminación los cambios tecnológicos asociados a la reducción de la contaminación y al crecimiento económico en general. El efecto tecnología también se compone de dos factores: 1) Ecoeficiencia, el cual se refiere al impacto del cambio tecnológico directamente vinculado a la reducción del volumen de emisiones, y 2) Tecnoeficiencia, el cual mide la contribución de las mejoras tecnológicas en el uso de los insumos de los procesos productivos.

Diversas investigaciones han aplicado el Análisis de Descomposición Estructural para analizar las variaciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de su relación con la actividad económica. Los principales métodos son el Análisis de Descomposición del Índice (ADI) y el Análisis de Descomposición Estructural. Esta investigación se basa en este último, debido a que es aplicado al análisis de Insumo Producto, el cual permite el análisis no sólo agregado, sino también a nivel de sector económico.

Los análisis de cambio estructural con el método ADE se remontan a los trabajos relacionados a las extensiones del modelo de Insumo Producto (Su & Ang, 2012). Otros estudios han analizado la consistencia metodológica del indicador, donde una propuesta para asegurar una descomposición exacta es la descomposición aditiva con ponderación equitativa de los factores interactivos (Dietzenbacher & Los, 1998). Estudios seminales de aplicación del análisis extendido al uso de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>,

como (Casler & Rose, 1998) encuentran que el efecto sustitución de combustibles (tecnología) son los principales factores que contribuyen en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que el factor que más contribuye a las emisiones es la demanda final. Su y Ang (2012) revisan 44 investigaciones y determinan que el modelo desarrollado por Dietzenbacher y Los (1998) ha sido el más utilizado en el análisis de descomposición estructural de emisiones de CO<sub>2</sub> y uso de energía.

En cuanto al análisis de descomposición para la región seleccionada, se encuentra muy poca literatura para el caso canadiense. Un estudio reciente (Talaei, Gemechu, & Kumar, 2020) aplica el método de descomposición Índice Divisia de Media Logarítmica y encuentra efectos mitigadores de CO<sub>2</sub> en los cambios de composición sectorial hacia industrias bajas en carbono, así como en la sustitución de combustibles fósiles por fuentes menos contaminantes. Sin embargo, encuentra un efecto emisor en la intensidad de CO<sub>2</sub> por unidad de producto, principalmente en la industria minera. También encuentran un efecto contaminante por escala de la economía.

En el caso de Estados Unidos, Kaivo-oja, y otros (2014) encuentran que el efecto escala, o por crecimiento económico, es el principal factor emisor de CO<sub>2</sub> para el período 1973-2010, y que son los efectos composición (estructura económica) y tecnología (intensidad de CO<sub>2</sub> por unidad de producto) los principales factores mitigadores de CO<sub>2</sub>. Por su parte, (Vinuya, DiFurio y Sandoval (2010) aplican la descomposición estructural de la economía estadounidense para el período 1990-2004, con resultados muy similares, donde son la reducción en intensidad de CO<sub>2</sub> por unidad de energía y producto, y la transición hacia combustibles menos contaminantes, los que compensan el efecto contaminante del incremento del ingreso per cápita y la población. Otros estudios encuentran similares resultados para Estados Unidos (Sesso, Amâncio-Vieira, Zapparoli, & Sesso Filho, 2020; Casler & Rose, 1998; Shahbaz, Adom, & Hammoudeh, 2019).

Para México, diversos estudios coinciden en que el efecto tecnología, medido como la intensidad de emisiones por unidad de producto, es el principal factor mitigador de emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que el efecto escala, medido por la demanda final, es el factor que mayor contribuye al incremento de las emisiones (González & Martínez, 2012; Sheinbaum-Pardo, Mora-Pérez, & Robles-Morales, 2012; Macías, 2015).

Dentro de las investigaciones de análisis multirregional, Andreoni y Galmarini (2016) realizan un análisis de descomposición para 33 países, usando la base de datos de la World InputOutput Database (WIOD), y encuentran que, en los tres países de la región de Norteamérica, es el efecto escala (o demanda agregada) el principal factor que promueve las emisiones de CO<sub>2</sub>. También encuentran que, para Estados Unidos y México, el efecto tecnología, medido como cantidad de CO<sub>2</sub> por unidad de energía, y esta a su vez por unidad de producto, funge como factor mitigador de emisiones. Sin embargo, se encuentra que en Canadá se incrementó la intensidad de emisiones por unidad de producto. Finalmente, el efecto composición, que aquí se mide como la estructura relativa de cada país respecto al desempeño global, resulta un factor mitigador de emisiones en las tres economías. Por su parte, Wang, Ang, y Su (2017) encuentra que, para Canadá y Estados Unidos, el efecto tecnología contribuye a la mitigación de CO<sub>2</sub>, mientras que para México el efecto es no significativo. Asimismo, encuentra que la demanda final es un factor importante en las emisiones de Estados Unidos.

## 2. Metodología y fuente de las estadísticas

### 2.1 Metodología

El análisis de las causas de las tendencias de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se hace mediante el cálculo de la variación de sus componentes estructurales. Es decir, se estima la proporción del cambio en emisiones que se atribuye a cada uno de los factores asociados a su producción. Desde el enfoque de la economía ecológica, es la actividad económica la que genera las emisiones a partir de las diferentes fases de producción y consumo (Alier & Roca, 2015). Utilizando un enfoque metodológico basado en la teoría de la escuela keynesiana, se vinculan los cambios en las variables ambientales a los cambios en las variables económicas originadas por cambios en la demanda.

Para medir el grado de estas relaciones, se lleva a cabo un ADE, aplicado a la ampliación del modelo de insumo-producto (MIP). Se trata de una ampliación del modelo en términos ambientales, ya que es posible, mediante la construcción de una variable satélite que pueda relacionarse directamente al nivel de producción, su incorporación al modelo. Esto permite generar una relación (coeficiente técnico) directa entre la variable satélite y la actividad económica, y asimismo permite que los elementos estructurales de la economía presentados en el modelo de IP puedan relacionarse a cambios en dicha variable (Miller & Blair, 2009). Las variables satélites para nuestro análisis son las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por sector económico. A continuación, se detallan estas relaciones.

En primera instancia, MIP incorpora la conceptualización de la economía como un flujo circular, en la cual los productos de unos sectores son al mismo tiempo insumos para otra industria, en la cual, a su vez, son insumos para la producción de bienes y servicios para la demanda final. Estos bienes y servicios son consumidos con el ingreso generado por el pago de factores. Así, se estructura un arreglo matricial que incorpora las transacciones intersectoriales de consumo intermedio, la matriz que incorpora el pago a factores o valor agregado, y la matriz de demanda final. Para el MIP, se conceptualizan las relaciones de estos elementos bajo los fundamentos de las funciones de producción de Leontief, los cuales presentan básicamente las interrelaciones entre producción, insumos y demanda final en un sistema de ecuaciones lineales. Se supone que cada sector genera un solo producto, de tal manera que este sistema tiene igual número de ecuaciones (sectores económicos) y de incógnitas. Se define el número de sectores como  $n$ .

