



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y
EMPRESARIALES**

CARRERA DE ECONOMIA

**La Economía Circular en América Latina como
Contribución al Desarrollo Sostenible**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

ECONOMISTA

Autor (a): Mejía Ortega, Jhomayra Thamara.

Director (a): Ochoa Moreno, Wilman Santiago.

LOJA
2022



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2022

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, 11 octubre 2022

Doctor,.

Diego Alejandro Ochoa Jiménez

Director de la carrera de Economía

Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: La Economía Circular en América Latina como Contribución al Desarrollo Sostenible, por Jhomayra Thamara Mejía Ortega ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Doctor Wilman Ochoa Santiago Moreno

C.I.:

Correo electrónico: wsochoa@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Jhomayra Thamara Mejía Ortega, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Titulación denominado: La Economía Circular en América Latina como Contribución al Desarrollo Sostenible, de la carrera de Economía, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico sobre el rol, políticas, modelos y estudios realizados en América Latina, Capítulo 2. Metodología de la investigación, Capítulo 3. Resultados, Discusión de Resultados y Conclusiones, siendo Wilman Santiago Ochoa Moreno, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo. Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: Mejía Ortega Jhomayra Thamara

C.I.: 1900670868

Correo electrónico: jtmejia@utpl.edu.ec

Dedicatoria

El presente trabajo de fin de titulación, se lo dedico en primer lugar a mi Dios, por darme las fuerzas necesarias y no rendirme en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados como es mi título universitario.

A mis padres Mirian y Janez, ya que, gracias a su infinito amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanas y hermano Camila, Salome y Josué por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi abuelita Marlene que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi enamorado Cristian siendo mi motivación en mi vida encaminada al éxito, para alcanzar esta dichosa victoria, ser grata con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis amigos y compañeros, con quienes hemos compartido experiencias y momentos únicos a lo largo de nuestra vida estudiantil, y me han brindado todo su apoyo para lograr este objetivo.

Agradecimiento

Quiero agradecer de manera especial a mis padres Mirian y Janez, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A la titulación de Economía de la Universidad Técnica Particular de Loja por haberme permitido realizar el presente trabajo investigativo, brindando todo el apoyo necesario y lo más importante como son todos y cada uno de los docentes, quienes me han guiado a lo largo de mi vida académica.

A mi abuelita Marlene, por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A mis hermanas Camila y Salome les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

A mi hermano Josué que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi enamorado Cristian, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional.

Al PhD. Wilman Ochoa, director del presente trabajo de investigación, por haberme brindado el apoyo y todas las facilidades para la culminación de mi tesis, por la paciencia que me ha demostrado y por haberme dado la oportunidad de crecer profesionalmente.

A mi familia en general, quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han ayudado a alcanzar mi objetivo, a mis amigos: Jessica, Ilena, Diana, Jairo, Daniela, Rolando y Michael por compartir momentos de alegría, tristeza y por demostrarme que podemos ser grandes amigos.

Jhomayra Thamara Mejía Ortega

Índice de contenidos

Carátula	i
Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular.....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenidos	VII
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capítulo uno.....	5
Marco Teórico	5
1.1 El rol de la economía circular	5
1.2 Modelos, estrategias y políticas utilizadas en Ec	6
1.3 Casos de éxito	8
1.4 Casos de éxito	9
1.5 Variables de la EC	11
1.6 Evidencia de la EC	12
Capítulo dos.....	14
Metodología	14
2.1 Datos	14
2.2 Modelación Econométrica	16
Capítulo tres.....	19
Discusión de Resultados	19
3.1 Resultados	19
3.2 Economía Circular	23
3.3 Test de Hausman	27
3.4 Modelo de mínimos cuadrados generalizados (GLS)	29
3.5 Análisis de Resultados	33
Conclusiones	42
Referencias Bibliograficas	43

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Descripción de las variables</i>	14
Tabla 2 <i>Estadísticos Descriptivos</i>	15
Tabla 3 <i>Resultados del Modelo 1</i>	20
Tabla 4 <i>Relación de las variables independientes con las emisiones de CO2</i>	20
Tabla 5 <i>Resultados del Modelo 2</i>	21
Tabla 6 <i>Relación de las variables independientes con las emisiones de metano</i>	21
Tabla 7 <i>Resultados del Modelo 3</i>	22
Tabla 8 <i>Relación de las variables independientes con la intensidad de CO2</i>	23
Tabla 9 <i>Modelo 1</i>	28
Tabla 10 <i>Modelo 2</i>	28
Tabla 11 <i>Modelo 3</i>	29
Tabla 12 <i>Modelos GLS</i>	31
Tabla 13 <i>Relación de las variables independientes con las variables dependientes en los modelos GLS</i>	33

Índice de figuras

Figura 1 <i>Comportamiento tendencial de las variables principales del modelo, periodo 2000 – 2018</i>	24
Figura 2 <i>Comportamiento tendencial de las variables independientes del modelo, periodo 2000 – 2018</i>	27

Resumen

En la actualidad, el planeta se enfrenta a un escenario en el cual la sobreexplotación de los recursos finitos ha llevado a comprometer seriamente su disponibilidad para el desarrollo de las actividades sujetas a su uso en el largo plazo (Arroyo y Miguel, 2019). El objetivo de la presente investigación fue analizar las actividades relacionadas a la economía circular en América Latina, mediante la utilización de técnicas econométricas de datos en panel. Los resultados demostraron que el mejor modelo que se ajusta es el de efectos fijos y que los principales problemas que afectan el medio ambiente tienen que ver con la creciente demanda de recursos naturales y con la capacidad del planeta para asimilar los desechos que esta genera. Por lo tanto, es primordial forjar relaciones de cooperación productivas y alianzas transformadoras, dentro de la región e incentivar a los Gobiernos a desempeñar un papel fundamental como fuentes de financiación para nuevas iniciativas en materia de infraestructura, educación e I+D, que son importantes para impulsar la transición hacia la economía circular y vincularla con el desarrollo de las tecnologías de la Industria.

Palabras clave: Recursos, economía circular, efectos fijos.

Abstract

Today, the planet is facing a scenario in which the overexploitation of finite resources has seriously compromised their availability for the development of activities subject to their use in the long term (Arroyo y Miguel, 2019). The objective of this research was to analyze the activities related to the circular economy in Latin America, using panel data econometric techniques. The results showed that the best fitting model is the fixed effects model and that the main problems affecting the environment have to do with the growing demand for natural resources and the planet's capacity to assimilate the waste it generates. It is therefore essential to forge productive partnerships and transformational alliances within the region and to encourage governments to play a key role as sources of funding for new initiatives in infrastructure, education and R&D, which are important for driving the transition to the circular economy and linking it to the development of Industry technologies.

Keywords: resources; circular economy; fixed effects.

Introducción

El nivel de sobreexplotación de los recursos naturales, las emisiones de carbono y la generación de residuos que actualmente generamos son demasiado altos para que los ecosistemas tengan la capacidad de amortiguar o compensar los cambios. Basándose, en el informe del Banco Mundial, Adam (2021) nos explica que, si se cumple el pronóstico de que la población mundial alcance los 9.600 millones de personas para 2050, se necesitarían cerca de tres planetas para poder mantener el estilo de vida actual.

Según el informe de Kowszyk & Maher (2018) América Latina y el Caribe, genera aproximadamente el 10% de los residuos generados a nivel global. Si bien los sistemas de recolección y gestión de los residuos han mejorado progresivamente en las últimas décadas, es alarmante que más de 40 millones de personas carezcan todavía de acceso a un servicio básico de recolección, y que alrededor de una tercera parte de los residuos generados, unas 145.000 toneladas al día, acaben en basurales a cielo abierto, ocasionando graves impactos sobre la salud y el medio ambiente. Por otro lado, explican que tan sólo se está recuperando un 10% de los residuos generados, de manera que se desperdicia una gran cantidad de valiosos recursos materiales y energéticos. De acuerdo con Kowszyk & Maher (2018) el presente modelo económico de "extracción, producción, desperdicios" está llegando al límite de su capacidad física. Por ello, manifiesta que la economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad.

Por su parte Cosenza et al. (2020) encontraron que, la adopción de una economía circular conlleva un cambio hacia sistemas regenerativos a partir de su diseño, para mantener el valor de los recursos y de los productos el mayor tiempo posible, lo que limita el uso de materias primas y energía, evitando la creación de residuos e impactos negativos derivados. Exponen, que ya viene siendo hora de establecer un sistema económico de intercambio y producción que, en todas las etapas del ciclo de vida de los productos (bienes y servicios), busque aumentar la eficacia en la utilización de los recursos, y al mismo tiempo disminuya el

impacto en el medio ambiente, y genere bienestar en los individuos, además de que el valor de los productos, materiales y recursos se conserven en la economía el mayor tiempo posible y la generación de desechos se reduzca al mínimo.

Con referencia, a lo antes mencionado, el objetivo de la presente investigación fue analizar las actividades relacionadas a la economía circular en América Latina, durante el periodo 2000-2018. Para su desarrollo, se empleó técnicas econométricas de datos panel. Mediante, el test de Hausman (1978) se determinó, que el estimador estático más adecuado para los modelos planteados, corresponde al de efectos fijos. La motivación de este modelo es: eliminar el sesgo que puede causar una variable que sea constante dentro de un mismo grupo: α_i . El supuesto de este modelo, es que el efecto específico individual está correlacionado con las variables independientes. Finalmente, se estimaron utilizando mínimos cuadrados ordinarios (o, más generalmente, la máxima probabilidad).

La idea principal es redefinir un sistema económico esencialmente regenerativo a base de mantener los productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad y valor, bajo el principio de eliminar el despilfarro y no destruir innecesariamente los recursos para conservar el capital natural de los países latinoamericanos. Este enfoque promueve la innovación y la resiliencia a largo plazo y permite el desarrollo de nuevos modelos de negocio. Puesto que, la mejora de la eficiencia a través de la reducción del uso de recursos y de energías de origen fósil no serán suficientes para enfrentar los desafíos ambientales actuales.

Este trabajo investigativo es acertado porque aborda un tema coyuntural y transversal para todos los habitantes de la Tierra, como lo es el cambio climático y sus consecuencias, y por ello pretende ampliar el conocimiento sobre un nuevo modelo económico de la economía circular, el cual ha sido definido y tratado desde hace pocos años y ha ido adquiriendo cada vez más importancia, no solo en el ámbito académico, sino también en ámbitos políticos, económicos, empresariales, sociales y ambientales.

