

# Capítulo 6

---

## **Efecto de las estrategias gubernamentales de economía circular en la industria de transformación para la promoción del desarrollo sostenible**

*María del Carmen Valle Bustamante<sup>1</sup>  
Bernardo Gerardo Juárez Olascoaga<sup>2</sup>  
Rita Ávila Romero<sup>3</sup>*

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26001784>



---

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional/ Escuela Superior de Economía. Email: mvalleb@ipn.mx. ORCID: 0009-0008-4685-0162.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional/ Escuela Superior de Economía. Email: bjuarezol@ipn.mx. ORCID: 0000-0001-5710-2102.

<sup>3</sup> Instituto Politécnico Nacional/ Escuela Superior de Economía. Email: riavilar@ipn.mx. ORCID: 0000-0002-4214-8105.

## Resumen

Este capítulo se enfoca en entender cómo las políticas públicas de economía circular influyen en la industria de transformación en México. El objetivo principal es encontrar maneras de impulsar un desarrollo más sostenible, uno que aproveche mejor los recursos, genere menos desperdicios y mejore la gestión ambiental en general. Para lograrlo, se utilizó un modelo de regresión lineal para medir la conexión entre el gasto en remediación ambiental (es decir, cuánto se gasta en limpiar la contaminación) y otros factores clave. Estas variables se clasificaron en grupos: políticas, económicas, tecnológicas y ambientales. Se trabajó con los logaritmos de los datos para hacer la interpretación más sencilla y manejar mejor las variaciones. Además, se hicieron varias pruebas estadísticas, como las de Durbin-Watson y Breusch-Pagan, para asegurar que el modelo fuera confiable. El modelo que se usó finalmente demostró ser muy sólido, ya que pudo explicar el 96 % de los cambios en el gasto de remediación ambiental. Las variables que tuvieron un impacto más claro fueron la gestión de residuos (con un coeficiente de 0.38), el gasto total en protección ambiental (con 0.83) y la protección de suelos y aguas (con -0.13). Sorprendentemente, esta última variable mostró una relación negativa, lo que podría significar que cuando se invierte más en prevenir la contaminación del suelo y el agua, se reduce la necesidad de gastar en remediación general. Esta investigación confirma que las políticas de economía circular tienen un efecto directo en el gasto de remediación. Gastar más en la gestión de residuos y en la protección ambiental en general es lo que más impulsa este gasto. Por otro lado, las inversiones en la protección del suelo y el agua pueden actuar como una medida preventiva que disminuye el gasto en remediación. Estos resultados son valiosos para que los responsables de las políticas públicas puedan diseñar estrategias más efectivas y sostenibles para el sector industrial.

## 1. Introducción

Hoy en día, la sociedad enfrenta muchos desafíos en temas del medio ambiente, la economía y la comunidad. Ante estos problemas, la economía circular ha ganado terreno como una solución. Este enfoque propone alargar la vida útil de los productos como una estrategia para disminuir el impacto ambiental. En el sector de la transformación industrial, esto implica la urgente necesidad de implementar políticas públicas alineadas con los principios de la economía circular. De igual forma, es preciso estudiar y determinar en qué medida estas políticas contribuyen de manera efectiva al avance del desarrollo sostenible.

La creciente demanda sobre los recursos naturales se intensifica constantemente, impulsada principalmente por el aumento de la población mundial. Esta situación ha generado diversos desafíos que impactan directamente en el medio ambiente, la economía y en la operación de las empresas. Entre los retos más importantes que enfrentamos, se encuentran la escasez de materiales clave, los precios inestables de las materias primas, la vulnerabilidad de nuestras cadenas de suministro a nivel global y otros factores de salud y sociales. Frente a todo esto, la economía circular surge como una solución bien organizada. Se opone al modelo tradicional de “usar y tirar” al buscar que aprovechemos mejor los recursos y que los productos duren mucho más (López, 2021).

El sector de la transformación industrial figura entre los principales generadores de gases de efecto invernadero y de grandes volúmenes de desechos. Las políticas públicas orientadas a la economía circular tienen como objetivo establecer una visión a largo plazo para que las empresas optimicen el uso de sus recursos, disminuyan la generación de residuos y fomenten tanto el reciclaje como la reutilización. Además de eso, estas estrategias están diseñadas para fortalecer la toma de decisiones y los sistemas de gestión dentro de las empresas, siempre con el apoyo de leyes específicas. Por eso, es clave entender cómo estas medidas afectan de manera directa a la industria de transformación (Gómez, 2023).

En México, hemos implementado varias políticas ambientales para conservar y proteger nuestros recursos naturales. El marco legal que respalda la protección ambiental está conformado por diversas leyes

fundamentales, entre las que destacan la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Cambio Climático, la Ley General de Vida Silvestre y la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Diputados, 2024). Estas normativas establecen las bases para promover el desarrollo sustentable, conservar los ecosistemas y enfrentar los efectos del cambio climático. Además de este conjunto de leyes, existen instituciones encargadas de asegurar su cumplimiento y de coordinar acciones en favor del medio ambiente. Entre ellas se encuentran la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que establece una ruta de trabajo para atender compromisos internacionales y lidera la política ambiental del país; el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), que genera investigación científica para apoyar decisiones estratégicas (Climático, 2025); la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), responsable de vigilar y sancionar actividades que dañen el entorno; la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que impulsa la conservación de la biodiversidad; y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que gestiona los recursos hídricos (SEMARNAT, 2025). Todas estas entidades desempeñan un papel clave en la promoción de prácticas responsables y en la construcción de un modelo de desarrollo.

Analizar el efecto que tienen las políticas públicas dirigidas a la economía circular sobre el sector de la industria de transformación, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible.

Explicar la relevancia de la economía circular en los sectores económicos como vía para alcanzar el desarrollo sostenible. Revisar las teorías que fundamentan la influencia de las políticas gubernamentales en el desempeño de los sectores económicos. Examinar el marco legal que regula las actividades productivas dentro de los sectores económicos. Identificar cómo estas políticas contribuyen a la disminución del consumo de recursos y a la reducción de residuos en la industria de transformación. Investigar el nivel de adopción de prácticas circulares por parte de las empresas del sector de transformación. Detectar los principales retos y barreras que enfrenta esta industria en la implementación de estrategias de economía circular.

Proponer recomendaciones que fortalezcan la efectividad de las políticas públicas de economía circular en el sector de transformación, promoviendo así un desarrollo más sostenible.

## **2. Teoría y regulaciones y legales acerca del desarrollo sostenible en el mundo y en México**

### **2.1. ODS en el mundo y en México**

#### *Definición de economía circular y desarrollo sostenible*

La economía circular propone extender el tiempo de uso de materiales y productos, promoviendo su aprovechamiento eficiente y facilitando su reincorporación mediante procesos de reciclaje una vez que concluyen su ciclo de vida (NOPALTEPEC, 2025). Esta transformación también requiere que el sistema educativo promueva una mayor conciencia sobre el uso responsable de los recursos y forme nuevos perfiles técnicos y profesionales. Es necesario replantear profundamente los modelos tradicionales de producción, distribución y consumo que aún prevalecen en muchos ámbitos sociales, políticos y económicos. El propósito principal es fomentar la reutilización, reparación y reciclaje de materiales y productos, mientras se busca disminuir tanto la generación de desechos como la explotación de los recursos naturales. (Canu, 2017). El desarrollo sostenible se refiere a un modelo que permite cubrir las necesidades esenciales de la sociedad actual sin poner en riesgo la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (Desarrollo, 1987).

Fue a principios de los años 60 cuando comenzaron a manifestarse los primeros problemas relacionados con el medio ambiente, lo que despertó inquietud por las amenazas al entorno natural. Hacia finales de esa década y en los primeros años de los 70, surgieron diversas organizaciones internacionales dedicadas a la protección ambiental, como el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), fundado en 1961, y la Asociación para la Defensa de la Naturaleza (ADENA), creada en 1968. En 1990, México implementó el Programa Nacional de Desarrollo Ambiental, en el cual se reconoció que diversos ecosistemas del país estaban siendo amenazados por el crecimiento de las actividades agropecuarias, industriales y urbanas, así como por el aumento de la población. El programa identificó como principales focos de contaminación ambiental a las grandes ciudades, los puertos industriales y las cuencas hídricas (Nadal, 2021).