Sean entonces:

Z: La matriz cuadrada de demanda intermedia de tamaño  $n \times n$

x: El vector de producción total por sector, de tamaño  $n \times 1$

f: El vector de demanda final por sector, de tamaño  $n \times 1$

Entonces la matriz diagonal de producción total se define como la suma de los insumos intermedios y la demanda final<sup>4</sup>:

$$\hat{x} = Z + \hat{f} \quad \text{Ecuación 1}$$

Asimismo, se define la matriz de coeficientes técnicos, A, como la matriz cuadrada de demanda intermedia por unidad de producto total,  $A = Z / \hat{x}$

4 Para la notación matemática, se representan con minúsculas los vectores columna, con mayúscula las matrices, el acento circunflejo indica la matriz diagonal de un vector, y los escalares con minúsculas en negritas.

Expresando la demanda final como la diferencia de la producción total menos la demanda intermedia,

$$\begin{aligned}\hat{f} &= \hat{x} - Z \\ &= \hat{x} - A\hat{x} \\ &= (I - A)\hat{x}\end{aligned}\tag{Ecuación 2}$$

y finalmente despejando para la producción total se obtiene el modelo de IP.

$$\hat{x} = (I - A)^{-1}\hat{f}\tag{Ecuación 3}$$

Donde  $(I - A)^{-1}$  se conoce como la matriz inversa de Leontief y representa los requerimientos intermedios directos e indirectos por unidad de demanda final.

Se determina, de este modo, la producción en función de los requerimientos intermedios totales y la producción de los bienes de consumo final.

A continuación, se incorpora el vector renglón de la variable satélite al modelo, vinculándola a través de lo que se denomina vector renglón de intensidades, el cual se obtiene de la división, sector por sector, del valor de la variable satélite entre el valor correspondiente del nivel de producto total,  $\epsilon = e / \hat{x}$ .

De esta forma, el nivel de emisiones de CO2 se puede representar como la multiplicación del vector de intensidades, la matriz de insumos totales (matriz inversa de Leontief) y la demanda final, como en la ecuación siguiente:

$$e = \epsilon (I - A)^{-1}\hat{f}\tag{Ecuación 4}$$

Posteriormente, la demanda final se puede descomponer en dos factores: composición y escala. Dividiendo y multiplicando (al final) por el total de la demanda final se deja inalterada la ecuación, y se reacomoda de forma que cada elemento del vector de demanda final se divida por el total de la demanda final, y se multiplica posteriormente por este mismo elemento, como en la siguiente ecuación:

$$e = \epsilon (I - A)^{-1} \frac{\hat{f}}{\hat{f}} f\tag{Ecuación 5}$$

De esta forma, el nivel de emisiones de CO2 está determinado por tres factores estructurales: a) tecnología, al que corresponden los elementos de intensidad de emisiones multiplicado por la matriz inversa de Leontief,  $\epsilon (I - A)^{-1}$  b) composición, que hace referencia a la estructura de consumo de la economía, determinada por el peso relativo que la demanda final de cada sector tiene en el total de la demanda final,  $\frac{\hat{f}}{\hat{f}}$ ; y c) escala, que incorpora el tamaño de población y su nivel de ingreso,  $f$ .

A partir de esta ecuación se realiza el ADE, el cual está enfocado en analizar los determinantes de las variaciones en el tiempo de la variable. Como tal, es necesario obtener las variaciones de la variable<sup>5</sup>, en función de la variación de sus componentes. Se introduce el subíndice  $t$  para hacer referencia en el año final y el subíndice 0 para hacer referencia al año inicial. También, para simplificar la notación se redefinen los componentes de la forma siguiente:

5 El símbolo indica la variación de la variable en el tiempo.

Antes	Ahora	Efecto
$\epsilon(I-A)^{-1}$	$T$	Efecto tecnología
$\frac{\hat{f}}{f}$	$C$	Efecto composición
$f$	$S$	Efecto escala

Así, se expresa el cambio en la variable ambiental de la siguiente forma:

$$\Delta e = e_1 - e_0 = T_1 C_1 S_1 - T_0 C_0 S_0 \tag{Ecuación 6}$$

Se aplica la separación de los efectos de acuerdo con el enfoque de índice de Laspeyres, con efectos interactivos multiplicatorios, y con distribución de pesos equitativos. Es decir, se considera como año base el inicial, además se considera el cambio de una variable a la vez, atribuible a cada factor. La descomposición se divide en efectos directos e indirectos. Los efectos directos de cada factor son cuando sólo cambia una variable y las demás permanecen constantes. Los efectos indirectos se calculan cuando dos o más variables cambian al mismo tiempo, distribuyendo en iguales proporciones el efecto entre los factores involucrados.

$\Delta e =$		Cambio total
$\Delta T C_0 S_0$	$+ \frac{1}{2} (\Delta T \Delta C S_0) + \frac{1}{2} (\Delta T C_0 \Delta S) + \frac{1}{3} (\Delta T \Delta C \Delta S)$	Efecto tecnología
$+ T_0 \Delta C S_0$	$+ \frac{1}{2} (\Delta T \Delta C S_0) + \frac{1}{2} (T_0 \Delta C \Delta S) + \frac{1}{3} (\Delta T \Delta C \Delta S)$	Efecto composición
$+ T_0 C_0 \Delta S$	$+ \frac{1}{2} (T_0 \Delta C \Delta S) + \frac{1}{2} (\Delta T_0 C \Delta S) + \frac{1}{3} (\Delta T \Delta C \Delta S)$	Efecto escala
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 20%;"></div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 60%;"></div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>Efectos directos</span> <span>Efectos indirectos</span> </div>		

La suma de los tres efectos será igual al cambio total en la variable satélite (emisiones de CO2 en nuestro caso).

## 2.2 Fuente de los datos

Las cifras económicas utilizadas en el análisis corresponden a la base de datos mundial de insumo producto (World Input Output Database, WIOD), en su emisión de 2016 (Timmer, Dietzenbacher, Los, Stehrer, & De Vries, 20105). La base cuenta con un MIP multirregional sobre 28 países de la Unión Europea, 18 países de economías grandes en el mundo, y una región Resto del Mundo. La actividad interindustrial está dividida en 56 sectores y brinda datos anuales de 2001 a 2014. En el presente análisis se utilizaron los datos a precios del año anterior, con una unidad de medida en millones de dólares estadounidenses.