Capítulo uno

Marco teórico

1.1 El rol de la economía circular

El término "economía circular" se utilizó por primera vez en la literatura occidental en 1980 Pearce y Turner en el año 1990 para describir un sistema cerrado de las interacciones entre economía y medio ambiente. Cuando hablamos de Economía Circular (EC) es utilizar la mayor parte de materia biodegradable en las fabricaciones de bienes de consumo, de esta manera pueden llegar a la naturaleza sin causar un daño al medio ambiente, es decir darle una nueva vida al ciclo de producción (Méndez y Muñoz, 2020).

Desde sus inicios las industrias han mantenido con un modelo de producción y consumo, en el que se extraen recursos para ser utilizados directamente o convertirse en materia prima para luego ser vendidos a corto, mediano o largo plazo, y al llegar el fin de su vida útil son desechados aumentando grandes cantidades de residuos, este proceso se denomina Economía Lineal (Aguilar et al., 2009). Por tanto, el modelo de economía circular surge como una solución a los problemas que se presentan por la globalización, debido a los daños que se generan los diferentes medios de conexión y la contaminación, el sistema circular es un modelo que brinda bienestar económico y social para las generaciones presentes y futuras, gracias a la sostenibilidad ambiental (Méndez y Muñoz, 2020)

Las organizaciones privadas están sentando las bases para formular un concepto de una Economía Circular (Ghisellini et al., 2016) a pesar de las medidas tomadas a favor de ellas empresas, actualmente no hay apoyo al concepto de economía circular, ya que muchos defensores tienen diferentes interpretaciones de lo que podría significar este concepto (Blomsma y Brennan, 2017).

De acuerdo a varios autores, muestran las definiciones acerca de una Economía Circular, por ejemplo para Kirchherr et al. (2017) argumentan que, "Una economía circular describe un sistema económico que se basa en modelos de negocios que reemplazan el concepto de 'fin de vida útil' con la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de

materiales en los procesos de producción, distribución y consumo”. Así mismo Geng y Doberstein (2008) mencionan que, “La realización de un circuito cerrado de flujo de materiales en todo el sistema económico, implica un circuito cerrado de materiales, energía y flujos de residuos”.

Las compañías u organizaciones que se dedican al reciclaje son intermediadoras entre la recolección de los residuos en las familias hasta que se hace la entrega de los residuos a los productores fijados que lo requieran, de igual manera el medio ambiente es perjudicado con la economía lineal por la sustracción de los insumos debido a que es considerada la exclusiva fuente para el consumo (Aguilar et al., 2009). Clientes y productores tienen que modificar sus hábitos para aproximarse lo más posible si los naciones industrializados desean conservar sus estándares de vida y si las naciones en vías de desarrollo anhelan conseguir niveles semejantes sin perjudicar gravemente al medioambiente pues un ecosistema industrial ideal puede que jamás llegue a ponerse en práctica (Gudynas, 2009).

Por último, Garabiza et al. (2021) menciona que, algunos de los beneficios ecológicos de utilizar un modelo de Economía Circular son:

- ✓ Capturar grandes volúmenes de recursos no renovables para su reutilización.
- ✓ Elaborar productos biodegradables que al finalizar su ciclo de vida puedan ser reutilizados como fertilizantes, realizados con diversos materiales de plantas.
- ✓ Lograr la prevención de energía mediante los recursos renovables.
- ✓ A través del rediseño lograr ahorrar energía para un sistema más eficiente.

1.2 Modelos, estrategias y políticas utilizadas en Ec

Aguilar et al. (2009) mencionan que, la huella de carbono son los principales métodos de la Economía Circular; siendo un certificado en que miden las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) hechos en la cadena de producción de bienes, a partir de la elaboración de materias primas hasta llegar al proceso de desechos, traspasando por la manufacturación y el transporte. Por ende, las actividades que ocasionan un efecto en la medida de huella de carbono es el CO₂. (Velásquez, 2007) refuta que, “La huella de carbono es una medida de la contribución al cambio climático de una empresa, una actividad, un servicio o un producto,

por medio de la cuantificación de sus correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero”.

En segundo lugar, los parques industriales; política a implementar por parte del Gobierno, la misma busca innovación y transformación de parques, zonas orientadas a la Economía Circular, zonas existentes en los nuevos establecimientos de parques, requiriendo que los mismos atraigan actividades y resguarden las brechas en las cadenas de valor industrial facilitando el intercambio de las instalaciones de reciclaje todo esto se proyecta bajo los principios de la EC (Chacin et al., 2015).

En tercer lugar, las responsabilidades se extienden al productor aplicando una política la cual es implementada por parte del Gobierno, las regulaciones de responsabilidad extendida del productor requieren que los productores se establezcan y paguen por el tratamiento y reciclaje de los desechos que salen de sus productos al final de su vida útil (Comin et al., 2019)

Los retos tanto de estrategia como de negocios son muchos; se deben crear políticas organizacionales que faciliten la protección del modelo circular, por otro lado, conviene considerar como tratar con las partes interesadas que pierden en la EC y a la vez establecer políticas organizacionales que faciliten la adopción del modelo (Esposito et al., 2018). Otro punto a destacar es que, el 20% de la población mundial reside en los países industrializados, consumiendo un 80% de los recursos naturales y promoviendo unas 20 veces más la contaminación per cápita de los países menos industrializado (Velásquez, 2007).

La degradación ambiental que ha sido declarada por los gobiernos, los ha llevado a promover políticas medioambientales basadas en el modelo de desarrollo sostenible, priorizando otras políticas como; la reutilización del reciclaje y de la eficacia de los recursos en su vida útil, así como la mejora de la eficiencia de los procesos para obtener productos que reducen el consumo de materia y energía (Méndez & Muñoz, 2020).

Por tanto, para crear un modelo sostenible, es necesario generar actividades que contribuyan a su implementación, de esta manera, con el apoyo adecuado se puede realizar proyectos innovadores en las empresas, que a su vez aumenta el trabajo, ayuda a la

reutilización de materias y lo más importante la contribución que se dará al medio ambiente (Garabiza et al., 2021). En definitiva, defiende la consideración de lo medioambiental como elemento de competitividad entre las industrias y como economía activa (Méndez y Muñoz, 2020). Un sistema económico basado en modelos de negocio reemplaza el concepto de fin de vida útil por un enfoque como el de la reutilización, reciclaje y la recuperación de materiales, necesarios para lograr el Desarrollo Sostenible, que implica la seguridad y calidad del medio ambiente, en beneficio del presente y el futuro (Suazo, 2017).

Barragan Martinez y Barragan Vargas (2017) confirma, que se debe proveer un sistema regenerativo dentro de la Economía Circular, para proteger el valor de los recursos como es la tierra, energía, agua y los productos limitados, especialmente los insumos de materias primas. Por otro lado, la economía circular representa una oportunidad para fortalecer el bienestar conservando y generando empleo así mismo fortaleciendo el potencial innovador, demostrando el desarrollo y bienestar del creciente consumo de recursos naturales y el desarrollo de efectos negativos sobre el medioambiente.

Finalmente, los beneficios de una Economía Circular generan indirectamente beneficios económicos para las industrias, empresas, población y sobretodo para el medio ambiente, ya que es posible gestionar el uso indiscriminado del recurso, al mismo tiempo que reducen las influencias negativas como las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de energía renovable para la utilidad sostenible, implementando acciones como reciclaje, optimización de recursos hídricos y la reutilización, aunque los efectos positivos de promover un ambiente sano y agradable, son los que aseguran la prosperidad de las regiones por lo que el turismo favorece los ingresos, el desarrollo económico y de progreso (Mata, 2019).

1.3 Casos de éxito

Parra (2020) manifiesta que, una planta arrocera Federal colombiana cuya sede administrativa se encuentra en Itagüí, actualmente es la única empresa arrocera Colombiana Premium, esta organización cuenta con 3 campañas verdes como, reciclaje, energía renovable y compostaje, principalmente la energía renovable es el factor más importante ya que de ahí es donde se desarrolla la economía circular. Se expone que se ha encontrado en

la cascarilla de arroz una alternativa de energía renovable en la que se puede sustituir en gran parte el combustible en sus procesos, como lo es en el momento de la combustión de esta cascarilla y su aprovechamiento en los vapores de producción de energía, la misma reemplazará más del 70% del consumo anual de energía de Molino, produciendo un efecto positivo y evitando emitir más de 420 TON de CO₂ al año, con lo mencionado anteriormente Federal ofrece 3 soluciones: primero el suministros de energía será seguro y permanente, segundo se promoverá el trabajo y el bienestar, donde se disponga de energía limpia para las instalaciones y colaboraciones promoviendo el desarrollo económico y en tercer lugar habrá un impacto directo en la mitigación del impacto ambiental, dejando de depender de una gran cantidad de combustibles fósiles.

1.4 Casos de éxito

Es bien sabido que las economías de Latinoamérica se encuentran en vía de desarrollo y como tal su ejemplo a seguir son los países de la unión europea, Norteamérica y algunos de Asia, aspecto que no difiere en lo referente a la implementación de la economía circular (Amaya, 2019).

Planes y programas de descontaminación:

Chile: Plan de descontaminación de Santiago

El plan formal de descontaminación de la Región Metropolitana de Santiago comenzó a implementarse en 1997, bajo los preceptos de la ley y el reglamento respectivo. El plan de descontaminación comprende la combinación de diversos instrumentos y medidas (Manuel, 2002):

- Control de emisiones difusas.
- Programa de forestación: contempla forestaciones en zonas urbanas y periurbanas, las metas en cada uno de los casos son 3 millones y 700 mil ejemplares respectivamente

México: La descontaminación del aire en el Distrito Federal

Como punto de partida del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire en el Valle de México, se establecieron los valores máximos permitidos para los contaminantes de acuerdo a estándares internacionales, aunque, en su última actualización en 1994, estos valores fueron adaptados a la experiencia mexicana (Rodríguez y Espinoza, 2022).

El transporte urbano: una prioridad para el desarrollo urbano sostenible

Brindar un transporte público eficiente, ecológico y económico, se ha convertido en uno de los mayores desafíos para las metrópolis latinoamericanas así como para las ciudades medianas (Rodríguez y Espinoza, 2022).