Actualmente, el Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible sirve como la plataforma central de la ONU para el seguimiento y la revisión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Hoy en día, la División de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (DSDG), que forma parte del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (UNDESA), se encarga de dar apoyo y capacitar a los países en temas relacionados con los ODS. Entre sus áreas de trabajo están el agua, la energía, el clima, los océanos, las ciudades, el transporte y la ciencia. Además, contribuye al Informe Global de Desarrollo Sostenible (GSDR) y apoya a alianzas y a los pequeños Estados insulares en desarrollo. La DSDG es fundamental para evaluar cómo toda la ONU está implementando la Agenda 2030, y también para promover y difundir los ODS. Para que la Agenda 2030 se haga realidad, es crucial que todos, desde los gobiernos hasta la sociedad civil, se comprometan firmemente a cumplir los objetivos globales. El propósito de la DSDG es precisamente ayudar a facilitar ese compromiso (Naciones Unidas, 2024).

### *Los objetivos del desarrollo sostenible*

En septiembre de 2015, los Estados miembros de las Naciones Unidas acordaron un plan global orientado a construir un futuro compartido con mayor conciencia y responsabilidad. A partir de un proceso de consulta amplio que involucró a la sociedad civil, el sector empresarial, la comunidad científica y otros actores clave, se formuló la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Bajo el lema “Transformar nuestro mundo”, que dio pauta a la disminución del deterioro de los ecosistemas tanto naturales como sociales, y avanzar hacia un bienestar equitativo y sostenible para todas las personas (Naciones Unidas, 2015). La Agenda 2030 no solo destaca los objetivos y sus metas, sino también cómo se relacionan entre sí. Esto muestra que, desde un punto de vista científico, cada vez entendemos mejor que el planeta es un gran sistema donde la gente y el medio ambiente están completamente entrelazados (Naciones Unidas, 2015).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, con sus 17 objetivos y 169 metas, nos da una visión completa de lo que es el desarrollo sostenible, tocando temas económicos, sociales y ambientales. Esta agenda

tiene como propósito transformar los modelos de desarrollo actuales, priorizando la equidad y el respeto por la dignidad humana, al mismo tiempo que promueve una mayor conciencia ambiental. Se trata de un esfuerzo conjunto que une a naciones desarrolladas y en vías de desarrollo en una alianza internacional sólida. Además, toma en cuenta los recursos necesarios para hacer estos cambios, evitar desastres naturales graves y enfrentar el reto de adaptarnos y reducir el impacto del cambio climático (Naciones Unidas, 2015).

**Tabla 1.**  
*Objetivos de desarrollo sostenible.*

| <b>Objetivo de desarrollo</b>           | <b>Característica</b>   |
|---|---|
| Disminución de la pobreza               | Erradicar la pobreza a nivel mundial en todas sus formas                              |
| Hambre cero                             | Garantizar el acceso a alimentos suficientes y nutritivos.                            |
| Salud y bienestar                       | Promover una vida sana y el bienestar integral para todos.                            |
| Educación de calidad                    | Asegurar la educación inclusiva y oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida. |
| Equidad de género                       | Lograr la equidad de género y empoderar a mujeres y niñas.                            |
| Agua limpia y saneamiento               | Garantizar la gestión sostenible del agua y el saneamiento universal.                 |
| Energía asequible y no contaminante     | Asegurar el acceso universal a energía sostenible, segura y moderna.                  |
| Trabajo decente y crecimiento económico | Promover empleo digno y crecimiento económico sostenido e inclusivo.                  |
| Industria, innovación e infraestructura | Construir infraestructuras resilientes y fomentar la industrialización sostenible.    |

| <b>Objetivo de desarrollo</b>         | <b>Característica</b>   |
|---------------------------------------|---|
| Reducción de las desigualdades        | Disminuir la desigualdad dentro y entre los países.   |
| Ciudades y comunidades sostenibles    | Hacer ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.                                  |
| Producción y consumo responsables     | Fomentar patrones sostenibles de consumo y producción.  |
| Acción por el clima                   | Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático.                                     |
| Vida submarina                        | Proteger y utilizar sosteniblemente los océanos y los recursos marinos.                         |
| Vida de ecosistemas terrestres        | Gestionar de forma sostenible los ecosistemas terrestres y detener la pérdida de biodiversidad. |
| Paz, justicia e instituciones sólidas | Promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas con instituciones transparentes.             |
| Alianzas para lograr los objetivos    | Fortalecer la colaboración global para el desarrollo sostenible.                                |

*Fuente:* Elaboración propia con base en la Organización Mundial del Comercio (OMC, 2024)

Cada año, el Secretario General de la ONU presenta un informe anual sobre el progreso de los ODS, que se desarrolla en cooperación con el Sistema de la ONU. A continuación, se presentan de manera general los siguientes ocho informes:

- 2016: Inicio oficial de la Agenda 2030, basada en 17 ODS (Jersain, 2024). Busca erradicar la pobreza extrema e integrar las dimensiones económica, social y ambiental en un desarrollo sostenible global (Ki-Moon, 2016).
- 2017: Compromiso mundial para reducir pobreza, proteger el medio ambiente y promover sociedades pacíficas e inclusivas. Se enfatiza el respeto a los derechos humanos, la paz y la reducción de desigualdades (Guterres, 2017).
- 2018: Avances en acceso a electricidad en países menos desarrollados, aumento de productividad laboral y reducción del desempleo. Más de 100 países adoptan políticas de consumo y producción sostenibles (Guterres, 2018).

- 2019: Disminución significativa de pobreza extrema y mortalidad infantil; acceso global a electricidad. Se recomienda fortalecer financiamiento, resiliencia, economías inclusivas, instituciones eficaces y aprovechar ciencia y tecnología (Guterres, 2019).
- 2020: Antes de la pandemia, el progreso era desigual y lento. Se subraya la necesidad de reforzar sistemas de salud y garantizar acceso universal a tratamientos y vacunas (Guterres, 2020).
- 2021: Impactos severos por la pandemia. Se requiere compromiso renovado para reducir emisiones, preservar recursos, generar empleos de calidad, promover igualdad de género y combatir pobreza (Guterres, 2021).
- 2022: Retrocesos en lucha contra pobreza, hambre, salud, educación y servicios básicos. Urge retomar el rumbo hacia los ODS con medidas inmediatas (Guterres, 2022).
- 2023: Evaluación actualizada muestra brechas importantes, pero destaca el potencial de alcanzar metas mediante voluntad política, tecnología y cooperación internacional (Guterres, 2023).

## **2.2. Marco legal**

### *2.2.1. Marco internacional*

Los informes anuales emitidos por el Secretario General de la ONU constituyen una herramienta clave para analizar el avance y los desafíos vinculados a la Agenda 2030. Cada documento recoge logros relevantes en ámbitos como la reducción de la pobreza, el acceso a servicios esenciales y la sostenibilidad, al tiempo que señala obstáculos relacionados con la desigualdad, el financiamiento y la capacidad de respuesta ante crisis globales. La tabla siguiente presenta, de forma comparativa, los principales avances y retos identificados entre 2016 y 2023 (ONU, 2016, 2023).