La variable satélite de emisiones de CO2 que se utiliza en el estudio es una extensión de las variables de la base de datos mencionada WIOD (Corsatea, y otros, 2019). Estas cifras tienen la misma desagregación de países y sectores que las cifras económicas. La base de datos ambientales ofrece información estadística anual de 2000 a 2016. Estos son datos en unidades de medida de kilotoneladas (kt) de CO2.



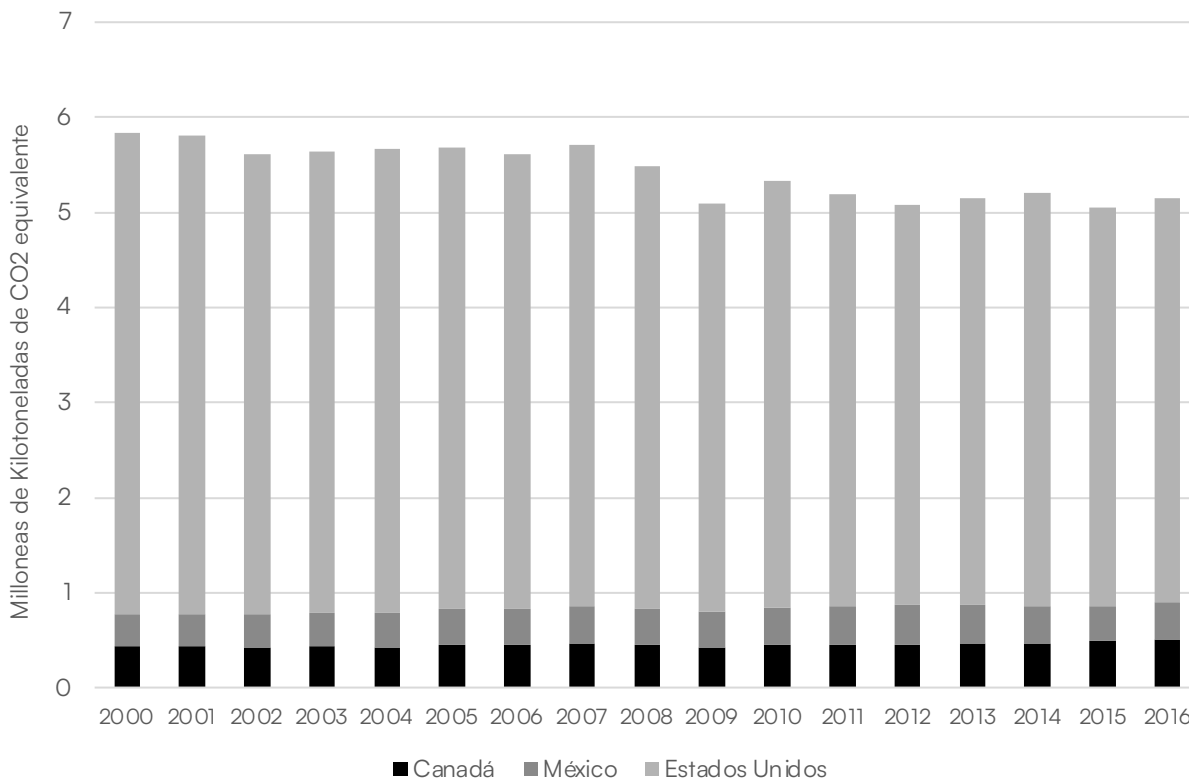
### 3. Resultados

Este apartado presenta los principales resultados del ADE aplicado a cada uno de los países que conforman la región de América del Norte, en el periodo de 2001 a 2014. Se comparan los resultados en cuanto a la evolución de las emisiones y las contribuciones relativas de los factores estructurales: tecnología, composición y escala. Finalmente, se hace un análisis sobre los sectores que más contribuyeron al cambio de emisiones en el periodo analizado, tanto para aumentarlas, como para disminuirlas.

#### 3.1. Emisiones totales

De acuerdo con la WIOD (2016), la región de América del Norte ha tenido volúmenes de emisiones relativamente constantes durante el período estudiado (con una media de 5.42 millones de kilotoneladas de CO<sub>2</sub>, y una desviación estándar de 0.27). La Gráfica 2 presenta la evolución y contribución de las emisiones totales para los tres países en el período de análisis. Se observa una ligera disminución a partir del año 2008. La contribución proporcional de cada país de la región también se ha mantenido relativamente constante, con leves variantes, observándose descensos en el volumen anual de emisiones en Estados Unidos y México, especialmente entre 2008 y 2016. En promedio, las emisiones de Canadá contribuyen en 8.4 %, las de México en 7 %, y las de Estados Unidos en 84.6 %. Sin embargo, las contribuciones relativas de Canadá y México aumentaron, pasando en el primer caso de 7.5 % en 2000, a 10 % en 2016, y, en el segundo, de 5.9 % a 7.4 %. Esta mayor participación relativa de México ocurrió con un volumen de emisiones decreciente en la región, principalmente impulsado por Estados Unidos.