Quito: Sistema de transporte masivo

El sistema de Quito pertenece al concepto de metro liviano, que se caracteriza por un recorrido exclusivo, estaciones de prepago y plataformas de ingreso a nivel del piso. El remplazo de los viejos buses de gasolina por los trolebuses eléctricos ha tenido consecuencias positivas desde el punto de vista ambiental. Sin embargo, el alto costo de electricidad está generando problemas económicos al sistema (Méndez y Muñoz, 2020).

Colombia, es el primer país latinoamericano en adoptar una política de economía circular, introduciendo nuevos elementos para fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país, según la lógica de “producir conservando y conservar produciendo”, con documentos oficiales, como Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES 3874), la Política de Crecimiento Verde (CONPES 3934) y la Política de Producción y Consumo Sostenible; en este caso, el horizonte del planeta en el 2030, a partir de la apuesta por el uso eficiente de materiales, agua, energía e innovación Gobierno de la Republica de Colombia.

Todos los países del mundo cuentan con dichos departamentos, secretaria, ministerios o unidades de Medio Ambiente por ende América Latina no es la excepción, aquí se detallan algunas entidades específicas.

En Chile, “diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales

renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa” (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2017).

En Brasil, “desarrollar programas dirigidos a la recuperación, la conservación y la sostenibilidad en diversas áreas ambientales. Entre los destaques, está el Catastro Ambiental Rural (CAR) de inmuebles en todo el territorio nacional, con el objetivo de promover la recuperación de ecosistemas en los moldes de la nueva Ley Forestal” (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

Argentina, seroelectric es la primera automotriz argentina en producir vehículos eléctricos en serie. Tiene un diseño innovador y atractivo, lo que convierte en una alternativa ideal para el transporte urbano entre personas y clientes, ya que es un vehículo muy silencioso y ecológico. El funcionamiento del vehículo puramente eléctrico solo interferirá con el suministro de electricidad, en la medida en que esta electricidad se obtenga de fuentes renovables como es la energía eólica o la fotovoltaica, la dependencia del petróleo disminuirá al mismo tiempo que lo hará la contaminación por las emisiones de los vehículos de combustión (Farias et al., 2021).

1.5 Variables de la EC

El propósito de esta sección es importante para mencionar algunas variables, que son utilizados para analizar el funcionamiento de cada uno de ellos dentro de la EC.

Consumo de Energía Renovable (% del consumo total de energía final): La energía renovable se lo puede definir como la satisfacción de necesidades básicas como es la salud, alimentación, seguridad, vivienda, desarrollo y medio ambiente. Los mayores problemas ambientales los enfrentan especialmente los países desarrollados, cabe señalar que las energías renovables juegan un papel importante, al ayudar a reducir el impacto negativos sobre el medio ambiente y lograr que los países menos desarrollados superen la escasez de energía (Regueiro, 2011).

Emisiones de CO₂ (kt): La contaminación del aire relacionada con la producción y el uso de energía afecta directamente la calidad de aire y el clima global, las principales fuentes de contaminación son la quema de combustible en las viviendas, la eliminación de desechos y

las actividades industriales, es importante reducir las emisiones de CO₂ mediante la reducción de los combustibles fósiles (Arroyo y Miguel, 2019).

Población Total: El rápido aumento de la población mundial es un fenómeno relativamente nuevo, a medida que aumenta la población y aumenta la demanda, la búsqueda de agua, alimentos, recursos industriales y los efectos de estas búsquedas en el medio ambiente pueden estar en riesgo de sostenibilidad (Obaid, 2001).

Emisiones de metano: El metano es un producto final de la fermentación de los alimentos, que en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento y al cambio climático global (Lemus & Bonilla, 2012).

Combustible renovable y residuos (% total de energía): Los combustibles se utilizan para generar energía, sin embargo, las preocupaciones ambientales han aumentado la necesidad de encontrar nuevas fuentes de energía, y el alto nivel de contaminación debido al uso de combustible que ha tenido un impacto importante a la producción de gases de efecto invernadero considerada una de las principales causas de contaminación atmosférica y calentamiento global (Aguilar et al., 2009).

Rentas totales de los recursos naturales (% del Pib): Un importante aspecto de la discusión sobre la renta de recursos naturales es su existencia, en otros términos, si la tasa de retorno de una explotación resulta superior a una estimación generosa del costo de oportunidad del capital en su sector respectivo, puede concluirse con seguridad que ha existido renta (Leiva, 2004)

Intensidad de CO₂ (kg de uso de energía por kg de equivalente de petróleo): El uso de combustibles fósiles como fuente de energía se ha confirmado como uno de los principales impulsores del aumento del almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, condición que ha intensificado el efecto invernadero sobre el calentamiento global en los últimos años (Gutiérrez et al., 2016).

1.6 Evidencia de la EC

Close the Loop, empresa australiana creada en el 2001, esta organización ha brindado soluciones a grandes empresas como, reutilización, reciclaje y sostenibilidad, la misma está

asociada con Xerox, Staples, HP y Konica, estas empresas tienen en común que comercializan productos con la impresión y sus residuos, como cartuchos de tinta, vidrios, etc. Lo que hace es mezclar estos residuos con asfalto y vidrio reciclado, para crear una superficie de carretera de mejor calidad, lo cual se afirma que dura un 65% de asfalto tradicional (Close the Loop, 2022).

Viajar por el mundo minimizando nuestra huella ecológica: El avión es el medio de transporte que emite la mayor parte de los gases de efecto invernadero a la atmósfera, por lo que solo la aviación es responsable, de alrededor del 2,5 % de las emisiones totales. Aunque no es importante, en relación con otros medios de transporte, como el coche, que, por su uso intensivo, tiene emisiones superiores al 50 %, cada vuelo emite simultáneamente grandes cantidades de gases contaminantes que contribuyen al clima. En resumen, si bien la aviación nunca es 100 % sustentable, de alguna manera busca reparar el daño ecológico de sus actividades y evitar que la temperatura promedio de la Tierra supere los 57 °F. Esta idea está relacionada con la teoría natural, que se explicó en su momento, que, en uno de sus principios, defendía la idea de "reinvertir en capital natural", para construir el ecosistemas del planeta (Belda, 2018).

Capítulo dos

Metodología

2.1 Datos

Con el objetivo de analizar el efecto de la economía circular en un grupo seleccionado de países pertenecientes a América Latina, entre los cuales se encuentran: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México, Paraguay y Uruguay; los datos han sido extraídos del World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial (2021), que comprende un periodo de 19 años a partir del 2000 al 2018. El número de países y el periodo de tiempo fueron seleccionados de acuerdo a la disponibilidad de datos de las variables elegidas para la estimación del modelo econométrico; además, con la finalidad de obtener un panel de datos equilibrado.

Para el desarrollo de la presente investigación, se consideró como variables dependientes: las emisiones de CO₂ (kt), las emisiones de metano (kt de equivalente de CO₂) y la intensidad de CO₂ (kg de uso de energía por kg de equivalente de petróleo), las cuales constituyen una fuente importante de contaminación ambiental. En cuanto a las variables independientes se tomó al consumo de energía renovable (% del consumo total de energía final), la población total, al combustible renovable y residuos (% total de energía) y la renta total de los recursos naturales (% del PIB), con el propósito de dar una mayor robustez al modelo planteado. Además, se emplean logaritmos (emisiones de CO₂, emisiones de metano y población total) con la intención de garantizar resultados consistentes y confiables. Seguidamente, en la Tabla 1 se encuentra detallado la definición de cada una de las variables.

Tabla 1

Descripción de las variables.

Tipo de variable	Variación y Notación	Unidad de Medida	Definición
Dependientes	Emisiones de CO ₂ (logCO ₂)	Kilotoneladas	Son las que proceden de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento.

Independientes	Emisiones de metano (logCH4)	kilotoneladas de equivalente de CO2	Son los desechos sólidos, ganado, minería de carbón duro y lignito, arrozales, agricultura y fugas de tuberías de gas natural.
	Intensidad de CO2 (ICO2)	kg de uso de energía por kg de equivalente de petróleo	Son las emisiones de dióxido de carbono a partir del consumo de combustibles sólidos se refieren a las emisiones generadas por el uso del carbón como fuente de energía.
	Consumo de energía renovable (CER)	% del consumo total de energía final	Es la participación de la energía renovable en el consumo total de energía final.
	Población Total (logPOB)	Logaritmo	Se basa en la definición de facto de población, que cuenta a todos los residentes independientemente de su estado legal o ciudadanía.
	Combustible renovable y residuos (COMB)	% total de energía	Constituyen la biomasa sólida, la biomasa líquida, el biogás, los residuos industriales y municipales, medidos como porcentaje del consumo total de energía.
Rentas totales de los recursos naturales (RRN)	% del PIB	Es la suma de la renta del petróleo, la renta del gas natural, la renta del carbón (duro y blando), la renta mineral y la renta forestal.	

Nota. En esta tabla se observa datos adaptados del Banco Mundial (2021)

A continuación, en la Tabla 2 se presenta los estadísticos descriptivos de las variables, en donde, se observa un panel de datos equilibrado debido a que consta de (N) 152 observaciones en general que involucra (n) 8 países de América Latina correspondientes a un lapso de tiempo de (T) 19 años. En cuanto, a las emisiones de CO2 tiene una media de 10,85 y una mayor desviación estándar entre países (1,77) que a nivel general (1,67) y dentro de cada país (0,21); del mismo modo, las emisiones de metano presentan una media de 10,88 y una mayor desviación estándar entre países (1,16) que a nivel general (1,09) y dentro de cada país (0,08); seguidamente, la intensidad de emisiones de CO2 posee una media de 1,94 y obtiene una mayor desviación estándar entre países (0,479) que a nivel general (0,471) y dentro de cada país (0,14).

Tabla 2

Estadísticos Descriptivos.