**Tabla 2.***Informes sobre los ODS (2016-2023).*

| <b>Año</b> | <b>Avances principales</b>  | <b>Retos destacados</b>   |
|------------|---|---|
| 2016       | Inicio oficial de la Agenda 2030 y los 17 ODS; enfoque integral en dimensiones económica, social y ambiental.                             | Implementar acciones coordinadas a nivel global.                    |
| 2017       | Compromiso mundial para reducir pobreza y desigualdades; promoción de paz y derechos humanos.   | Garantizar inclusión y no dejar a nadie atrás.                      |
| 2018       | Acceso a electricidad duplicado en países menos desarrollados; aumento productividad laboral; políticas sostenibles en más de 100 países. | Mantener ritmo de avances y ampliar cobertura.                      |
| 2019       | Reducción de pobreza extrema y mortalidad infantil; acceso global a electricidad; campañas de vacunación efectivas.                       | Financiamiento adecuado, resiliencia, innovación tecnológica.       |
| 2020       | Datos actualizados sobre progreso; alerta sobre desigualdad antes de la pandemia.   | Reforzar sistemas de salud y garantizar acceso universal a vacunas. |
| 2021       | Llamado a recuperación económica sostenible; énfasis en igualdad de género y empleos de calidad.  | Reducir emisiones y enfrentar aumento de pobreza post-pandemia.     |
| 2022       | Identificación de retrocesos en pobreza, hambre, salud y educación.   | Acciones urgentes para retomar el rumbo hacia los ODS.              |
| 2023       | Evaluación clara con datos recientes; potencial para alcanzar metas mediante cooperación y tecnología.                                    | Brechas críticas y necesidad de voluntad política decidida          |

*Fuente:* Elaboración propia con base en Naciones Unidas (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

### 2.2.2. Marco nacional

En México, la Constitución Política es una de las normas clave para el desarrollo sostenible. Su artículo 4.º reconoce el derecho de todos a un ambiente sano, algo fundamental para nuestro bienestar. Además, ese mismo artículo deja claro que es responsabilidad del Estado no solo proteger ese derecho, sino también prevenir, controlar y sancionar cualquier tipo de contaminación (Estados Unidos Mexicanos, 2024).

Por otro lado, el Artículo 27 establece las reglas sobre la propiedad y el manejo de los recursos naturales, dejando claro que el Estado debe asegurar su uso responsable y sostenible. Este mismo artículo también le da a la Nación el derecho de poner condiciones al uso de la propiedad privada cuando sea por el bien común, especialmente para conservar el medio ambiente y lograr un desarrollo equilibrado en todo el país (Estados Unidos Mexicanos, 2024).

En cuanto a las instituciones encargadas de aplicar estas disposiciones, destaca la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que tiene entre sus funciones evaluar y autorizar las manifestaciones de impacto ambiental que presentan los responsables de nuevos proyectos.

En México, además del Plan Nacional de Desarrollo, que incorpora metas orientadas a la sostenibilidad en distintos sectores, se ha establecido un marco legal robusto para integrar los principios del desarrollo sostenible en las políticas públicas.

Entre las leyes más destacadas se encuentran:

- *Ley General de Cambio Climático (2012)*: Esta ley establece las bases para la política nacional en materia de cambio climático. Su objetivo es regular y promover acciones que permitan mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a sus impactos. También busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con metas como una reducción del 30 % para 2020 y del 50 % para 2050, tomando como referencia los niveles del año 2000 (Estados Unidos Mexicanos, 2024).
- *La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988)*: Esta normativa establece las reglas para controlar las actividades que puedan afectar el equilibrio ecológico. Impulsa medidas preventivas y correctivas con el fin de salvaguardar el medio ambiente, preservar los recursos naturales y promover un desarrollo sostenible.
- *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*: Regula el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales en México. Su enfoque está en la conservación y uso responsable de los bosques, al tiempo que impulsa la participación activa de las comunidades en su gestión y protección.
- *Ley de Aguas Nacionales*: Define los lineamientos para el uso, conservación y aprovechamiento de las aguas nacionales. Promueve una

gestión integral del agua, garantizando su acceso equitativo y sostenible, y contempla medidas para proteger cuencas y acuíferos, así como para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua.

### *Importancia de la economía circular y el desarrollo sostenible*

La economía circular (EC) es una alternativa al modelo tradicional de “usar y tirar”. Su meta es usar los recursos de forma más eficiente y por más tiempo, lo que reduce la extracción de materias primas y la producción de residuos. Para que la economía circular funcione en México, tiene que adaptarse a nuestra cultura y a cómo vivimos. Es crucial que se definan bien sus procesos y se creen maneras de medir si está funcionando.

En nuestro país, el enfoque de la economía circular se ha centrado en rediseñar productos y servicios para que duren más y puedan volver a usarse, manteniendo su valor. Esto significa generar la menor cantidad de basura posible y cambiar la forma en que consumimos y producimos. La meta principal es mantener el valor de los materiales el mayor tiempo posible para que no terminen contaminando. Para lograrlo, es indispensable tener una gestión de residuos bien organizada que priorice la prevención, la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía antes de tirar algo definitivamente (CEPAL, 2021).

Se establecen tres principios clave (Martínez, Octaviano y Nieto, 2021):

- Diseñar sin generar residuos ni contaminación.
- Mantener los productos y materiales en uso para prolongar su vida útil.
- Restaurar y mejorar los sistemas naturales.

### *Objetivos de las políticas gubernamentales*

En noviembre de 2021, México aprobó la Ley General de Economía Circular (LGEC). El propósito principal de esta ley es promover un uso más inteligente de productos y servicios basándose en los principios de la economía circular. Con esta nueva legislación, se busca que los materiales y productos conserven su valor dentro del ciclo económico durante el mayor tiempo posible. De esta forma, se reducen los residuos y es más fácil que todo se vuelva a usar en la producción (Estados Unidos Mexicanos, 2024).

### *Herramientas de las políticas gubernamentales*

Para impulsar la sostenibilidad, los gobiernos utilizan una variedad de herramientas. Por un lado, aplican normativas y regulaciones, como fijar estándares de eficiencia energética, crear sellos ambientales y prohibir materiales o prácticas que dañan el medio ambiente. También ofrecen incentivos económicos, como subsidios, beneficios fiscales y créditos especiales para las empresas que adoptan prácticas sostenibles o invierten en tecnologías limpias. Además, la educación y la sensibilización de la gente son clave. Esto se logra con campañas que informan sobre la importancia de la economía circular y el desarrollo sostenible, y con programas de capacitación para los profesionales de la industria.

### *Colaboración entre todos y participación ciudadana*

Es vital que todos los actores de la sociedad (empresas, organizaciones civiles, universidades y ciudadanos) participen en la creación y ejecución de estas políticas para que sean realmente efectivas y aceptadas.

La cooperación entre el sector público y el privado es clave para fomentar la innovación, compartir experiencias exitosas y superar los obstáculos que impiden adoptar modelos sostenibles.

### *Evaluación y seguimiento*

Es indispensable tener sistemas para monitorear y evaluar el avance hacia los objetivos de la economía circular y el desarrollo sostenible. Estos sistemas nos dan la información necesaria para ver qué funciona, qué necesita mejorar y qué ajustes hay que hacer.

También es bueno revisar las políticas públicas cada cierto tiempo para adaptarlas a los resultados obtenidos y a los nuevos desafíos; así nos aseguramos de que sigan siendo efectivas. Las políticas de gobierno para una economía circular deben ser flexibles, inclusivas y participativas, buscando un desarrollo sostenible que beneficie a la sociedad y al planeta. Finalmente, es crucial basar las decisiones en estudios y literatura especializada que analicen el vínculo entre la economía circular,

las políticas de gobierno y el sector industrial. Esto nos permite tomar decisiones informadas y realmente efectivas.

Economía circular de acuerdo con MacArthur (2021): Este modelo es una alternativa al sistema lineal que promueve el consumo excesivo de recursos y contamina, agotando nuestro capital natural. En contraste, la economía circular, gracias a su enfoque integral, ofrece grandes beneficios en lo económico, ambiental y social. Nos da la oportunidad de lograr un crecimiento más sostenible y de enfrentar desafíos globales como la crisis climática.

Este modelo económico se basa en tres principios clave, que deben aplicarse desde el diseño y la innovación:

- Eliminar residuos y contaminación.
- Usar productos y materiales el mayor tiempo posible.
- Regenerar los sistemas naturales.

Además, la economía circular impulsa el uso de energías renovables, materiales sostenibles y tecnologías digitales. Esto nos ayuda a construir un sistema económico más sólido, descentralizado, diverso e inclusivo. Este enfoque también es clave para cumplir el ODS 12, que busca un consumo y una producción responsables. Y no solo eso, sino que también aporta mucho a otros once ODS, incluido el ODS 9, que promueve la infraestructura resistente, la industria sostenible y la innovación.