**Gráfica 2. Evolución y contribución de emisiones de CO<sub>2</sub> en Norteamérica (millones de kilotoneladas)**

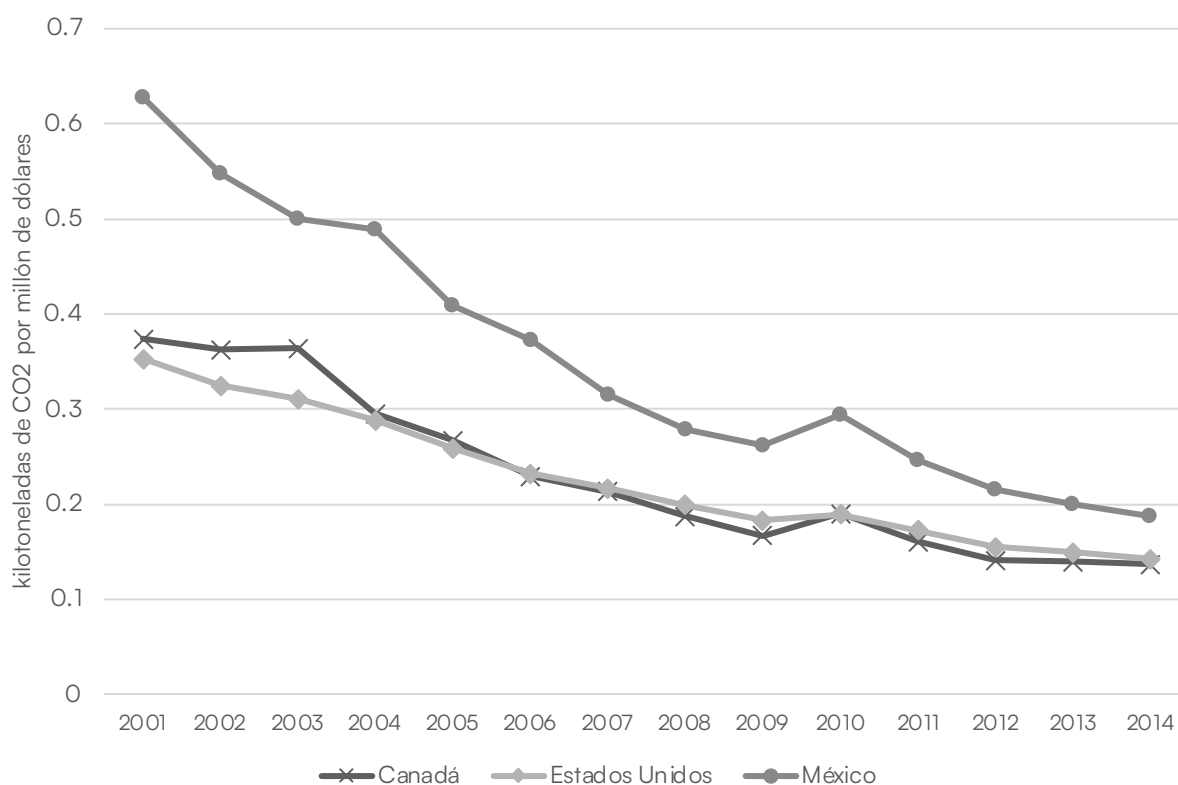


Fuente: Elaboración propia con datos de la WIOD2016

### 3.2 Intensidades

La intensidad de emisiones, definida aquí como unidades de emisiones de CO2 por unidad de producto total (kt de CO2 por millón de dólares), se redujo en la región durante el periodo de análisis (Ver Gráfica 3). Al principio del periodo Estados Unidos y Canadá contaban con un nivel de intensidad similar (0.35 y 0.37 respectivamente), mientras que México los superaba en un 75%. Otra tendencia interesante de observar es la reducción generalizada de la intensidad en la región que en promedio fue del 64%, además del cierre de la brecha de México respecto de Estados Unidos y Canadá que se redujo al 30%.

**Gráfica 3. Evolución de la intensidad de emisiones por país**



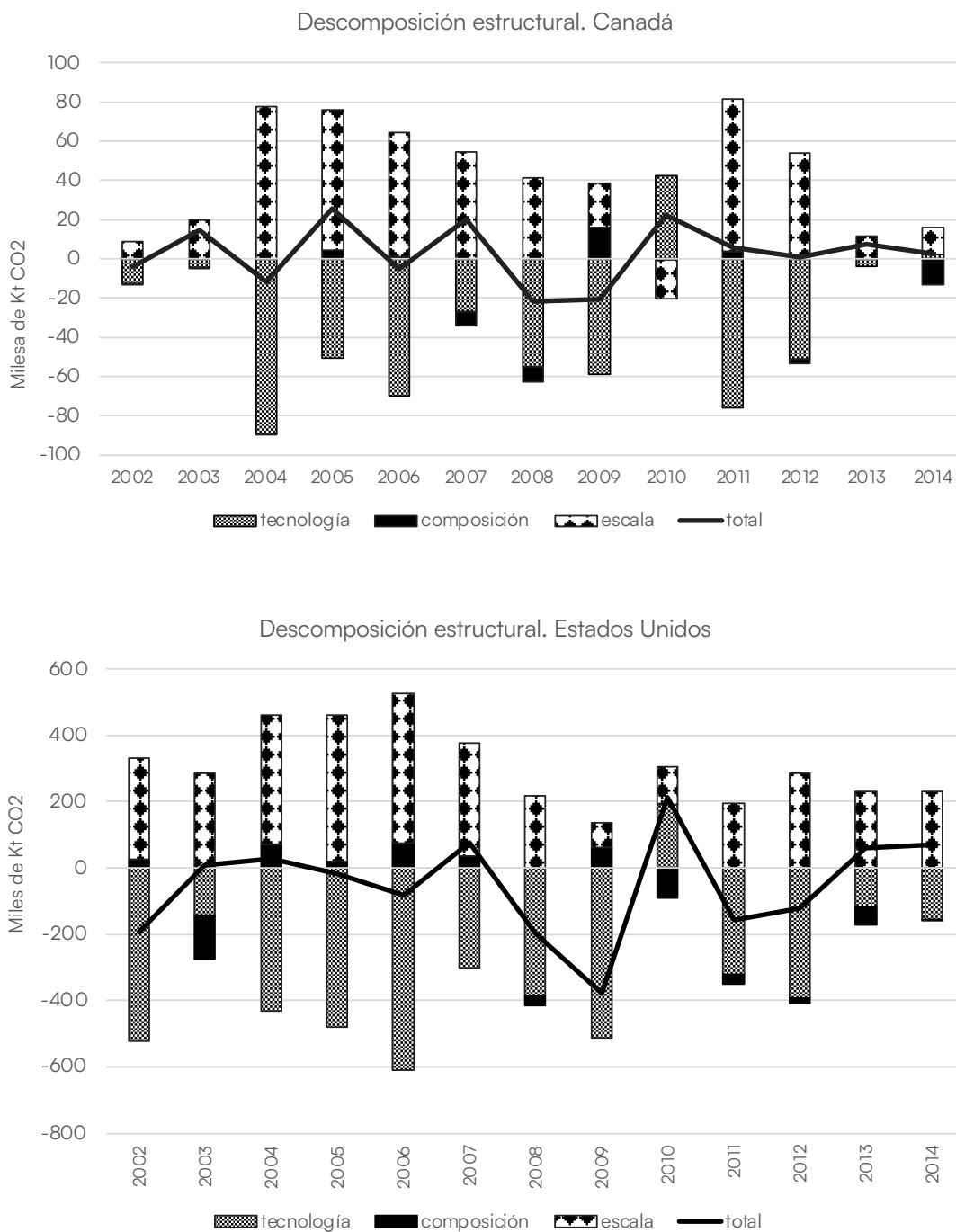
Fuente: Elaboración propia con datos de la WIOD2016.