Variables	Media	Desviación Estándar	Mínimos	Máximos	Observaciones
LogCO2 En general	10.847	1.674	8.166	13.135	N = 152

	Entre		1.769	8.481	13.009	n =	8
	Dentro		0.210	10.297	11.404	T =	19
LogCH4	En general	10.875	1.095	9.461	12.959	N =	152
	Entre		1.163	9.519	12.887	n =	8
	Dentro		0.086	10.619	11.054	T =	19
ICO2	En general	1.938	0.471	0.914	2.683	N =	152
	Entre		0.479	1.010	2.524	n =	8
	Dentro		0.142	1.347	2.393	T =	19
CER	En general	31.873	19.041	7.460	70.414	N =	152
	Entre		19.765	9.497	64.968	n =	8
	Dentro		4.294	21.159	44.287	T =	19
LogPOB	En general	17.018	1.329	15.015	19.160	N =	152
	Entre		1.414	15.0283	19.078	n =	8
	Dentro		0.065	16.861	17.160	T =	19
COMB	En general	17.118	13.588	1.989	56.698	N =	152
	Entre		13.849	2.970	45.935	n =	8
	Dentro		3.962	6.065	30.216	T =	19
RRN	En general	4.560	3.445	0.193	17.239	N =	152
	Entre		2.744	1.231	8.404	n =	8
	Dentro		2.288	-0.652	13.395	T =	19

Nota. Adaptado a los datos del Banco Mundial (2021)

2.2 Modelación Econométrica

En primer lugar, para decidir cuál es el estimador estático más adecuado para el presente modelo, sea este fijo o variable, se empleará el test de Hausman (2005). Luego usando el procedimiento de Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (MCGF) con sus siglas en inglés GLS (MGM, 1986), que es una extensión más eficiente de MCO. Es aplicado cuando las varianzas de las observaciones son desiguales, en el caso de encontrarse heterocedasticidad o autocorrelación en el modelo. En cuanto al estudio de la economía circular para un grupo de países de América Latina, desde el inicio las industrias se han mantenido con un modelo de producción y consumo, en el cual extraen recursos para ser utilizados directamente o convertirse en materia prima para luego ser vendidos a corto, mediano o largo plazo, y al llegar el fin de su vida útil son desechados aumentando grandes cantidades de residuos, este proceso se denomina Economía Lineal (Amaya, 2019). Por tanto, el modelo de economía circular surge como una solución a los problemas que se manifiestan por la globalización, debido al daño que se genera por los diferentes medios de

conexión y la contaminación, el sistema circular es un modelo que brinda bienestar económico y social para las generaciones presentes y futuras, gracias a la sostenibilidad ambiental (Méndez y Muñoz, 2020).

Por consiguiente, se ha procedido a plantear un modelo de datos panel con el fin de verificar la relación entre dichas variables, utilizando una metodología econométrica que parte de los modelos fijos y aleatorios para lo cual se emplea el test de Hausman (1978), se detalla a continuación, las siguientes regresiones lineales base, en función de las variables dependientes e independientes:

$$\log CO2_{it} = f(CER_{it}, \log POB_{it}, COMB_{it}, RRN_{it}) \quad (1)$$

Donde, $\log CO2_{it}$ son las emisiones de CO2 del país i ($i = 1, 2, \dots, I$) en el período t ($t = 2000, 2018, \dots, T$) que está en función de CER_{it} consumo de energía renovable, $\log POB_{it}$ que es la población total, $COMB_{it}$ combustible renovable y residuos y RRN_{it} que es la renta total de los recursos naturales.

$$\log CH4_{it} = f(CER_{it}, \log POB_{it}, COMB_{it}, RRN_{it}) \quad (2)$$

Donde, $\log CH4_{it}$ son las emisiones de metano del país i ($i = 1, 2, \dots, I$) en el período t ($t = 2000, 2018, \dots, T$) que está en función de CER_{it} consumo de energía renovable, $\log POB_{it}$ que es la población total, $COMB_{it}$ combustible renovable y residuos y RRN_{it} que es la renta total de los recursos naturales.

$$\log ICO2_{it} = f(CER_{it}, \log POB_{it}, COMB_{it}, RRN_{it}) \quad (3)$$

Donde, $ICO2_{it}$ es la intensidad de emisiones CO2 del país i ($i = 1, 2, \dots, I$) en el período t ($t=2000, 2018, \dots, T$) que está em función de CER_{it} consumo de energía renovable, $\log POB_{it}$ que es la población total, $COMB_{it}$ combustible renovable y residuos y RRN_{it} que es la renta total de los recursos naturales

El modelo se encuentra con problemas de autocorrelación, principio que puede ser violado por la falta de independencia cuando los errores de diferentes países están correlacionados (correlación contemporánea), o cuando los errores dentro de cada país están temporalmente correlacionados (correlación serial) y en el caso de la heteroscedasticidad

cuando la varianza no es constante y los estimadores pierden robustez (Alvarado et al., 2017). Para evitar estos problemas y que el modelo no pierda consistencia, se utilizará la prueba de Wooldridge (1991) para detectar la autocorrelación y la prueba de Wald modificada para detectar heteroscedasticidad. Por otra parte, siguiendo a Wooldridge (2002), en el modelo GLS se incluirá los efectos fijos del tiempo y los efectos fijos de los países, método por el cuál que se tiende a eliminar la heteroscedasticidad.

Capítulo tres

Discusión de resultados

3.1 Resultados

Es importante mencionar que a través del modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados se corrige los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación, por tanto, se garantiza estimadores consistentes e insesgados.

En la Tabla 3, se evidencia que el mejor modelo que se ajusta es el modelo de efectos fijos. Por consiguiente, se puede observar que en relación con el consumo de energía renovable existe una relación negativa, es decir, que a medida que se incrementa CER en un 1% las emisiones de CO₂ se reducen en -0.018%, este resultado es similar al estudio de Sarkodie et al. (2020) que muestra que a un aumento de la participación de las tecnologías de energía de fuentes renovables reduce las emisiones en un 0,38% y la degradación ambiental en un 0,21%. Por otro lado, la población mantiene una relación positiva y estadística significativa con los niveles de CO₂, esto quiere decir que la población contribuye a un aumento de las emisiones de CO₂ en un 2.56%. Seguidamente, al aumentar COMB en 1% las emisiones de CO₂ incrementan en 0.015% ya que constituyen los residuos industriales y municipales generados por las empresas y población respectivamente. Finalmente, la RRN también contribuye a la generación de contaminación debido a la alta dependencia de las exportaciones de los recursos naturales, aunque no es estadísticamente significativo, América Latina se caracteriza por la exportación de materias primas; en la cual, Sachs y Warner (1995) analizaron las causas de la paradoja de la maldición de los recursos naturales y encontraron que los países ricos en recursos naturales tienden a experimentar un crecimiento económico más lento y una mayor generación de residuos precedentes de los procesos de producción y de los niveles de consumo de la población.

Tabla 3*Resultados del Modelo 1*

	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios
CER	-0.0183*** (-6.79)	-0.0212*** (-6.99)
logPOB	2.569*** (19.50)	1.974*** (16.90)
COMB	0.0149*** (5.33)	0.0143*** (4.45)
RRN	0.00506 (1.48)	0.00444 (1.13)
Constant	-32.56*** (-14.35)	-22.34*** (-11.01)
Observations	152	152
Adjusted R2	0.793	

t statistics in parentheses * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

En cuanto a la Tabla 4, se hace referencia a la relación entre las variables regresoras y las emisiones de CO₂. El signo (-) denota una relación negativa, mientras que, el signo (+) indica una relación positiva.

Tabla 4*Relación de las variables independientes con las emisiones de CO₂.*

	Emisiones de CO₂
Consumo de Energía Renovable (CER)	-
Población Total (logPOB)	+
Combustible renovable y residuos (COMB)	+
Renta de los Recursos Naturales (RRN)	+

A continuación, en la Tabla 5 de la misma forma, el modelo que se ajusta es el de efectos fijos. Consecuente, se puede evidenciar que el consumo de energía renovable no es estadísticamente significativo en las emisiones de metano, aunque en una investigación realizada por Balsalobre et al. (2016) explican que el rol que la energía renovable juega un papel importante porque constituye un input esencial en la evolución de los diferentes sistemas económicos. Por otra parte, al aumentar en 1% la variable logPOB los niveles de emisiones de metano se incrementan en 0.935%; además, presenta una relación positiva y es estadísticamente significativa. Así mismo, la renta de los recursos naturales al

incrementarse en un 1%, las emisiones de metano aumentan en 0.005%; estudio que concuerda, con Adams et al. (2019) donde hallaron que estas economías suelen tener sistemas de gobernanza deficientes, instituciones débiles para administrar de mejor manera sus recursos. Seguidamente, los combustibles renovables y residuos no resulto ser estadísticamente significativo para el modelo.

Tabla 5

Resultados del Modelo 2

	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios
CER	-0.00230 (-1.52)	-0.00237 (-1.54)
logPOB	0.935*** (12.60)	0.875*** (13.41)
COMB	-0.00127 (-0.80)	-0.00134 (-0.82)
RRN	0.00514** (2.66)	0.00486* (2.45)
Constante	-4.968*** (-3.88)	-3.944*** (-3.47)
Observations	152	152
Adjusted R2	0.607	

t statistics in parentheses * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Por su parte, la Tabla 6, indica la relación entre las variables independientes y las emisiones de metano. El signo (-) denota una relación negativa, mientras que, el signo (+) expresa una relación positiva.

Tabla 6

Relación de las variables independientes con las emisiones de metano.

	Emisiones de metano
Consumo de Energía Renovable (CER)	-
Población Total (logPOB)	+
Combustible renovable y residuos (COMB)	-
Renta de los Recursos Naturales (RRN)	+

Por último, en la Tabla 7 ha resultado que el mejor modelo que se ajusta sigue siendo el modelo de efectos fijos. En cuanto, a la variable CER, al incrementarse en 1% la intensidad de emisiones de CO2 se reducen en -0,031%; el resultado nos demuestra que existe una relación negativa y estadísticamente significativa. Por ello, queda demostrado que, la energía

renovable se convierte en uno de los sectores determinantes y, a la vez, dinamizadores en el mundo actual, capaz de llegar a provocar grandes cambios en el ámbito ambiental y cualquier sistema económico. Por otra parte, la población sigue generando grandes aumentos de niveles contaminación en el ambiente, es decir, al incrementar en 1% logPOB, la ICO₂ se incrementa en 0,480%. En relación, a la variable COMB presentó un efecto positivo y estadísticamente significativo de 0,012%; ya que las que emisiones de GEI se encuentran íntimamente relacionadas con la intensidad energética que tiene lugar como consecuencia del desempeño de los diferentes componentes de la actividad económica. Finalmente, la variable RRN no resultado ser significativa para el modelo. Por consiguiente, como lo mencionan varios investigadores, las emisiones encuentran su origen en múltiples factores, tales como la población, el crecimiento económico, la estructura económica o la intensidad energética entre otros; es por ello, que se ha querido analizar en un grupo de países de América Latina, como la transformación del patrón de consumo energético hacia energías renovables ha influido sobre los niveles de emisión de CO₂ y además se ha considerado que si las medidas de I+D+I energéticas están encaminadas a reducir el índice de intensidad energética.