### *Marco Institucional y Legal*

#### *Evaluación de las políticas gubernamentales actuales relacionadas con economía circular y su influencia en la industria de transformación*

Parada (2002) define las políticas públicas como decisiones estratégicas del Estado para resolver problemas colectivos. Hay que recordar la importancia entre política y política pública. Tanto la política como las políticas públicas están relacionadas con el ejercicio del poder en la sociedad. Sin embargo, la política abarca un concepto más amplio, vinculado al poder en general, mientras que las políticas públicas se refieren

a propuestas concretas para gestionar los asuntos colectivos. En inglés, esta diferencia se expresa claramente con los términos *politics* (política en general) y *policies* (políticas públicas).

Las políticas públicas representan un punto de encuentro entre la política y las decisiones, tanto del gobierno como de la oposición. En este sentido, la política puede entenderse como el proceso de promover o influir en determinadas políticas públicas. Por su parte, una de las funciones esenciales del gobierno es precisamente diseñar, implementar y evaluar dichas políticas (Parada, 2002).

Una política pública de alta calidad se entiende como el conjunto de acciones e intercambios de información orientados a alcanzar un propósito político determinado de manera democrática. Este tipo de política es impulsada por instancias del sector público y, en muchos casos, incorpora la participación tanto de la ciudadanía como del sector privado. Además, una política pública bien formulada debe contemplar directrices claras, herramientas o mecanismos de implementación, ajustes o definiciones institucionales, así como una estimación de sus posibles resultados (Parada, 2002).

Las cuatro etapas analíticas de una política pública son: origen, diseño, gestión y evaluación de las políticas públicas. En el aspecto del origen, las políticas surgen de acuerdo a las necesidades de la sociedad; mientras el diseño de una política pública puede presentar fallas si no considera adecuadamente los aspectos institucionales o si omite incorporar mecanismos de evaluación (Parada, 2002). La implementación de las políticas, por lo general, es imperfecta. Si no se mejora de forma integral el contenido sustantivo de la política, es probable que se incremente el gasto sin que ello se refleje en mejores resultados, o que los beneficios obtenidos sean desproporcionados respecto al esfuerzo realizado. Además, la gestión puede alejarse de las directrices originales, ya sea con la intención de enriquecerlas o adaptarlas. Muchos de los conflictos con el personal del servicio público derivan de políticas mal diseñadas en su dimensión operativa, o bien de ajustes parciales que no sustituyen una reforma completa. Mientras no se aborden los cambios de fondo de manera integral, los funcionarios tenderán a interpretar las modificaciones como perjudiciales para ellos. En cuanto a la evaluación, los problemas

pueden ser aún más graves. Esta puede estar ausente, lo cual implica una pérdida significativa en términos de eficiencia y eficacia. También puede realizarse de manera parcial o improvisada, con el fin de justificar decisiones previamente tomadas. Incluso, en ocasiones se evalúan políticas secundarias, dejando sin análisis aquellas que son más relevantes y complejas (Parada, 2002).

### *Identificación de actores clave e instituciones involucradas*

La economía circular representa una ruptura con los modelos tradicionales de producción y consumo propios de la economía lineal, caracterizados por el ciclo fabricar-usar-desechar, profundamente arraigado en la cultura económica occidental. Este cambio de enfoque hacia un sistema más sostenible y circular constituye tanto su mayor fortaleza como su principal desafío. Implementar una transformación de tal magnitud requiere un respaldo amplio y comprometido, capaz de permear todos los niveles de los sistemas sociales y económicos. Para lograrlo, es indispensable que cada uno de los actores involucrados asuma su responsabilidad y contribuya activamente al proceso.

Entre estos actores se encuentran las autoridades, las empresas, los consumidores y los facilitadores. Según el sitio *Ecoembes The Circular Campus* (2025), los principales actores son:

*Autoridades:* Gobiernos federales, estatales y municipales que diseñan políticas públicas. En el enfoque de la economía circular —con el objetivo de llegar a distintos niveles y sectores—, se deben implementar autoridades y entidades públicas. Son ellas quienes poseen los recursos necesarios para iniciar los procesos de transformación, el poder normativo para establecer regulaciones y la influencia comunicativa para difundir el mensaje de manera amplia y efectiva entre la población (Campus, 2025).

Las autoridades pueden desempeñar un rol activo y decisivo en el fortalecimiento de una cultura basada en la economía circular a través de diversas acciones. Entre ellas se encuentran el respaldo financiero a proyectos tanto públicos como privados relacionados con esta temática, así como la implementación de campañas educativas dirigidas a sensibilizar a la ciudadanía (Campus, 2025).

*Empresas:* Industrias que adoptan modelos circulares en sus procesos productivos. El sector empresarial representa otro componente clave en el avance de la economía circular, ya que es el responsable directo de los sistemas productivos que este modelo busca transformar. Por ello, su compromiso activo y consciente resulta indispensable para lograr un cambio real en la forma de producir y consumir. Muchas compañías han reconocido no solo la urgencia ambiental de adoptar este enfoque, sino también los beneficios que conlleva, como la optimización de recursos, la reducción de costos energéticos y operativos, y la mejora de su reputación corporativa. Además, las empresas tienen múltiples vías para impulsar este modelo, siendo el trabajo colaborativo una de las más efectivas. Plataformas como Forética o Econ facilitan el intercambio de experiencias exitosas y la promoción de proyectos innovadores, acelerando así la transición hacia prácticas más sostenibles (Campus, 2025).

*Consumidores:* Ciudadanos que practican el reciclaje, la reutilización y el consumo responsable. Aunque suele ubicarse en la base de la pirámide, el ciudadano común desempeña un papel central en la economía circular. Son los consumidores quienes, a través de sus decisiones cotidianas (como elegir qué productos comprar, optar por reparar en lugar de reemplazar o gestionar adecuadamente sus residuos), tienen el poder de transformar este modelo en una práctica real y constante. Su comportamiento es clave para que los principios de la economía circular se traduzcan en acciones concretas y sostenibles (Campus, 2025).

*Facilitadores:* Organizaciones como Ecoembes, SIGRE, Ecovidrio, que coordinan la gestión de residuos y promueven la circularidad. El sistema de recolección diferenciada de envases y sus residuos representa un ejemplo destacado de cómo la colaboración entre el sector público y privado puede ser altamente efectiva para extender los principios de la economía circular a todos los niveles de la sociedad. Sin embargo, para que esta red —que conecta a gobiernos locales, empresas y ciudadanos en un mismo ciclo— funcione de manera eficiente, es indispensable la intervención de un actor adicional que asuma el rol de dinamizador, coordinador e inspirador del proceso, asegurando que se lleve a cabo dentro de los marcos de acción propios de la economía circular (Campus, 2025).

### 3. Marco metodológico

#### *El modelo de regresión lineal*

Se desarrolla un modelo de regresión lineal, que es un método estadístico que analiza la relación existente entre una variable dependiente y varias variables independientes. Su finalidad es determinar de qué manera las variaciones en estas últimas influyen en el comportamiento de la variable principal. Esta herramienta resulta especialmente valiosa para estudiar el efecto de factores como la inversión en infraestructura, la gestión ambiental o la actividad manufacturera sobre distintos indicadores de carácter económico o ambiental.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

#### *Modelo de regresión lineal múltiple*

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \varepsilon \quad (2)$$

Variable dependiente:

*Y = Sostenibilidad Ambiental en la Transformación Industrial*

Variables independientes:

Políticas públicas:

*X<sub>1</sub> = Investigación y desarrollo para la protección del medio ambiente*

*X<sub>2</sub> = Origen y destino de la inversión en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Origen de los recursos Federales.*

Organismos operadores:

*X<sub>3</sub> = Origen y destino de la inversión en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Origen de los recursos Federales.*

Factores económicos:

$X_4 =$  *Actividad manufacturera (número de empresas Manufactureras)*

$X_5 =$  *Acumulación neta de activos económicos no producidos (hidrocarburos, transferencias de suelo a usos económicos y agua subterránea)*

Factores tecnológicos:

$X_6 =$  *Origen y destino de la inversión en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Origen de los recursos totales.*

$X_7 =$  *Inversión en maquinaria y equipo*

Factores ambientales:

$X_8 =$  *Gestión de Residuos*

## 4. Datos

### 4.1 Descripción de las variables:

#### *Definición de la variable dependiente*

Una métrica que evalúa el grado de sostenibilidad ambiental en el ámbito de la transformación industrial, como la eficiencia en el uso de energía, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero o la adopción de tecnologías ecoamigables.