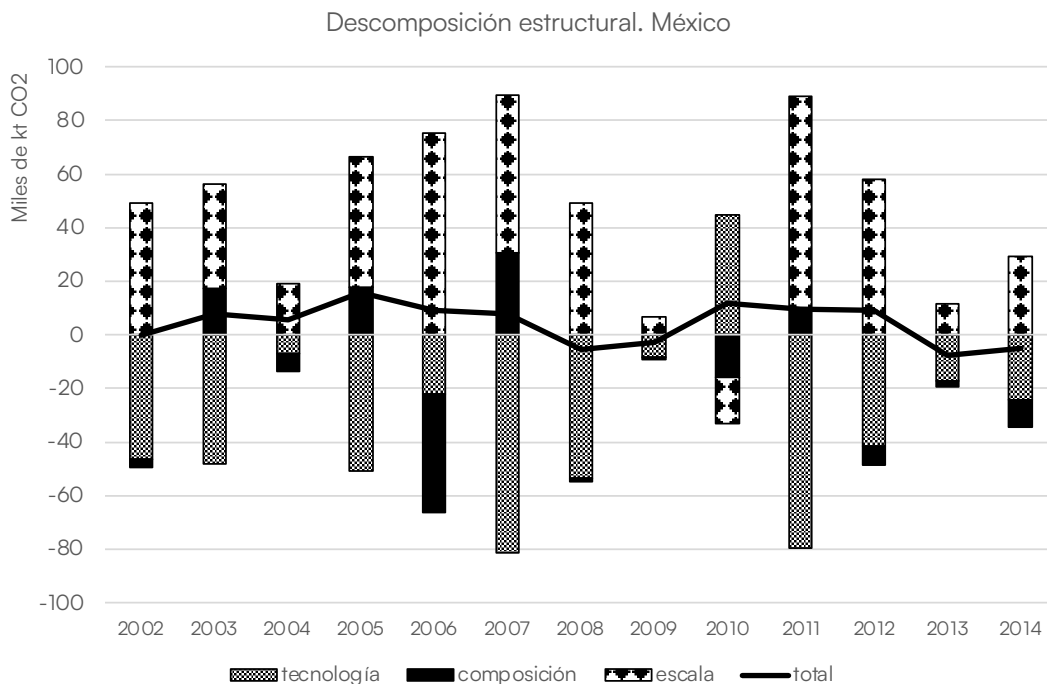
### 3.3 ADE en los tres países

Este apartado presenta los principales resultados del ADE de las emisiones de CO2 en cada uno de los países que conforman la región de América del Norte. La Gráfica 4 (referida a Estados Unidos, Canadá y México, respectivamente) ilustran estos resultados. Destacan algunos aspectos en términos regionales. En todos los casos, el efecto tecnología se presenta como mitigador de emisiones en todos los años, excepto en 2010. Asimismo, es el efecto escala el principal factor que impulsa las emisiones de CO2. Finalmente, se observa que el efecto composición es ambivalente, actuando en algunos años como mitigador y en otros como impulsor de emisiones.

También se observa, en los tres casos, una diferencia negativa en las emisiones de 2008 y 2009, posiblemente vinculada a la recesión financiera global en esos años. Es interesante observar que el efecto tecnología es muy relevante en la mayoría de los años para contrarrestar los efectos impulsores del tamaño de la economía (efecto escala).

**Gráfica 4. Análisis de Descomposición Estructural para los países de Norteamérica**





Este análisis permite observar, año con año, las contribuciones de los factores tecnología, composición y escala, en las variaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El análisis es consistente con la literatura, que en su mayoría encuentra que el efecto tecnología contribuye a mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>. También es consistente con los hallazgos de que es el efecto escala el principal impulsor de las emisiones, es decir, el tamaño de la población y su nivel adquisitivo.

### 3.4 ADE en las industrias más contaminantes y mitigadoras de cada país

El ADE permite el análisis a nivel sectorial, ya que se basa en el análisis de IP. A continuación, se exponen los resultados en los sectores que más contribuyeron en el incremento y reducción de emisiones de cada país.

Se enfatiza el hecho de que el ADE es sobre los cambios en el nivel de las emisiones, más que su nivel total a lo largo del periodo. Sin embargo, una comparación entre los sectores más contaminantes (en promedio) y los cambios que presentan en sus emisiones resulta interesante, al observar que es en estos sectores, para los tres países, donde se concentran los que más contribuyeron en ambos sentidos, tanto en el incremento como en la reducción de las emisiones.

**Canadá**

**Tabla 1. Sectores más contaminantes de Canadá**

Sector	Producto (millones dólares)		CO2 (kt)		Intensidad media
	Promedio	%	Promedio	%	(CO2/Producto)
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	36 149.95	1.63	105 960.48	23.33	2.93
Minas y canteras	117 639.85	5.30	72 476.52	15.96	0.62
Transporte terrestre y transporte por oleoductos	72 858.20	3.28	35 151.03	7.74	0.48
Transporte aéreo	12 551.56	0.57	28 428.34	6.26	2.26
Manufactura de metales básicos	37 828.50	1.71	25 977.22	5.72	0.69
Manufactura de productos refinados del petróleo	48 127.27	2.17	25 513.78	5.62	0.53
Transporte de agua	3 213.01	0.14	16 372.87	3.60	5.10
Manufactura de productos químicos.	18 280.76	0.82	14 267.61	3.14	0.78
Manufactura de productos minerales no metálicos	11 158.51	0.50	13 506.14	2.97	1.21
Producción agrícola y animal, caza	39 462.16	1.78	10 010.12	2.20	0.25
<b>TOTAL</b>	<b>397 269.77</b>	<b>17.91</b>	<b>347 664.11</b>	<b>76.54</b>	<b>0.88</b>

Fuente: Elaboración propia.

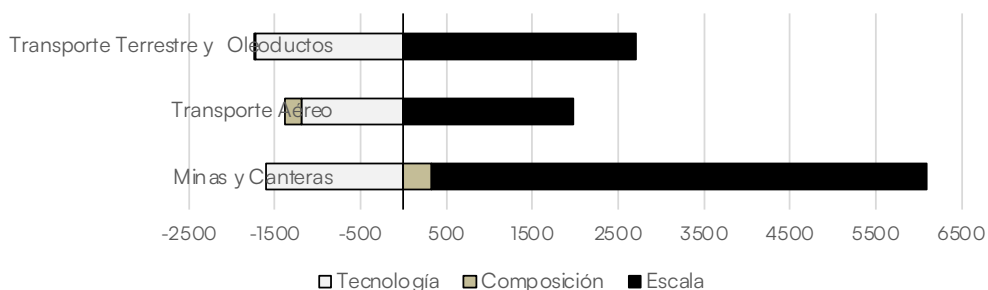
La Tabla 1 muestra los sectores que en promedio contribuyen en 76 % de las emisiones de CO2 de Canadá. Aunque son los sectores que más contaminan, su contribución a la producción es de sólo el 18 %, aunque se aprecia que son sectores transversales al funcionamiento de la economía<sup>6</sup>. Durante el período de análisis, Canadá presentó un incremento neto total de emisiones en una cantidad de 82 597.21 de kt de CO2, equivalentes a un incremento del 8 %.