Tabla 7

Resultados del Modelo 3

	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios
CER	-0.0309*** (-13.63)	-0.0320*** (-14.27)
logPOB	0.480*** (4.33)	0.0756 (1.51)
COMB	0.0122*** (5.15)	0.0111*** (4.47)
RRN	0.0000697 (0.02)	-0.000261 (-0.09)
Constant	-5.462** (-2.85)	1.483 (1.70)
Observations	152	152
Adjusted R2	0.680	

t statistics in parentheses * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Posteriormente, la Tabla 8, muestra la relación entre las variables independientes y la intensidad de CO₂. El signo (-) apunta una relación negativa, mientras que, el signo (+) revela una relación positiva.

Tabla 8

Relación de las variables independientes con la intensidad de CO₂.

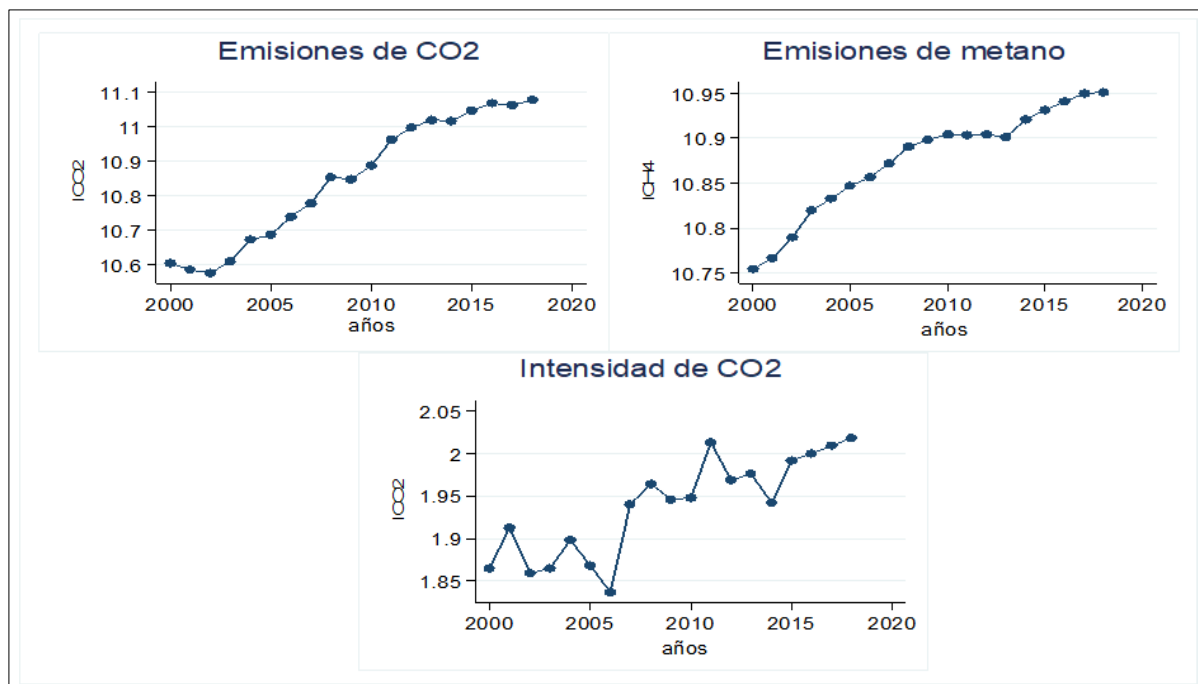
	Emisiones de metano
Consumo de Energía Renovable (CER)	-
Población Total (logPOB)	+
Combustible renovable y residuos (COMB)	+
Renta de los Recursos Naturales (RRN)	+

3.2 Economía Circular

La situación ambiental de América Latina y el Caribe es cada día más inquietante. Esta es una región rica en recursos naturales y en biodiversidad pero que, pese a los esfuerzos de los Gobiernos nacionales, es testigo de cómo su deterioro avanza inexorablemente. Todo esfuerzo en favor de la sostenibilidad ambiental entra en conflicto con un estilo de desarrollo en que sigue primando la explotación de los recursos naturales con escasa agregación de valor (Gligo et al., 2021). Además, dado que AL representa menos del 10% de las emisiones mundiales, sin embargo, es extremadamente vulnerable al impacto del cambio climático. Asimismo, se observa que las emisiones de gases de efecto invernadero de la región tienen una estructura diferente a las mundiales. En la región aún son relevantes las emisiones provenientes del cambio de uso del suelo, que están reduciéndose paulatinamente, y existe una matriz energética más limpia, aunque sus emisiones están aumentando debido a la evolución del ingreso y del consumo de energía de la mano del transporte, en particular el urbano (Bárcena et al., 2018).

Figura 1

Comportamiento tendencial de las variables principales del modelo, periodo 2000 – 2018



Nota. Adaptado del Banco Mundial (2020)

Seguidamente, en la Figura 2 se puede observar la evolución del consumo de energía renovable, por ello es importante mencionar que, la energía es un factor esencial para el desarrollo de todos los sectores económicos y los asentamientos humanos, sin embargo, existe evidencia de que el uso de fuentes energéticas contaminantes es insostenible. A raíz de lo anterior, ha surgido la idea de un gran impulso ambiental mediante la descarbonización de la matriz energética, con el objetivo de disminuir la dependencia de combustibles fósiles y transitar hacia un nuevo horizonte de sostenibilidad socio ambiental. En la región de AL el consumo final de energías renovables cubre el 27,6% del consumo total en 2015. La tendencia en descenso posiblemente tiene como una de sus causas la incorporación de combustibles modernos a la matriz energética, como el gas y los biocombustibles, fuentes cuya participación han aumentado en los subsectores residenciales e industriales. Adicionalmente, cabe señalar que el indicador de participación de energías renovables está altamente compuesto por la preponderancia de proyectos hidroeléctricos. Según los datos recopilados por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), AL cuenta con

una potencia instalada de energías renovables de 218,2 GW en 2017. Las tasas de expansión de la capacidad muestran incrementos significativos a partir de 2014, fecha desde la cual se observan incrementos anuales mayores a 5%. Se espera que esta tendencia siga gracias a las políticas que han incorporado los países de la región como parte de las medidas que buscan aumentar la participación de energías renovables. En este ámbito, se destacan los mecanismos de licitación y subastas de proyectos de energías renovables, los beneficios tributarios a la importación de tecnologías de energías renovables y las depreciaciones aceleradas de activos (Messina y Contreras, 2019).

En cuanto, a la población en AL hasta 2017, la pobreza disminuyó más de 1 punto porcentual, al mismo tiempo que en un país se incrementó. En otros dos países, para los que no se dispone de encuestas de hogares de 2017, los niveles de pobreza se habrían incrementado, dadas las variaciones observadas en el producto por habitante. Además, la desigualdad es una característica histórica y estructural de las sociedades latinoamericanas y caribeñas que se ha mantenido y reproducido incluso en períodos de crecimiento y prosperidad económica. Aunque hubo avances importantes en los últimos 15 años, AL sigue siendo la región más desigual del mundo, por sobre el África Subsahariana (la segunda región más desigual), y presenta un índice de Gini promedio casi un tercio superior al de Europa y Asia Central. Los altos niveles de desigualdad traban el desarrollo y son una barrera a la erradicación de la pobreza, la ampliación de la ciudadanía, el ejercicio de los derechos y la gobernabilidad democrática (CEPAL, 2018).

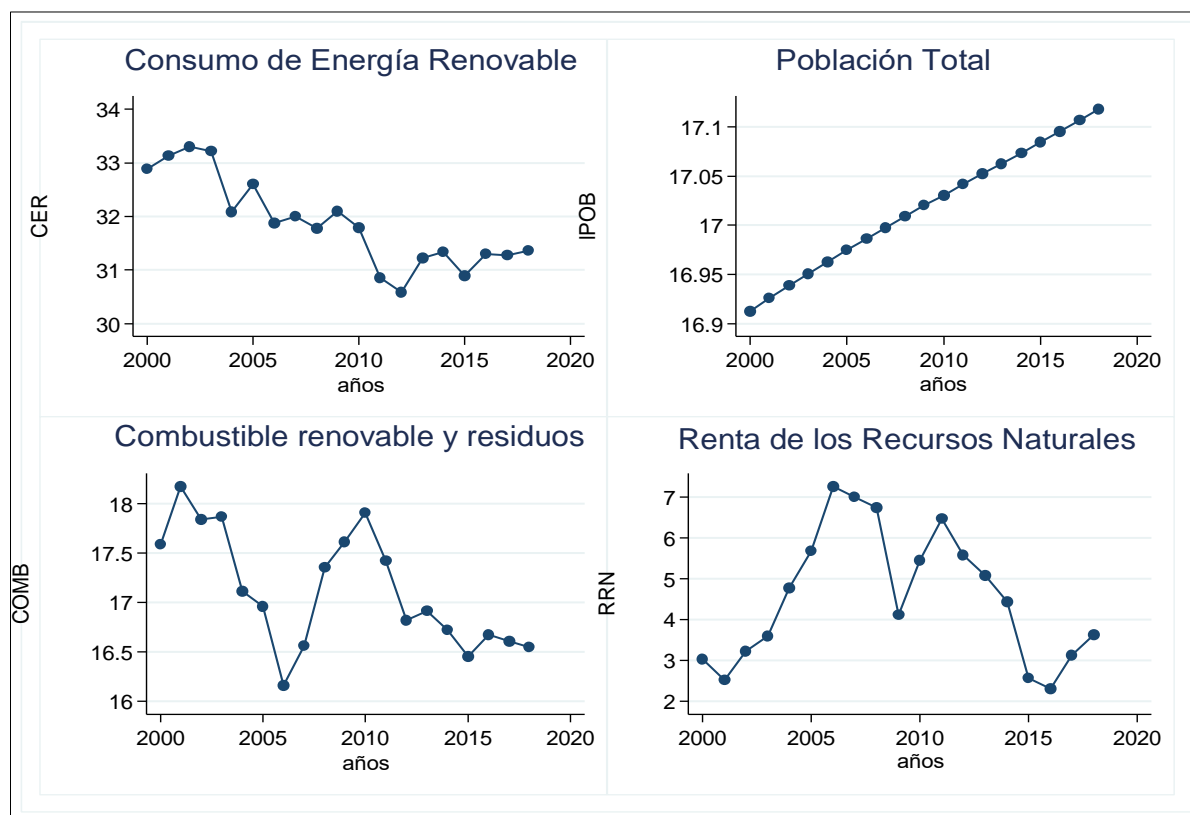
En referencia, a los combustibles renovables y residuos Verdezoto et al. (2021) explica que, si se compara una central eléctrica convencional con una central de cogeneración, se observa que, en la central convencional, en el mejor de los casos, tiene una eficiencia del 60%, es decir, que por cada 100 toneladas de carbón u otro combustible, se desperdician 40 toneladas, Por otro lado, una planta de cogeneración puede tener una eficiencia del 90% o incluso más. Esto supone un enorme ahorro de combustible y de costes de explotación, así como un gran beneficio medioambiental. También, menciona que, entre las biomásas producidas comercialmente, la caña de azúcar destaca, por su capacidad de fotosíntesis. La