#### *Definición de las variables independientes*

#### *Políticas públicas*

*Investigación y desarrollo para la protección del medio ambiente.* De acuerdo a la UNESCO (1992), lo define como el conjunto de acciones de carácter científico, tecnológico y de innovación destinadas a comprender, prevenir, reducir o revertir los efectos adversos que las actividades huma-

nas generan en el medio ambiente. Estas acciones abarcan investigaciones interdisciplinarias, creación de tecnologías limpias, seguimiento de la calidad ambiental y elaboración de políticas sustentadas en evidencia científica (España, 2012).

Este tipo de investigación tiene como propósitos (Andalucía, 2025):

- Producir conocimiento sobre los procesos ecológicos y las consecuencias de la intervención humana.
- Diseñar soluciones sostenibles que optimicen el uso de los recursos.
- Respaldar la toma de decisiones fundamentadas de gobiernos, empresas y comunidades.
- Impulsar la colaboración internacional para abordar los desafíos ambientales a nivel global.

*Origen y destino de la inversión en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Origen de los recursos. Organismos operadores.* Esta variable alude a la identificación de los recursos financieros que destinan los organismos operadores (ya sean municipales, estatales, intermunicipales o de carácter privado) para la construcción, operación y conservación de la infraestructura relacionada con el agua. Comprende también el análisis de la estructura organizativa, las fuentes de financiamiento, los costos de operación y el nivel de eficiencia en la provisión de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Estos organismos, encargados de administrar dichos servicios dentro de su ámbito de competencia, desempeñan un papel fundamental para asegurar tanto la cobertura como la calidad del suministro (CONAGUA, 2025).

*Origen y destino de la inversión en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Origen de los recursos federales.* Esta variable considera los recursos económicos asignados por el gobierno federal a proyectos de infraestructura relacionados con el agua. Abarca financiamiento para la elaboración de estudios, la construcción, rehabilitación, mantenimiento y expansión de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Estos fondos federales pueden complementarse con aportaciones estatales, municipales o de otros programas, con el propósito de ampliar la cobertura y optimizar la eficiencia de los servicios, poniendo especial atención en las áreas con mayores niveles de marginación (INEGI, 2025).

### *Factores económicos*

*Actividad manufacturera (número de empresas manufactureras).* De acuerdo con el INEGI (2025), define esta actividad como el conjunto de unidades económicas cuya función principal es transformar, por medios mecánicos, físicos o químicos, materiales o sustancias para producir bienes nuevos. Este proceso incluye el ensamble en serie de piezas y componentes, la rehabilitación de maquinaria y equipo, así como el acabado de productos a través de técnicas como el teñido, el tratamiento térmico o el enchapado. El número de empresas manufactureras corresponde a la cantidad de establecimientos registrados que desarrollan estas labores dentro del sector industrial identificado con los códigos 31-33 del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN).

*Acumulación neta de activos económicos no producidos (hidrocarburos, transferencias de suelo a usos económicos y agua subterránea).* La acumulación neta de activos económicos no producidos hace referencia a la variación neta en el valor de aquellos recursos naturales que no provienen de procesos productivos, como los minerales y combustibles fósiles del subsuelo, los terrenos incorporados a actividades económicas o el agua subterránea. Este indicador, incluido en las cuentas económicas y ambientales, se obtiene al comparar las incorporaciones de estos recursos (por descubrimientos, reclasificaciones o transferencias) con las disminuciones derivadas de su agotamiento, deterioro o venta durante un periodo contable.

Su utilidad radica en que permite medir la sostenibilidad del crecimiento económico, al incorporar el uso y desgaste de recursos naturales que no suelen registrarse en las cuentas económicas convencionales (Mayorga, 2022).

### *Factores tecnológicos*

*Origen y destino de la inversión en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Origen de los recursos totales.* Hace referencia al registro y análisis de los recursos financieros destinados a proyectos de infraestructura hídrica, así como a su distribución entre los diferentes

elementos del sistema: suministro de agua potable, redes de alcantarillado, procesos de saneamiento, mejora de la eficiencia operativa y realización de estudios técnicos. El origen de estos recursos proviene de aportaciones de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), además de otros programas o fondos complementarios. Contar con esta información resulta clave para valorar la eficiencia del gasto público, el nivel de cobertura de los servicios esenciales y el impacto social de las inversiones, tanto en áreas urbanas como rurales. Asimismo, constituye un insumo esencial para la planeación estratégica del sector hídrico y para asegurar un acceso al agua que sea equitativo y sostenible (CONAGUA, 2025).

*Inversión en maquinaria y equipo.* La inversión en maquinaria y equipo corresponde a la adquisición de bienes materiales como máquinas, herramientas, utensilios y equipos destinados a la producción de bienes. Estos recursos pueden operar de manera independiente o integrarse con otros equipos, y resultan esenciales para el desarrollo de los procesos productivos en ámbitos como la industria, el comercio y los servicios (INE, 2025).

### *Factores ambientales*

*Gestión de los Residuos.* Es el conjunto de acciones, planes y procedimientos orientados a disminuir la generación de desechos, reducir el desperdicio y favorecer su reutilización y reciclaje. Este proceso abarca etapas como la recolección, el transporte, el tratamiento, la disposición final y el seguimiento de los residuos, con el propósito de resguardar la salud pública y preservar el medio ambiente. Una administración adecuada de los residuos también impulsa el aprovechamiento responsable de los recursos y aporta al avance hacia un modelo de desarrollo sostenible (Roper, 2020).

### *Modelo de sostenibilidad ambiental*

Variable dependiente:

remediación = Gasto en Protección Ambiental total del sector público, por grupo de actividades > Actividades de remediación de la contaminación.

Variables independientes:

M\_fac = Industrias manufactureras > Total. Las industrias manufactureras comprenden unidades económicas dedicadas principalmente a la

transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias para obtener productos nuevos, así como al ensamble en serie de partes y componentes, reconstrucción de maquinaria y acabado de productos manufacturados (INEGI, 2025).

*A\_neta\_noprod* = Acumulación neta de activos económicos no producidos (hidrocarburos, transferencias de suelo a usos económicos y agua subterránea). Son bienes de origen natural que no provienen de un proceso productivo, pero se utilizan en la producción. Incluyen tierra, bosques, yacimientos minerales, hidrocarburos y agua subterránea. La acumulación neta refleja tanto las adiciones positivas como el agotamiento de estos activos (PAOT, 2025).

*ges\_resid* = Gestión de los residuos. Se refiere al conjunto de actividades relacionadas con la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos generados por actividades domésticas y comerciales (INEGI, 2020).

*Inv\_pro* = Investigación y desarrollo para la protección del medio ambiente. Son actividades orientadas a generar conocimiento y tecnología que contribuyan a la conservación de los recursos naturales, la mitigación de impactos ambientales y el desarrollo sustentable. (INEGI, 2016).

*gte* = Gasto Total Ejercido del Gobierno Federal (GTE). Es el conjunto de erogaciones realizadas por el gobierno federal para cumplir sus funciones, incluyendo gasto corriente (educación, salud y pensiones) y gasto de capital (infraestructura e inversión pública) (SHCP, 2016)

*gto\_amb* = Gasto en protección ambiental del sector público > Total. Son las erogaciones monetarias destinadas a prevenir, controlar o remediar la contaminación y degradación ambiental, así como a promover la conservación del medio ambiente (INEGI, 2014).

*ptragua* = Protección y remediación de suelos, agua subterránea y superficiales. Incluye acciones para recuperar terrenos y cuerpos de agua contaminados mediante procesos de limpieza, restauración y rehabilitación, con el fin de devolverles su funcionalidad ecológica y social (SEMARNAT, 2013).