En este contexto, se observa que el sector más contaminante (en promedio), el Suministro de Electricidad, Gas, Vapor y Aire Acondicionado, es el que en mayor medida contribuyó en la reducción de emisiones durante el periodo de análisis (49 % de la reducción se atribuye a este sector). Por otra parte, el segundo sector más contaminante, Minas y Canteras, es el que más contribuyó al incremento de emisiones (36 % del incremento se atribuye a este sector).

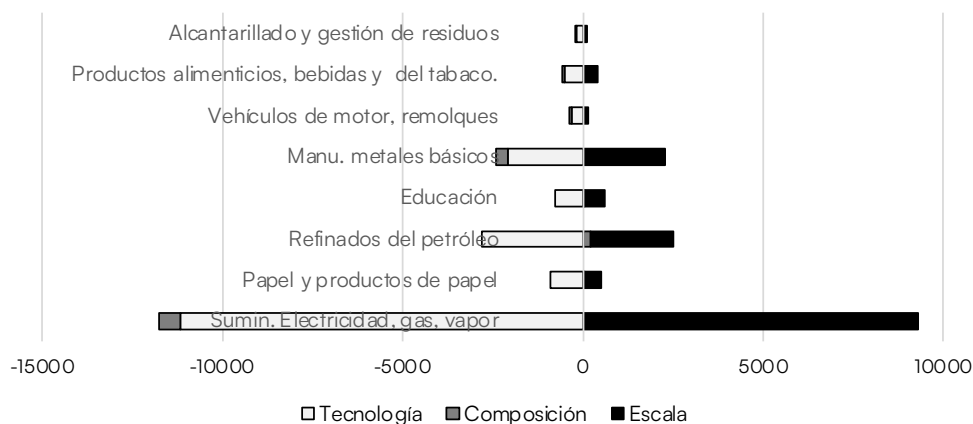
<sup>6</sup> Un análisis de multiplicadores indicaría con precisión la importancia de los eslabonamientos, hacia atrás y hacia adelante, de cada sector para la economía. Este análisis queda fuera del ámbito de este trabajo.

### Gráfica 5. Sectores que más contribuyeron al cambio de emisiones de CO2 en Canadá

Gráfica 5.a. Sectores que contribuyeron más al efecto contaminante.  
 Canadá



Gráfica 5.b. Sectores que contribuyeron más al efecto mitigador.  
 Canadá



Fuente: Cálculos propios basados en los datos de la WIOD (2016).

Por su parte, la Gráfica 5.a muestra el ADE para los sectores que contribuyeron en 87 % al incremento de emisiones. Se puede apreciar que es el efecto escala el que genera el mayor empuje a este fenómeno.

Por otro lado, la Gráfica 5.b muestra el ADE para los sectores que más contribuyeron en la mitigación de emisiones. El efecto tecnología es el que mayor impacto provocó en este resultado. Es interesante notar que al menos tres de los sectores más contaminantes (Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado; Manufactura de metales básicos; Manufactura de productos refinados del petróleo) que concentran casi el 30 % de emisiones de la economía canadiense, concentran casi el 60% del efecto mitigador en el período de análisis. Es decir, algunos de los sectores más contaminantes se están volviendo “menos sucios”, a partir de cambios tecnológicos.



## Estados Unidos

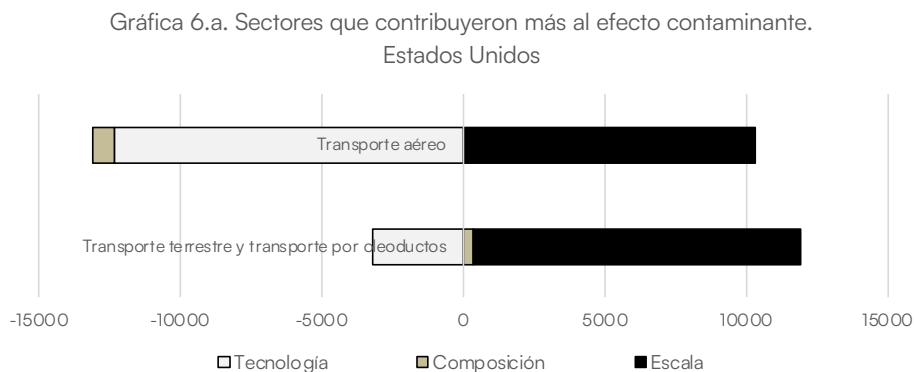
**Tabla 2. Sectores más contaminantes de Estados Unidos**

Sector	Producto (millones dólares)		CO2 (kt)		Intensidad media
	Promedio	%	Promedio	%	CO2/Producto
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	332 303.56	1.52	2 282 976.21	49.65	6.87
Administración pública y defensa	2 539 934.92	11.64	259 797.35	5.65	0.10
Transporte terrestre y por oleoductos	340 563.11	1.56	219 122.28	4.77	0.64
Transporte aéreo	126 922.21	0.58	208 328.81	4.53	1.64
Manufactura de refinados del petróleo	71 978.78	2.16	172 915.89	3.76	0.37
Manufactura de productos químicos	402 947.15	1.85	165 699.87	3.60	0.41
Manufactura de metales básicos	189 793.99	0.87	124 487.99	2.71	0.66
Manufactura productos minerales no metálicos	89 771.41	0.41	120 348.80	2.62	1.34
Minas y canteras	382 221.58	1.75	110 848.73	2.41	0.29
<b>TOTAL</b>	<b>4 876 436.70</b>	<b>22.36</b>	<b>3 664 525.94</b>	<b>79.70</b>	<b>0.75</b>

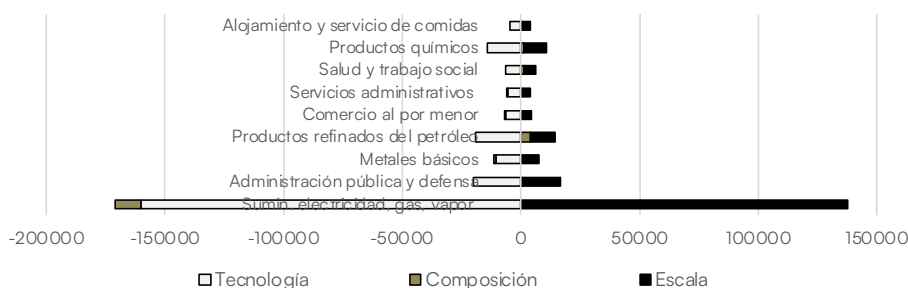
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de Estados Unidos, la Tabla 2 muestra los sectores que en promedio contribuyen con el 80 % de las emisiones, es decir, los más contaminantes. En contraste, la contribución de estos sectores es del 22 % del producto nacional. Incluso el sector de mayores emisiones, Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, que contribuye con casi el 50 % de las emisiones totales, representa el 1.52 % del producto nacional. La relevancia del sector es, como ya se ha mencionado, como proveedora de insumos esenciales para el funcionamiento de las demás ramas productivas.