caña de azúcar crece en el trópico y en algunas regiones subtropicales, las características fisicoquímicas e investigaciones realizadas se han determinado, que el bagazo de caña es una fuente considerable de biomasa, la cual es aprovechable para la cogeneración de energía. A partir de la biomasa de la caña de azúcar y de otros compuestos orgánicos, esta metodología ayuda a reducir el consumo de combustibles de origen fósil generando procesos más eficientes, produciendo energía a base de productos renovables.

Por otro lado, en relación a la renta de los recursos naturales, desde su inserción en el mercado mundial, la región de AL ha sido, relativamente bien dotada de patrimonio natural y recursos naturales en comparación con otras regiones del mundo, pero ha enfrentado dilemas y desafíos importantes respecto de cómo gestionar y llevar adelante la gobernanza de sus recursos naturales para promover el desarrollo inclusivo y sostenible de sus sociedades, en un contexto económico, social y ambiental cambiante. Además, es particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático, por ser una región rica en recursos naturales. Alberga 25% de los bosques y de la tierra cultivable, así como más del 30% de los recursos hídricos del mundo. Por lo que, aprovechar las oportunidades que le brindan los sectores intensivos en recursos naturales para impulsar aumentos en la productividad, en la inversión y en el empleo que contribuyan a un crecimiento sostenible a largo plazo (Sánchez et al., 2019).

Figura 2

Comportamiento tendencial de las variables independientes del modelo, periodo 2000 – 2018



Nota. Adaptado del Banco Mundial (2020)

3.3 Test de Hausman

Montero (2005), menciona que el test propuesto por Hausman (1978) es un test chi cuadrado que determina si las diferencias son sistemáticas y significativas entre dos estimaciones. Se emplea fundamentalmente para dos cosas: para conocer si un estimador es consistente y si las variables incluidas en el modelo son o no relevantes.ribir implica observar sistemáticamente el objeto de estudio y catalogar la información que se observa para que pueda ser utilizada y replicada por otros. El objetivo

Donde, si p valor < 0.05 se rechaza la hipótesis nula de igualdad al 95% de confianza y se deben asumir las estimaciones de efectos fijos. Por el contrario, si p -valor > 0.05 debe admitir la hipótesis nula de igualdad de estimaciones y entonces el estimador más eficiente, de efectos variables, debe ser seleccionado.

Tabla 9*Modelo 1*

	Coefficients			
	(b)	(B)	(b-B)	Sqrt (diag(V_b-V_B))
	FE1	RE1	Difference	S.E.
CER	-0.018	-0.021	0.002	0.0005
logPOB	2.568	1.974	0.594	0.096
COMB	0.014	0.014	0.0006	0.0001
RRN	0.005	0.004	0.0006	0.0002

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2}(4) &= (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) \\ &= 38.71 \end{aligned}$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.0000$$

En el modelo 1, se puede verificar que $p < 0.05$ (0.000) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, la diferencia entre los coeficientes es significativa, el modelo de efectos fijos es preferido dado que es consistente.

Tabla 10*Modelo 2*

	Coefficients			
	(b)	(B)	(b-B)	Sqrt (diag(V_b-V_B))
	FE2	RE2	Difference	S.E.
CER	-0.002	-0.002	0.00006	0.0002
logPOB	0.935	0.875	0.059	0.039
COMB	-0.001	-0.001	0.00006	0.00006
RRN	0.005	0.004	0.0002	0.0008

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2}(4) &= (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) \\ &= 11.71 \end{aligned}$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.0197$$

Seguidamente, en el modelo 1, se puede observar que $p < 0.05$ (0.0197) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, la diferencia entre los coeficientes es significativa, se elige al modelo de efectos fijos.

Tabla 11

Modelo 3

	Coefficients			
	(b)	(b)	(b-b)	sqrt (diag(v_b-v_b))
	FE3	RE3	Difference	S.E.
CER	-0.031	-0.032	0.001	0.0008
logPOB	0.480	0.076	0.405	0.106
COMB	0.012	0.011	0.001	0.0003
RRN	0.00006	-0.0002	0.0003	0.0004

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 19.97$$

$$\text{Prob}>\chi^2 = 0.0005$$

Finalmente, en el modelo 3, se puede constatar que $p < 0.05$ (0.0005) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, la diferencia entre los coeficientes es significativa, se elige al modelo de efectos fijos.

3.4 Modelo de mínimos cuadrados generalizados (GLS)

Una vez aplicado el test de Wooldridge para detectar problemas de autocorrelación y el test de Wald para encontrar problemas de heteroscedasticidad, se procede a estimar los modelos de mínimos cuadrados generalizados (MCG). En la Tabla 9, se observa los resultados de los modelos GLS para 8 países de América Latina durante el periodo de 2000-2018. Donde, las variables dependientes están representadas por las emisiones de dióxido de carbono, las emisiones de metano y la intensidad de dióxido de carbono; mientras que, entre las variables independientes se encuentran el consumo de energía renovable, la población total, los combustibles renovables y residuos y la renta de los recursos naturales.

Por consiguiente, en el Modelo 1 se puede verificar que la variable CER presenta una relación negativa y estadísticamente significativa, es decir, que a medida que el consumo de energía aumente en 1% las emisiones de CO₂ disminuyen en -0.026%. Según, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), menciona que AL cuentan con una de las redes eléctricas más limpias del

mundo, gracias a su abundante energía hidroeléctrica y una presencia creciente de generación eólica y solar. Además, poseen un 25% de renovables en la composición de su matriz primaria de energía. Un 59% de la generación de electricidad proviene de fuentes renovables y su ambición es alcanzar el 70% antes del 2030 (MAPFRE, 2021). Seguidamente, logPOB tiene una relación positiva, la cual indica que, a medida que la población crece en 1% las emisiones de dióxido de carbono incrementan en 1.13% y es estadísticamente significativo. De acuerdo, a la National Geographic (2020) en una investigación conjunta realizada por Oxfam y el Instituto del Medio

Ambiente de Estocolmo (SEI) encontraron que, el 1% más rico de la población mundial ha sido responsable de más del doble de las emisiones de gases de efecto invernadero que los cerca de 3.100 millones de personas que conforman el 50% más pobre, generando el 15% de las emisiones acumuladas y consumiendo el 9% del presupuesto de carbono, el doble que la mitad más pobre de la población mundial. En cuanto, a los combustibles renovables y residuos no presentó mayor significancia para el modelo, se observa una relación positiva. Esto se puede explicar debido a que, aunque la energía eólica y solar están creciendo rápidamente, sólo representan el 6.5% de la capacidad energética instalada actualmente en América Latina. Por lo tanto, Los combustibles fósiles siguen representando alrededor del 75% del suministro de energía primaria, y el resto de la matriz se compone en gran medida de hidroeléctrica, biomasa y bioenergía (Koop, 2021).

Finalmente, en relación a la renta de los recursos naturales se puede verificar una relación positiva y estadísticamente significativa, que se puede explicar que, a medida que la variable RRN se incrementa en 1%, las emisiones de CO₂ se incrementaran en 0.005%. De acuerdo, a cifras de 2012, América Latina y el Caribe es la segunda zona del mundo con mayor cantidad de reservas petroleras, después de Oriente Medio, y concentra una proporción superior a 20%, dando paso a una explotación masiva de este recurso natural que, por consiguiente, implica una mayor generación de emisiones de gases de efecto invernadero que atenta contra el medio ambiente. Es por ello, que AL es particularmente vulnerable a los

impactos del cambio climático, por ser una región rica en recursos naturales (Altomonte et al., 2013).