*des\_inv* = Actividades de investigación y desarrollo para la gestión de recursos. Son esfuerzos científicos y tecnológicos enfocados en mejorar el uso, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, incluyendo agua, suelo, energía y biodiversidad (INEGI, 2016)

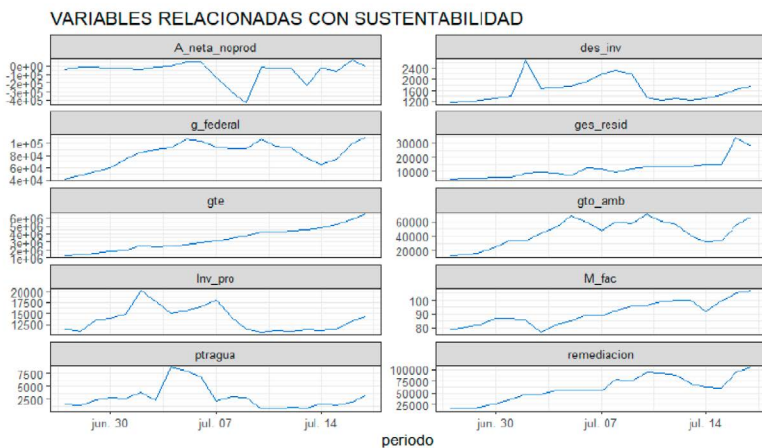
$g\_federal$  = Gasto en Protección Ambiental total del sector público, por nivel de gobierno y hogares > Gobierno federal. Es la suma de los recursos públicos destinados a actividades de protección ambiental, desglosados por nivel de gobierno (federal, estatal, municipal) y por hogares, incluyendo acciones directas e indirectas (CEPAL, 2015)

### Visualización grafico del modelo

$$remediación = M\_fact + A\_neta\_noprod + ges\_resid + Inv\_pro + gte + gto\_amb + ptragua + des\_inv + g\_federal \quad (3)$$

### Gráfica 1.

Variables Relacionadas con Sustentabilidad.



Fuente: Elaboración propia con base en el INEGI (2025) y la SEMARNAT (2025).

### Presentación del primer modelo

`summary(modelo)`

Call

$$lm(formula = lremediacion \sim A\_neta\_noprod + lges\_resid + lInv\_pro + lgte + lgto\_amb + lptragua + ldes\_inv | g\_federal, data = sustentabilidad) \quad (4)$$

**Tabla 3.**  
Residuos.

| Min.      | 1Q        | Median    | 3Q       | Max.     |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| -0.128330 | -0.031233 | -0.001269 | 0.034784 | 0.102217 |

Fuente: Elaboración propia con base en el INEGI (2025) y la SEMARNAT (2025).

**Tabla 4.**  
Coeficientes.

|   | Estimación | Error Estándar | Valor T | Pr(>t)   |
|---|------------|----------------|---------|----------|
| Intercepto                                | -3.260e+00 | 2.595e+00      | -1.256  | 0.232992 |
| Activo Neto no productivo                 | 2.190e-07  | 2.913e-07      | 0.752   | 0.466713 |
| Redistribución del gasto                  | -5.710e-02 | 1.068e-01      | -0.535  | 0.602552 |
| Inversión productiva                      | 1-578e-01  | 2.122e-01      | 0.744   | 0.471461 |
| Gasto Total del gobierno federal          | 6.746e-01  | 1.363e-01      | 4.951   | 0.000336 |
| Gasto en protección ambiental             | 1.006e-00  | 2.902e-01      | 3.465   | 0.004673 |
| Protección y remediación de suelos y agua | -1.146e-01 | 4.272e-02      | -2.684  | 0.019904 |
| Desinversión                              | 2.559e-01  | 2.050e-01      | 1.249   | 0.235609 |
| Gasto federal                             | -7.584e-01 | 5.711e-01      | -1.328  | 0.208906 |

Fuente: Elaboración propia con base en el INEGI (2025) y la SEMARNAT (2025).

Las variables que sí tienen un impacto estadísticamente significativo en el gasto de remediación son: gte (gasto total del Gobierno Federal), gto\_amb (gasto en protección ambiental), ptragua (protección y remediación de suelos y aguas).

Esto sugiere que el gasto general del gobierno y el gasto ambiental específico son los principales impulsores de la remediación. El efecto

negativo de ptragung podría deberse a una reasignación de recursos o a que se considera como una categoría separada de remediación.

El modelo sugiere que el gasto en remediación ambiental está principalmente impulsado por decisiones de asignación de presupuesto a nivel gubernamental. Un aumento en el gasto total del gobierno (lgte) y el gasto general de protección ambiental (lgto\_amb) se traduce directamente en un mayor gasto en remediación. Por el contrario, la inversión en áreas específicas como la protección del suelo y agua (lptragung) parece tener una relación inversa, lo que podría indicar una reasignación de recursos o una disminución de la necesidad de remediación general en esas áreas. Las demás variables, incluyendo la gestión de residuos y la investigación, no tienen un impacto estadísticamente significativo en este modelo.

Ante este primer modelo podemos detectar que no todas nuestras variables son significativas y por ello es necesario descartar aquellas que no lo sean, ya que, de seguir con este modelo, no nos proporcionaría datos cuantitativo-verídicos y estadísticamente respaldados.

### Presentación del último modelo

*≠ Regresion Multiple*

$$\text{modelo} < -\text{lm}(\text{lremediacion} \sim \text{lges\_resid} + \text{lgto\_amb} + \text{lptragung}) \quad (5)$$

*data = sustentabilidad*

*summary(modelo)*

*Call:*

$$\text{lm}(\text{formula} = \text{lremediacion} \sim \text{lges\_resid} + \text{lgto\_amb} + \text{lptragung}$$

$$\text{data} = \text{sustentabilidad} \quad (6)$$

**Tabla 5.**  
*Residuos del segundo modelo.*

| <b>Mín</b> | <b>1Q</b> | <b>Median</b> | <b>3Q</b> | <b>Max</b> |
|------------|-----------|---------------|-----------|------------|
| -0.16868   | -0.10053  | -0.01758      | 0.07263   | 0.20722    |

*Fuente:* Elaboración propia con base en el INEGI (2025) y la SEMARNAT (2025).

**Tabla 6.***Coefficientes del segundo modelo.*

|            | <b>Estimación</b> | <b>Error Estándar</b> | <b>Valor t</b> |          |
|------------|-------------------|-----------------------|----------------|----------|
| Intercepto | -0.50386          | 0.66024               | -0.763         | 0.45584  |
| lges_resid | 0.0.38467         | 0.07470               | 5.149          | 8.02e-05 |
| lgto_amb   | 0.82900           | 0.07742               | 10.708         | 5.63e-09 |
| lptragua   | -0.12763          | 0.04261               | -2.995         | 0.00813  |

*Fuente:* Elaboración propia con base en el INEGI (2025) y la SEMARNAT (2025).

La regresión se llevó a cabo con transformaciones logarítmicas para poder interpretar de mejor forma el modelo y disminuir la volatilidad en los datos.

En consecuencia, se presentan las variables —gestión de los residuos, gasto en protección ambiental del sector público y la protección y remediación de suelos, agua subterránea y superficiales— que explican nuestra variable dependiente (actividades de remediación de la contaminación) en un 96 %. Lo que la convierte en una buena métrica para llevar a cabo acciones que modifiquen las actividades de remediación. También se tiene la validez estadística de las variables, ya que todas presentan un nivel de confianza del 99 %, ya que su p-valor es menor a 0.01 o, en su defecto, el t-valor es mayor a 2.