**Gráfica 6. Sectores que más contribuyeron al cambio de emisiones de CO2 en Estados Unidos**



Gráfica 6.b. Sectores que contribuyeron más al efecto mitigador.  
 Estados Unidos



Fuente: Cálculos propios basados en los datos de la WIOD (2016).

Respecto al ADE, cabe destacar que Estados Unidos es el único país de la región que logró una disminución neta en el nivel emisiones durante el periodo de análisis, pasando de las 5 049 730 kt a 4 343 472 kt de CO<sub>2</sub>, es decir, una reducción del 16 %. La Gráfica 6.b muestra los sectores que más contribuyeron en el 80 % de esta reducción. El efecto tecnología dominó al efecto escala, mientras que el efecto composición resulta un componente ambivalente y de proporciones poco significativas. Otro aspecto relevante que es el sector más contaminante el que concentró casi la mitad del efecto mitigador en dicho periodo para la economía estadounidense.

En cuanto a los sectores que más contribuyeron al incremento de emisiones en Estados Unidos, durante el periodo de análisis, sólo dos concentran más el 84 % de este efecto (Gráfica 6.a).

## México

Tabla 3. Sectores más contaminantes de México

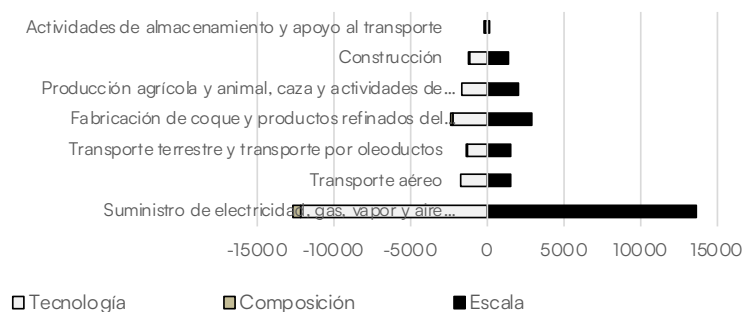
Sector	Producto (millones dólares)		CO <sub>2</sub> (kt)		Intensidad media
	promedio	%	promedio	%	CO <sub>2</sub> / Producto
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	21 960.52	1.74	133 922.79	35.53	6.10
Manufactura de otros productos minerales no metálicos	13 555.55	1.08	29 531.43	7.83	2.18
Minas y canteras	65 396.39	5.19	27 378.30	7.26	0.42
Manufactura de coque y productos refinados del petróleo	43 758.14	3.47	26 195.62	6.95	0.60
Manufactura de metales básicos	23 439.73	1.86	22 056.25	5.85	0.94
Producción agrícola y animal, caza y actividades de servicios conexas	35 519.84	2.82	18 896.97	5.01	0.53
Transporte aéreo	4 618.25	0.37	16 216.55	4.30	3.51
Transporte terrestre y transporte por oleoductos	61 472.41	4.88	15 745.63	4.18	0.26
Manufactura de productos químicos y productos químicos.	35 700.00	2.83	15 424.58	4.09	0.43
<b>TOTAL</b>	<b>305 420.82</b>	<b>24.23</b>	<b>305 368.11</b>	<b>81.01</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

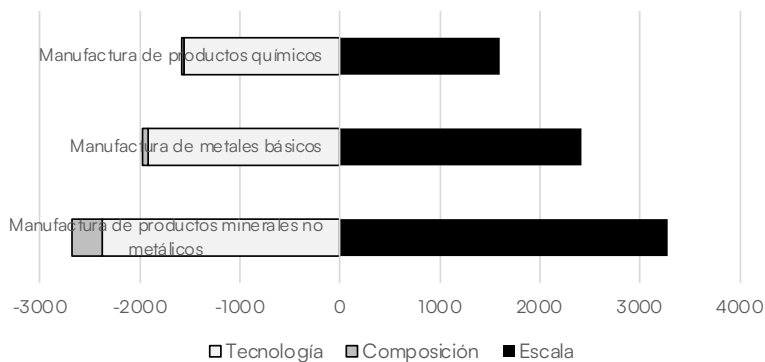
El caso mexicano, finalmente, presenta un incremento neto de emisiones durante el período de análisis. En la Tabla 3 se presentan los sectores que contribuyen, en promedio, al 80 % de las emisiones del país. Su contribución al producto, sin embargo, es del 24 %, situación que es similar a la de los otros dos países de la región. El nivel de emisiones aumentó 16 %, pasando de 343 768 kt a 399 017 kt de CO<sub>2</sub>.

### Gráfica 7. Sectores que más contribuyeron al cambio de emisiones de CO<sub>2</sub> en México

Gráfica 7.a. Sectores que contribuyeron más al efecto contaminante. México



Gráfica 7.b. Sectores que contribuyeron más al efecto mitigador. México



Fuente: Cálculos propios basados en los datos de la WIOD (2016).

La Gráfica 7.a muestra los sectores que contribuyeron en 82 % al efecto contaminante de la economía mexicana, siendo el efecto escala el que mayor injerencia tuvo. Estos sectores contribuyen en 22 % al producto nacional. Mientras que sólo 3 sectores concentraron el 91 % del efecto mitigador en la economía durante el período (ver Gráfica 7.b).

Los resultados del ADE, como se presentaron, permiten observar la contribución de los factores estructurales a los cambios en emisiones durante el período de análisis, en los tres países de la región de Norteamérica. Asimismo, el análisis, al estar basado en el modelo de IP, permite conocer dichos efectos en cada uno de los sectores que componen las economías, con lo que se puede conocer aquellos sectores que más contribución han tenido en los cambios de emisiones de CO en cada país.

## Conclusiones

Con base en una metodología de análisis de descomposición estructural, este estudio encuentra diferencias y similitudes entre los tres países de la región respecto de las tendencias de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores estructurales conductores, tales como los efectos escala, tecnológico y composición, con base en datos anuales de 2001 a 2014.

Un resultado comparativo relevante es el de un proceso de convergencia en términos de la intensidad de emisiones por valor del PIB y respecto de los tres efectos mencionados. Con una tendencia decreciente de la intensidad regional agregada, las diferencias de intensidades entre los países se redujeron a lo largo del periodo, sobre todo entre Estados Unidos y los otros dos países, mostrando una convergencia.