Tabla 12

Modelos GLS

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
CER	-0.0259*** (-8.92)	0.00708** (3.02)	-0.0225*** (-7.22)
logPOB	1.128*** (26.14)	0.783*** (31.44)	-0.00932 (-0.45)
COMB	0.00659 (1.57)	0.00343 (1.08)	-0.00346 (-0.80)
RRN	0.00520* (2.15)	-0.00148 (-0.53)	0.00219 (0.56)
Constant	-7.699*** (-9.79)	-2.756*** (-6.14)	2.843*** (7.47)
Observations	152	152	152
Adjusted R2			

t statistics in parentheses * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Seguidamente, en el Modelo 2 se puede verificar que, las variables consumo de energía renovable y población se muestran estadísticamente significativas para el modelo, mientras que, las otras dos variables restantes como son: combustibles renovables y renta de los recursos naturales no dan un mayor ajuste al modelo. En referencia, a la variable CER, presenta una relación positiva, que nos indica que, a medida que el consumo de energía renovable aumente en 1%, las emisiones de metano se incrementan en 0.007%. Esto podría explicarse debido a que, las energías renovables se concentran en mayor proporción en la generación de energía eléctrica, mas no en el sector agrícola que es la mayor fuente de emisiones de metano. De tal forma, que la implementación de energías renovables no genera un cambio significativo en la matriz energética (Catalán, 2020). En cuanto, a la variable logPOB presenta una relación positiva, donde, a medida que la población se incremente en 1%, las emisiones de metano se incrementarían en 0.78%. En un estudio realizado por la ONU (2021) señala que, la mayoría de las emisiones de metano causadas por el hombre provienen

de tres sectores: combustibles fósiles, desechos y agricultura. En el sector de los combustibles fósiles, la extracción, el procesamiento y la distribución de petróleo y gas representan 23% y la minería del carbón 12% de las emisiones. En el sector de los desechos, los vertederos y las aguas residuales representan aproximadamente 20% de las emisiones. En el sector agrícola, las emisiones de ganado provenientes del estiércol y la fermentación entérica representan alrededor de 32% y el cultivo de arroz 8% de las emisiones. Las emisiones de metano del sector agrícola siguen creciendo tanto en España como en Brasil. Los datos demuestran que las emisiones de metano crecieron casi un 10 % desde la década de 2000-2006 hasta el año 2017. En relación, a los combustibles renovables y residuos presenta una relación positiva que puede darse porque la región latinoamericana es cada vez más dependiente de la importación de derivados de petróleo, porque la capacidad de refinación como región se está perdiendo, y eso hace que se tenga que financiar una creciente importación de combustibles fósiles, además, seguirán siendo la principal fuente de suministro para satisfacer el crecimiento de la demanda de energía en el futuro próximo (Albornoz, 2020). En base, a la última variable renta de los recursos naturales presenta una relación negativa esto podría darse debido que, especialmente en el sector agrícola se están aplicando incentivos, estrategias y políticas públicas adecuadas, donde se preserve los recursos naturales de AL, evitando así, una mayor destrucción y contaminación del medio ambiente.

Por último, en cuanto al Modelo 3, que tiene como variable dependiente la intensidad de emisiones de CO₂, se puede observar que la variable CER es negativa y estadísticamente significativa, en el cual, a medida que el consumo de energía renovable se incremente en 1%, la intensidad de CO₂ disminuirá en 0.02%. Este resultado se respalda con un estudio realizado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), donde menciona que, si se duplicase la cuota de energías renovables en el panorama energético mundial hasta alcanzar el 32% en 2030 traería consigo un incremento del 3.7% en el bienestar y el aumento del empleo en el sector hasta más de 24 millones de personas. Es por ello, que el progreso tecnológico de las fuentes renovables de generación eléctrica, en particular la biomasa,

geotérmica, solar fotovoltaica, solar fototérmica y viento, ha sido importante al grado de rebasar las expectativas relacionadas con las mejoras de sus costos de producción. Esto ha significado que algunas de estas tecnologías sean ya competitivas y otras estén en el umbral de serlo. En los últimos años han crecido las expectativas de una difusión mayor de las fuentes renovables de energía debido a su alentador progreso tecnológico, las crecientes restricciones ambientales y la inestabilidad de los precios de petróleo y de gas natural (Guillén y Cruz, 2015). En cuanto, a las tres variables restantes: población, combustibles fósiles y residuos y renta de los recursos naturales presenta coeficientes de -0.009, -0.003 y 0.002 respectivamente, en los cuales se puede observar que no resultaron estadísticamente significativos, por ende, no ofrecen una mayor robustez al modelo. A pesar, de ello se puede resaltar que la región está escribiendo un futuro energético más verde, que contribuye a un desarrollo económico sustentable, mediante la diversificación de fuentes y costos más bajos a través de mecanismos como subastas y la atracción de nuevas inversiones.

Consecutivamente, en la Tabla 10, se presenta una correspondencia entre las variables independientes y las variables dependientes, en los tres modelos GLS. El signo (-) expresa una relación negativa, mientras que, el signo (+) indica una relación positiva.

Tabla 13

Relación de las variables independientes con las variables dependientes en los modelos GLS.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Consumo de Energía Renovable (CER)	-	+	-
Población Total (logPOB)	+	+	-
Combustible renovable y residuos (COMB)	+	+	-
Renta de los Recursos Naturales (RRN)	+	-	+

3.5 Análisis de Resultados

En los últimos cien años el consumo mundial per cápita de materiales se ha duplicado y el de energía primaria se ha triplicado (Lozada, 2018). Además, la población se ha multiplicado casi por cinco entre 1900 y 2019. Estos dos factores han aumentado significativamente tanto la presión sobre los recursos naturales, como la magnitud de los

impactos sobre el medio ambiente. La tendencia a futuro es clara. Las necesidades de recursos naturales se triplicarán en 2050 y la demanda de alimentos aumentará en un 70%. Por ello, se requiere un cambio de paradigma en la forma de producir y consumir: pasar de una economía lineal a una economía circular. Por lo que, Arriola (2019) resalta la importancia de la economía circular y señala que, tiene dos tipos de beneficios: ambientales y económicos. En el cual, los beneficios ambientales directos están asociados a un menor consumo de recursos, a una menor producción de residuos y a una mejor gestión de éstos. Pero que, también existen muchos otros beneficios asociados en diferentes ámbitos como lo es, el cambio climático. Por otro lado, Business & Sustainable Development Commission, señalan la consecución de los ODS podría dar lugar, al menos, a 12 billones de dólares de crecimiento global hasta el 2030, creando 380 millones de puestos de trabajo en el camino. Por su parte, Accenture, ha cuantificado que la transición a la economía circular puede dar lugar a un crecimiento global de 4,5 trillones de dólares hasta el 2030, mejorando la resiliencia de las economías globales.

Asimismo, ante su preocupación por la degradación del medio ambiente, señala que el mundo está cambiando a un ritmo que las generaciones anteriores nunca imaginaron y el avance tecnológico está difuminando las fronteras entre el mundo físico, biológico y digital. Es lo que se conoce como la cuarta revolución industrial. A diferencia de las revoluciones anteriores, esta avanza a una velocidad sin precedentes. El aumento de la demanda de recursos a nivel global en las últimas décadas, debido entre otros motivos al crecimiento de la población mundial y de las economías emergentes, ha provocado una notable aceleración en el consumo de recursos naturales. Por lo que, esta situación ha provocado interrupciones en el suministro y volatilidad de precios de materias primas, materiales y recursos. Además, desde su punto de vista medioambiental, la degradación del ecosistema y el impacto generado por el ser humano en la naturaleza ha aumentado debido al actual modelo económico lineal y al crecimiento de la demanda. Seguidamente, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico MITECO (2022) indica que, la superación del modelo económico lineal y el avance hacia una economía circular se ha convertido en

necesidad incontestable para aliviar la presión sobre recursos naturales finitos, garantizar sostenibilidad del planeta y ganar en eficiencia y competitividad. Y que, la economía circular supone así un nuevo paradigma de producción y consumo en el que se optimizan los recursos y se minimizan los residuos generados.

Por su parte, Arroyo (2018) explica que la economía circular se presenta como una alternativa al actual modelo de producción y consumo, con el potencial de resolver retos medioambientales, al mismo tiempo que abre oportunidades de negocio y crecimiento económico. Que, además se propone como alternativa lógica y viable, que corrige los principales problemas de la linealidad. Es así, que Weigend (2017) expresa la idea de una transición a una economía circular, la cual, no solo equivale a ajustes destinados a reducir los impactos negativos de la economía lineal. Por el contrario, manifiesta que esto representa un cambio sistémico que construye resiliencia a largo plazo, generando oportunidades comerciales y económicas, y proporcionando beneficios ambientales y sociales. En cuanto, a Kowszyk y Maher (2018) que analizaron la creciente concientización respecto al medio ambiente han impulsado la investigación y el estudio de modelos basados en la adaptación y la mitigación del cambio climático para que puedan ser adoptados por empresas privadas. Con el objetivo, de que estos modelos sean implementados en los procesos productivos y en la provisión de servicios de una forma innovadora. En cambio, Bordiu (2021) en su investigación encontró que el sector energético es uno de los sectores claves a la implantación de este nuevo modelo económico. Debido a que, como consecuencia de la legislación ambiental, se encuentra en un momento de transformación de las tecnologías de generación. Con la finalidad, de maximizar el aprovechamiento de los recursos renovables, lo que implica la necesidad de desarrollar nuevas infraestructuras. Expone que, el hecho de que las energéticas funcionen según un modelo económico circular favorece su implantación en tanto en cuanto traccionan a su cadena de valor, consumen menos recursos, generan menos residuos y, adicionalmente, reducen sus impactos ambientales.

A continuación, Ruiz et al. (2019) explican que el nuevo modelo económico que propone la economía circular supone la primera oportunidad de generar un cambio en la

forma de producir y consumir desde la revolución industrial, buscando desvincular el crecimiento económico del consumo de recursos y el impacto ambiental asegurando una sociedad próspera bajo los límites planetarios. Desde su punto de vista empresarial, exponen que las empresas del nuevo modelo circular, necesitan construir un contexto que les permita vincular las oportunidades financieras y sociales con los retos del planeta, creando mercados que hagan rentables las materias primas secundarias (y poco rentable la extracción de materias primas vírgenes) y que potencien un crecimiento de los negocios circulares, reduciendo las ineficiencias del sistema y la cantidad de residuos generados. Entre tanto, Arroyo Y Miguel (2019) expresan que, los avances en estrategias y normativas asociadas a la economía circular muestran el interés y compromiso de los países de la región de América Latina. Señalan que, son destacables las leyes de responsabilidad extendida del productor para envases y embalajes, pilas y baterías y neumáticos, entre otros productos, así como las prohibiciones de comercialización y distribución de plásticos de un solo uso. Que, además existen iniciativas que promueven la reducción de generación de residuos orgánicos y su aprovechamiento energético y análisis del potencial de los beneficios económicos del aprovechamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Mientras tanto, Cerdá y Khalilova (2016) indican que, la economía circular constituye una alternativa al modelo lineal de «extraer, producir, consumir, tirar». La cual, convierte bienes que están al final de su vida útil en recursos para otros bienes, cerrando bucles en ecosistemas industriales y minimizando residuos. Afirman que, es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables, que funciona de manera efectiva a cualquier escala.