Interpretación de los parámetros:

- 1) lges\_resid (0.38467): Un incremento del 1 % en el gasto en gestión de residuos se asocia con un aumento de aproximadamente 0,38 % en el gasto en remediación. Esto sugiere que el fortalecimiento de la gestión de residuos está positivamente asociado con el gasto en remediación. Puede deberse a que ambos tipos de gasto responden a una misma política ambiental o están coordinados dentro del mismo programa de intervención.
- 2) lgto\_amb (0.82900): Un aumento del 1 % en el gasto total en protección ambiental se asocia con un aumento de aproximadamente 0,83 % en remediación ambiental, lo cual es muy significativo y sugiere un fuerte vínculo entre estos gastos. Esto es lógico, ya que remediar la contaminación es parte integral de la protección ambiental.

3) *Ip*tragua (-0.12763): Sorprendentemente, un aumento del 1 % en el gasto en protección del agua y suelos se asocia con una reducción del 0,13 % en remediación. Este resultado es contraintuitivo, pero puede tener explicaciones:

- Efecto sustitución: Si se invierte más en prevención y cuidado del agua y suelos, tal vez se necesite menos gasto en remediar el daño.
- Priorización presupuestaria: Si se destinan mayores recursos a un área (como suelos/agua), otros componentes del gasto (como remediación) podrían recibir menos presupuesto relativo.

**Tabla 7.**

*Pruebas estadísticas para validar el modelo.*

| Prueba                                     | Estadístico | Grados de libertad (df) | Valor-p (p-value) | Interpretación  |
|--|-------------|-------------------------|-------------------|---|
| Durbin-Watson                              | DW = 1.7313 | —                       | 0.09182           | No hay evidencia fuerte de autocorrelación en los residuos. |
| Breusch-Pagan (heterocedasticidad)         | BP = 2.7867 | df = 3                  | 0.4257            | No se detecta heterocedasticidad significativa.             |
| Breusch-Godfrey (autocorrelación, orden 1) | LM = 0.3745 | df = 1                  | 0.5406            | No hay autocorrelación de primer orden en los residuos.     |
| Breusch-Godfrey (autocorrelación, orden 3) | LM = 2.7377 | df = 3                  | 0.4339            | No hay autocorrelación de hasta tercer orden.               |
| Jarque-Bera (normalidad de residuos)       | JB = 0.9180 | df = 2                  | 0.6319            | Los residuos siguen una distribución normal                 |

*Fuente:* Elaboración propia.

### *Factor de inflación de la varianza*

Con base en los resultados, podemos encontrar que los datos son menores a 10. Es por ello que estadísticamente no hay multicolinealidad en el modelo.

*Homocedasticidad*

Tras realizar la prueba Breusch-Pagan y obtener un p-valor de 0.4257, el cual es mayor a 0.05, podemos determinar que el modelo es homocédstico, ya que presenta varianza constante y finita.

*Autocorrelación*

Tras pasar las pruebas Durbin-Watson y Breusch-Godfrey, al tener un p-valor de 0.09 y 0.4339 respectivamente, el cual es mayor a 0.05, definimos que no existe autocorrelación hasta n periodos.

*Normalidad*

Tras obtener un p-valor de 0.6319 en la prueba Jarque-Bera, podemos determinar que los residuos presentan normalidad estadística.

*Información final del modelo*

Al superar todas las pruebas diagnósticas, se garantiza que los coeficientes estimados reflejan relaciones reales y estables entre las variables, y no se ven afectados por errores sistemáticos. Por lo tanto, este modelo puede ser utilizado con confianza para:

- Evaluar el impacto de distintas partidas del gasto ambiental sobre la remediación.
- Informar decisiones presupuestarias.
- Formular políticas ambientales basadas en evidencia.

Este modelo busca explicar el gasto en actividades de remediación de la contaminación (la variable dependiente) en función de tres variables independientes:

- lges\_resid: Gestión de los residuos.
- lgto\_amb: Gasto en protección ambiental del sector público.
- lpragua: Protección y remediación de suelos y agua.

La utilización de transformaciones logarítmicas (lges\_resid, lgto\_amb, lpragua) permite una interpretación en términos de elasticidades, lo cual es muy útil para entender el impacto porcentual de cada variable.

*Variables significativas*

Todas las variables en este modelo son estadísticamente significativas, lo que significa que su impacto en el gasto de remediación es confiable. Esto se confirma porque sus valores p (indicados en la última columna de la tabla) son muy bajos, en todos los casos menores a 0.01, y los valores T son mayores a 2.

*lges\_resid (Gestión de Residuos)*

Coeficiente: 0.38467

Interpretación: Un aumento del 1 % en el gasto de gestión de residuos se asocia con un aumento del 0,38 % en el gasto de remediación. Es probable que ambos gastos estén coordinados bajo una política ambiental más amplia, donde una mayor inversión en un área (gestión de residuos) va de la mano con una mayor inversión en otra (remediación) para abordar los problemas de contaminación de manera integral.

*lgtto\_amb (Gasto total en protección ambiental)*

Coeficiente: 0.82900

Interpretación: Un aumento del 1 % en el gasto total de protección ambiental se asocia con un aumento del 0,83 % en el gasto de remediación. Este coeficiente es el más alto del modelo, lo que indica una relación muy fuerte. Remediar la contaminación es una de las principales acciones de protección ambiental, por lo que es lógico que un mayor presupuesto general para el medio ambiente se traduzca en una mayor inversión específica en remediación.

*lptragua (Protección y Remediación de Suelos y Agua)*

Coeficiente: -0.12763

Interpretación: Un aumento del 1 % en el gasto de protección de suelos y agua se asocia con una reducción del 0,13 % en el gasto general de remediación. Como bien señalas, este resultado es contraintuitivo, pero tus explicaciones son las más plausibles. Podría ser un efecto de sustitución, donde el dinero se canaliza directamente a la tragua y no se contabiliza en el gasto general de remediación. O, aún más interesante, podría ser que una mayor inversión en la prevención y cuidado del agua y los suelos reduce la necesidad de un gasto general en remediación a largo plazo.

El modelo indica que el gasto de remediación es altamente sensible al gasto total en protección ambiental y está positivamente relacionado con la gestión de residuos. Por otro lado, la relación negativa con la protección del agua y suelos podría ser un indicio de que los recursos se están reasignando de manera específica o de que la inversión en esta área está reduciendo la necesidad de una remediación más amplia. La capacidad del modelo de explicar el 96 % de la variabilidad en la variable dependiente (remediación) indica que es un modelo muy robusto y útil para la toma de decisiones.

## 5. Conclusiones

Este estudio confirma que las políticas de economía circular realmente funcionan para mejorar el comportamiento ambiental de la industria mexicana. Nuestro análisis, basado en un modelo econométrico, revela que el dinero invertido en protección ambiental y en la gestión de residuos es lo que más influye en el gasto que se hace para limpiar la contaminación. Esto nos dice que estas políticas son herramientas efectivas para impulsar el desarrollo sostenible. El modelo que usamos resultó ser muy confiable, ya que pudo explicar el 96 % de la variación en el gasto de remediación. Este resultado no solo demuestra que las variables que elegimos eran las correctas, sino que también ofrece datos concretos que pueden guiar la toma de decisiones en futuras políticas ambientales. La relación positiva que encontramos entre el gasto en protección ambiental y el gasto en remediación muestra que cuando el gobierno invierte en sostenibilidad, los resultados se pueden ver y medir directamente en el entorno.

Además, encontramos algo muy interesante: el efecto negativo del gasto en protección de suelos y aguas. Esto nos hace pensar que invertir en acciones preventivas puede reducir, a largo plazo, la necesidad de gastar en remediación. Este hallazgo es clave, ya que sugiere un enfoque más inteligente para asignar los recursos: priorizar la prevención para ser más eficientes con el presupuesto y lograr una sostenibilidad más duradera.

La principal contribución de este trabajo es que combina un análisis cuantitativo riguroso con una visión práctica de la economía circular. Así, pudimos evaluar el impacto real de las políticas públicas en la industria, un sector vital para México. También queremos resaltar la importancia de tener sistemas de seguimiento para poder ajustar las políticas a medida que cambian los resultados y aparecen nuevos retos ambientales.

En resumen, este estudio ofrece una base sólida para mejorar el diseño de políticas ambientales. Cuando la economía circular se apoya en los instrumentos correctos (legales, institucionales y financieros), puede ser un verdadero motor de cambio que nos lleve a un modelo de desarrollo más justo, eficiente y resistente.