En cuanto a los tres efectos en cada país, el efecto escala fue contaminante y dominó en el periodo, pero cerca de éste resultó un efecto tecnológico anticontaminante, además de un efecto composición pequeño y ambivalente (positivo en unos años y negativo en otros). En los años iniciales del periodo, en 2001 — 2003, los efectos diferían notablemente entre los países, siendo pequeños en Canadá y grandes en los otros dos países. También la evolución de los efectos difirió de 2004 a 2008, siendo decreciente en Canadá (después de que los efectos habían crecido de 2003 a 2004). Estas diferencias fueron desapareciendo hacia 2010, de manera que en los tres países se observaron efectos que, habiendo sido grandes en 2011, decrecieron de ese año a 2016. Es decir, después de diferentes sendas evolutivas, se observó una convergencia hacia patrones muy parecidos. El rol del efecto tecnológico anticontaminante, mitigando al efecto escala fue cada vez mayor relativamente.

Otro resultado es que, a lo largo del periodo estudiado, las características de los tres efectos en México fueron parecidas a las de Estados Unidos, a las cuales Canadá se aproximó. Ello se observa en el párrafo anterior, en especial los efectos en Estados Unidos y México, diferentes a los observados en Canadá, en una primera etapa (de 2001 a 2003) y la posterior convergencia, pero siendo regularmente el caso mexicano similar al estadounidense.

Con relación a la dinámica económica, se encontró que el crecimiento de la demanda final, como resultado de un incremento del PIB en la región, ha impulsado el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el periodo de estudio. El aumento en la población y el consumo, conducen a una elevación en las emisiones del CO<sub>2</sub>. Sin embargo, como muestra el caso de Estados Unidos, el cambio tecnológico puede jugar un papel importante en la reversión de la tendencia al aumento en las emisiones absolutas impulsada por la demanda final. Se debe apostar a la sustitución de insumos y procesos en los sectores más contaminantes y que constituyen sectores importantes por su papel transversal en la economía de los países. Este proceso, al parecer, está siendo exitoso en el caso de Estados Unidos, pero todavía falta un mayor esfuerzo en el caso de Canadá y México. Estados Unidos todavía puede ahondar y profundizar el papel de la tecnología para reducir aún más sus emisiones absolutas de CO<sub>2</sub>, dado que es uno de los principales países contaminantes a nivel global.

A manera de corolario, este trabajo brinda un análisis comparativo de los cambios estructurales de la economía y su impacto en el medio ambiente, entre las tres economías que integran la región de Norteamérica. Provee información relevante para indagar sobre dinámicas interactivas en sectores específicos de la región. También permite profundizar sobre temas de políticas ambientales de adaptación y mitigación regionales, al mostrar los sectores en los que se ha generado el mayor impacto de cambio de emisiones (positivo o negativo) de CO<sub>2</sub>.

Asimismo, se generan futuras líneas de investigación relacionadas a los puntos anteriores, en particular, el análisis del comercio regional en las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada país, así como las implicaciones de políticas de transición energética, que como el análisis indicó, guarda una fuerte correlación con el nivel de emisiones.

## Referencias

- Alier, J. M., & Roca, J. (2015). *Economía ecológica y política ambiental*. Fondo de Cultura Económica.
- Andreoni, V., & Galmarini, S. (2016). Drivers in CO2 emissions variation: A decomposition analysis for 33 world countries. *Energy*, 103, 27-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.096>
- Banco Mundial. (3 de abril de 2023). *World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files*. Banco Mundial. Datos. <https://www.worldbank.org/en/home>
- Banco Mundial. (11 de julio de 2023). *World Development Indicators*. Banco Mundial. Datos. <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=World-Development-Indicators#>
- Casler, S. D., & Rose, A. (1998). Carbon Dioxide Emissions in the U.S. Economy: A Structural Decomposition Analysis. *Environmental and Resource Economics*, 11(3/4), 349-363. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1008224101980>
- Corsatea, T., Lindner, S., Arto, I., Román, M., Rueda-Cantuche, J., Velázquez Afonso, A., .Neuwahl, F. (2019). *World Input-Output Database Environmental Accounts*. Seville (Spain): European Commission.
- Dietzenbacher, E., & Los, B. (1998). Structural Decomposition Techniques: sense and sensitivity. *Economic Systems Research*, 10(4), 307-324. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535319800000023>
- González, D., & Martínez, M. (2012). Decomposition analysis of CO2 emissions in the Mexican industrial sector. *Energy for Sustainable Development*, 16(2), 204-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.01.005>
- Kaivo-oja, J. L., Panula-Ontto, J., Vehmas, J., Chen, Y., Mikkonen, S., & Auffermann, B. (2014). Are structural change and modernisation leading to convergence in the CO2 economy? Decomposition analysis of China, EU and USA. *Energy*, 72, 115-125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.015>
- Macías, A. (2015). *Actividad económica y daño ambiental: un análisis estructural para México*. [Tesis de maestría en Economía. Ciudad de México: El Colegio de México]. <https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/m613mx88c>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press.
- Sesso, P. P., Amâncio-Vieira, S. F., Zapparoli, I. D., & Sesso Filho, U. A. (2020). Structural decomposition of variations of carbon dioxide emissions for the United States, the European Union and BRIC. *Journal of Cleaner Production*, 252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119761>
- Shahbaz, M. G., Adom, P. K., & Hammoudeh, S. (2019). The technical decomposition of carbon emissions and the concerns about FDI and trade openness effects in the United States. *International Economics*, 159, 26-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2019.05.001>
- Sheinbaum-Pardo, C., Mora-Pérez, S., & Robles-Morales, G. (2012). Decomposition of energy consumption and CO2 emissions in Mexican manufacturing industries: Trends between 1990 and 2008. *Energy for Sustainable Development*, 16(1), 57-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.08.003>
- Su, B., & Ang, B. (2012). Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: some methodological developments. *Energy Economics*, 1(34), 177-188.
- Talaei, A., Gemechu, E., & Kumar, A. (2020). Key factors affecting greenhouse gas emissions in the Canadian industrial sector: A decomposition analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119026>
- Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., & De Vries, G. J. (2010). An illustrated user guide to the world input-output database: the case of global automotive production. *Review of International Economics*, 23(3), 575-605. DOI: <https://doi.org/10.1111/roie.12178>

- Vinuya, F., DiFurio, F., & Sandoval, E. (2010). A decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emissions in the United States. *Applied Economics Letters*, 17(10), 925-931. DOI: <https://doi.org/10.1080/00036840902762688>
- Wang, H., Ang, B. W., & Su, B. (2017). A Multi-region Structural Decomposition Analysis of Global CO<sub>2</sub> Emission Intensity. *Ecological Economics*, 142, 163-176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.023>