## 6. Referencias

- Instituto Nacional de Estadística. (9 de agosto de 2025). Inversión en maquinaria y utillaje. Glosario de conceptos. <https://ine.es/DEFIne/es/concepto.htm?c=5768>
- Comisión Nacional del Agua. (2025). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Integración de un organismo operador. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD003150.pdf>
- Alonso, I. R. (2011). Análisis de las fitocenosis en un gradiente altitudinal en el centro-sur del estado de Nuevo León, México [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio Institucional. <http://eprints.uanl.mx/2366/1/1080221604.pdf>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2019). El medio ambiente europeo: Estado y perspectivas 2020. [https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020/chapter-09\\_soer2020-waste-and-resources/view](https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020/chapter-09_soer2020-waste-and-resources/view)
- Junta de Andalucía. (9 de agosto de 2025). Estrategias y políticas de investigación, desarrollo tecnológico, formación y educación en materia de medio ambiente. [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Publicaciones\\_Divulgacion\\_Y\\_Noticias/Documentos\\_Tecnicos/empleo\\_y\\_actividades\\_ID/capitulo\\_3.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/empleo_y_actividades_ID/capitulo_3.pdf)
- Biermann, F. K. (2017). Global governance by goal-setting: the novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental* , 26-31.
- The Circular Campus. (2025, agosto). Economía circular: Pioneros del cambio. <https://www.ecoembesthecircularcampus.com/actores-de-la-economia-circular/>
- Canu, M. E. (2017). Economía Circular y Sostenible. CreateSpace.
- Castro, B. D. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: estudio de caso. *Revista Espacios*, 42(13).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). Oportunidad para una recuperación transformadora con igualdad. Naciones Unidas.
- Cerdá, E., y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía Industrial*, (401), 11–20.

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2025, 12 de agosto). ¿Qué hacemos? <https://www.gob.mx/inecc/que-hacemos>
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común*. Oxford University Press.
- Cámara de Diputados. (2024). *Diario de los debates*. Diario de los Debates, LXV Legislatura.
- Escudero, C. N. (2018). *Estudios Ambientales*. Ciudad de México.
- Ministerio de Ciencia e Innovación. (2012). *Investigación, desarrollo e innovación en medio ambiente*. Gobierno de España.
- Gómez, J. (2020). La importancia del sector de transformación en la sostenibilidad. *Revista de Economía y Medio Ambiente*, 45-60.
- Gómez, J. (2023). Políticas gubernamentales de economía circular y su impacto en la industria de transformación. *Revista de Economía y Medio Ambiente*, 45-60.
- Universidad de Guanajuato. (2020). *Foro acuerdos en gestión ambiental [Memorias de evento]*.
- Guterres, A. (2017). *The Sustainable Development Goals Reports 2017*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2017/>
- Guterres, A. (2018). *The Sustainable Development Goals Reports 2018*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2018/>
- Guterres, A. (2019). *The Sustainable Development Goals Reports 2019*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/>
- Guterres, A. (2020). *The Sustainable Development Goals Reports 2020*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/>
- Guterres, A. (2021). *The Sustainable Development Goals Reports 2021*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/>
- Guterres, A. (2022). *The Sustainable Development Goals Reports 2022*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/>

- Guterres, A. (2023). The Sustainable Development Goals Reports 2023. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). Cuentas económicas y ecológicas de México. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compartidos/pdf/COM\\_MET\\_GPA.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compartidos/pdf/COM_MET_GPA.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico (ESIDET). <https://www.inegi.org.mx/temas/ciencia/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Residuos sólidos. <https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (13 de agosto de 2025). Economía y Sectores Productivos. <https://www.inegi.org.mx/temas/manufacturas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (09 de Agosto de 2025). Gasto público de protección al medio ambiente y gestión de recursos. <https://www.inegi.org.mx/temas/gastopub/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (09 de Agosto de 2025). Industria manufacturera. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/manufacturas/>
- CEPAL, N. (2015). Guía metodológica: medición del gasto en protección ambiental del gobierno general. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37738/1/S1420956\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37738/1/S1420956_es.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (25 de Mayo de 2025). Inicio. <https://www.inegi.org.mx/>
- Jersain Ricardo, A. C. (2024). Contribución de la fruticultura al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Huichapan, Hidalgo [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chapingo]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/d241f41a-5207-4230-94e5-59f56fb2521d>
- Ki-Moon, B. (2016). The Sustainable Development Goals Report 2016. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/>
- López, J. F. (2021). Medidas tributarias contra la obsolescencia programada en el marco de la economía circular: perspectiva comparada y posibles líneas de actuación. *Crónica*, 159-189.

- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy: Opportunities for the consumer goods sector. Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). Objetivos universales de políticas para la economía circular.
- Martínez Arroyo, A. Octaviano Villasana, C. A., Nieto Ruiz, J. (2021). INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Análisis y revisión técnica del marco legal existente para la instrumentación de una política en materia de economía circular en México, 47.
- Mayorga, X. S. (2022). Activos ambientales: Orientaciones desde la biocontabilidad. Cali Colombia.
- Moyano, A. P. (1998). Medio ambiente, desarrollo sostenible y escalas de sustentabilidad. *Revista Internacional de Sociología*, 151-175.
- Muñoz, G. D. (2021). Economía circular: Una revisión de literatura en Latinoamérica [Tesis, Universidad Icesi]. [https://redcol.minciencias.gov.co/Record/ICESI2\\_fe7b15ff3b0e85822b4be247872acbe3](https://redcol.minciencias.gov.co/Record/ICESI2_fe7b15ff3b0e85822b4be247872acbe3)
- Nadal, A. (2021). Aspectos económicos de la protección ambiental. *El Colegio de México*, 409-417.
- Nadal, A. (2021). El desarrollo sustentable y los desechos industriales: Elementos para una política ambiental. *El Colegio de México*, 377-390.
- Municipio de Nopaltepec. (2025). Plan de desarrollo municipal 2025-2027.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1992). Medio ambiente y desarrollo. Francia Paris.
- Organización Mundial del Comercio. (2024). Refuerzo de la Agenda 2030 y erradicación de la pobreza en tiempos de crisis múltiple: Aportación efectiva de soluciones sostenibles, resilientes e innovadoras.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial. (2000). Glosario de términos ambientales. [https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/estadisticas\\_ambientales\\_2000/02\\_Dimension\\_Economica/02\\_01\\_Economia/GlosarioII.1.pdf](https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/02_Dimension_Economica/02_01_Economia/GlosarioII.1.pdf)
- Parada, E. L. (2002). Introducción a las políticas públicas. Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez-Becerra, M. y. (2018). Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/lc/bibliotecaean/titulos/118317>

- Ropero, S. (2 de junio de 2020). Qué es la gestión de residuos: Definición, tipos y técnicas. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-gestion-de-residuos-2787.html>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Remediación y revitalización de sitios contaminados: Casos exitosos en México. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001789.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (13 de agosto de 2025). Compendio de estadística ambiental. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2018/](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (12 de agosto de 2025). SEMARNAT establece ruta de trabajo para atender compromisos internacionales. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/semarnat-establece-ruta-de-trabajo-para-atender-compromisos-internacionales>
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2016). Clasificación económica del gasto público. [https://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2006/temas/expo\\_motivos/em02.pdf](https://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2006/temas/expo_motivos/em02.pdf)
- Tarango, J. R. (2023). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*.
- Unidas, N. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Naciones Unidas. (11 de agosto de 2024). Historia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://sdgs.un.org/es/goals#history>
- Naciones Unidas. (2016). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2016. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/>
- Naciones Unidas. (2017). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2017. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2017/>
- Naciones Unidas. (2018). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2018/>
- Naciones Unidas. (2019). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/>
- Naciones Unidas. (2020). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/>

- Naciones Unidas. (2021). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2021. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/>
- Naciones Unidas. (2022). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/>
- Naciones Unidas. (2023). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>
- Estados Unidos Mexicanos. (2024). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación.
- Estados Unidos Mexicanos. (31 de diciembre de 2024). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación.