Posteriormente, Prieto et al. (2017) concuerdan con los resultados obtenidos en esta investigación, puesto que, concluyen que la economía circular es un paradigma de actuación que ha evolucionado a partir del concepto de sostenibilidad y su aplicación en la economía, la sociedad, y el cuidado necesario del medio ambiente. Por lo que consideran, que se ha convertido en un modelo que busca el desarrollo sostenible, proponiendo diferentes

estrategias en toda la cadena de producción y uso de los productos y servicios. Exponen, el creciente interés de gobiernos, industria y sociedad en la implementación de la economía circular, que los ha llevado a indagar sobre su conexión directa con el fin último: la sostenibilidad. En forma similar, Porcelli y Martínez (2018) explican que, el modelo económico actualmente predominante, ocasionó el agotamiento de los recursos naturales y la degradación y pérdida generalizadas de los ecosistemas, por el cual, ha dado espacio para que surja un modelo económico alternativo denominado la economía verde, y dentro del mismo, la economía circular. Luego, Lett (2014) mostró que, la economía circular se dirige hacia un nuevo modelo, que implica una nueva modalidad de hacer productos desde su mismo origen, desde su diseño, permitiendo hacer negocios atendiendo al crecimiento económico de la sociedad, a la sustentabilidad ambiental y a la disminución de los riesgos por la volatilidad e incertidumbre de precios de las materias primas y recursos energéticos. Por otro lado, Sileryte et al. (2022) señalan que, las estadísticas de residuos juegan un papel importante en el monitoreo de la economía circular, ya que brindan información sobre la parte lineal restante de la economía.

Se ha puesto de manifiesto la importancia de la economía circular en el sistema de gestión de la energía. Se pudo constatar que las tecnologías de energía renovable juegan un papel crucial en la reducción del consumo de energía mediante la explotación de los recursos energéticos naturales. Por otra parte, existen otros factores que influyen en la economía circular, entre los cuales se encuentran la producción y consumo, gestión de residuos, materias primas secundarias y competitividad e innovación. Por su parte, Sileryte et al. (2022) en un estudio para Ámsterdam encontraron que las estadísticas de residuos juegan un papel importante en el monitoreo de la economía circular, ya que brindan información sobre la parte lineal restante de la economía. En cambio, (Batu, 2018) en una investigación para Malasia constataron que la susceptibilidad percibida, la severidad percibida, los beneficios percibidos tienen un impacto positivo significativo en la adopción de la economía circular; mientras que, el género, la edad y el conocimiento sobre las amenazas ambientales como moderadores tienen un efecto positivo significativo en la relación entre las creencias ambientales y la

economía circular. Además, Lehmann et al. (2022) utilizando satos de 28 países europeos entre los años 2011-2017 y mediante modelos de panel dinámico, evaluaron el impacto que la inversión, el capital humano, la innovación y la circularidad tienen en cada dimensión de la economía circular identificada. Sus hallazgos demostraron que la innovación y la inversión reducen la degradación ambiental y que la innovación promueve la eficiencia de los recursos. Entre tanto, Arfaoui et al. (2022) descubrieron que se necesita conocimientos sobre los arreglos de gobernanza para que funcione como motor de la economía circular, es por ello que, propusieron un conjunto de factores de arreglos de gobernanza propicios para la economía circular.

Seguidamente, Castro et al. (2022) indicaron que, la economía circular es un concepto general para cerrar ciclos de materiales hacia un mejor desempeño ambiental. Descubrieron que, a pesar de los beneficios reconocidos de la economía circular, los resultados previstos no siempre se logran debido a la aparición de efectos de rebote, por lo que, la falta de consideración de los posibles efectos de rebote provocados por la economía circular está retrasando el logro de todo el potencial del mismo. En cambio, Kerwin et al. (2022) investigaron la importancia del diseño de productos en la economía circular y de la falta la infraestructura para el reciclaje de residuos sectoriales, llegando a desperdiciarse millones de toneladas de materiales. Donde, muchos materiales vírgenes se encuentran en zonas de conflicto, lo que pone en peligro la cadena de suministro de la que depende en gran medida el sector y, en consecuencia, representa un peligro de grave escasez de materiales en el futuro. Agregando a lo anterior, Arfaoui et al. (2022) hacen referencia a la economía circular como una solución viable para abordar los problemas ambientales, por lo tanto, los académicos y los formuladores de políticas buscan tener una mejor comprensión de los impulsores y las barreras relacionadas con el desarrollo. Destacan, la importancia de la participación de todas las partes interesadas relevantes en el proceso de gobernanza, especialmente los habitantes locales, liderazgo facilitador y experiencia tecnológica suficiente. Por otra parte, Kinnunen et al. (2022) explican que, se necesitan enfoques holísticos de economía circular para gestionar los flujos de residuos, además, investiga cómo

los principios de la economía circular se han aplicado en la industria minera, evaluaron las posibilidades de preservar el valor de los residuos sólidos en la minería y destacaron la transformación conceptual de considerar los desechos como flujos sin valor a identificar su potencial para la creación de valor, sus resultados respaldan la minimización de la huella ambiental y la adopción de los principios de la economía circular en la industria minera. Por último, Mallick (2022) resaltan la necesidad de diseñar un plan de futuro con tecnologías que garanticen la seguridad alimentaria de 10 mil millones de personas en el año 2050, basado en los conceptos de economía circular y sostenibilidad. Los cuales se basen en la reducción de la producción de residuos y la reutilización de los recursos naturales y que con una planificación eficiente de 2022 a 2050 podría lograrse.

El desarrollo sostenible depende, en los próximos años, de la aplicación de las mejores prácticas como es el caso de la Economía Circular, además de la inversión en innovación y tecnología, donde la metodología de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar) llevada a la práctica, podría hacer que mejoren procesos de los sectores productivos. Como lo menciona, Arroyo y Miguel (2019) se deben implementar leyes que regulen los métodos de producción y tratamiento de desperdicios de las industrias, brindar incentivos para aquellas empresas que fomenten la sustentabilidad con la finalidad de alcanzar el desarrollo sostenible. Tomando en cuenta, que en Ecuador existen los medios para distinguirse en la región como un país con un desarrollo industrial basado en la Economía Circular. Además, se deben impulsar los proyectos basados en diseño sin residuos, aumento de resiliencia, utilización de energías limpias, optimizando el uso de recursos, entre otros.

Por otro lado, según la visión de Enel (2020), la economía circular no comienza con la fase de reciclaje de materiales sino con el diseño del activo o del producto. Por esta razón, desde el principio Enel, que se dedica a utilizar nuevas tecnologías para transformar la energía en nuevas oportunidades, se ha centrado en toda la cadena de valor de los productos, rediseñando cada una de las fases a partir del diseño, suministro y producción, asegurando la plena implicación de los proveedores a través de programas estructurados. Es por ello que, expresan que la economía circular juega un papel central en las interacciones con la

población de hoy, ya que son cada vez más conscientes y preocupados por cuestiones como el medio ambiente. Por su parte, Chacin et al. (2015) exponen que la Economía Circular se presenta ahora como una alternativa innovadora al modelo lineal. La idea-fuerza es redefinir un sistema económico esencialmente regenerativo a base de mantener los productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad y valor, bajo el principio de eliminar el despilfarro y no destruir innecesariamente los recursos para conservar el capital natural.

Aquí con la presente investigación se puede recomendar el uso de energías renovables como motor clave, por consiguiente, para que se trascienda a una verdadera economía circular, es necesario que esta esté movida por energías limpias y renovables. Si se consigue que en el corazón de la producción de energía estén las fuentes renovables, se habrá aplicado el principio fundamental de la economía circular y se conseguirá levantar la columna más importante sobre el cual, la economía debe sostenerse. Es por ello que, (Obaid, 2001) aprueban los proyectos de energía verde (incluidos los proyectos eólicos, solares, de biomasa e hidroeléctricos) ya que, son los componentes principales de los proyectos de biocombustibles y la principal necesidad del mundo global que está directamente relacionado con el crecimiento económico y el desarrollo del producto interno bruto (PIB). Por otro lado, Dasanayaka et al. (2022) manifiestan que, está claro que los establecimientos de energía renovable deben promoverse a través de incentivos/políticas que conduzcan a la acumulación de capital a través de un mayor consumo de energía renovable, por lo tanto, favorezcan positivamente a la adopción de la economía circular.

Finalmente, Serón (2020) explica que la economía circular se presenta no como una alternativa a la economía lineal, sino como una necesidad y que a la hora de marcar prioridades por sectores, se debe considerar el coste energético y la renovabilidad de las fuentes energéticas utilizadas, pero también hay que tener en cuenta un conjunto de factores de circularidad que proporcionan pautas para el uso óptimo de los materiales según las diferentes funciones y de acuerdo con sus propiedades, tales como la capacidad de reciclaje, la escasez, la toxicidad y la persistencia en el medio ambiente. Por lo tanto, según los resultados obtenidos, en América Latina y el Caribe, la economía circular ofrece una

oportunidad de desarrollo, tanto por la creación de nuevas actividades económicas vinculadas con la provisión de bienes y servicios ambientales, como por la transformación de las actividades económicas que ya existen para aumentar su eficiencia material y reducir su impacto ambiental. Este camino también facilitaría avanzar en toda la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, en particular, en aquellos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas que hacen un seguimiento del cambio en los patrones de producción y consumo.

Por consiguiente, la recuperación del medio ambiente requiere un cambio drástico en los patrones de producción y consumo por un modelo circular en el que todos los productos se diseñen y produzcan considerando el uso eficiente de los recursos naturales, su reutilización, reciclaje y la minimización de residuos. Se cuenta con una oportunidad única para hacer una transición a un modelo más sostenible que sea compatible tanto con el desarrollo económico y social como con el planeta, que permita dar el salto definitivo a una economía resiliente y circular.

Conclusiones

La economía circular se reconoce como un poderoso marco integrador previsto para resolver problemas sociales relacionados con la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos. Por lo tanto, se concluye que su adopción en América Latina, está reformando rápidamente la fabricación, la producción, el consumo y el reciclaje en varios segmentos de la economía.

Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación fue analizar las actividades relacionadas a la economía circular en América Latina el cual, se desarrolló mediante la metodología de datos panel, por lo tanto, se pudo verificar la relación entre dichas variables planteadas en el modelo.

Con base a los resultados obtenidos, se puede concluir que, la economía circular necesita generar ventajas ambientales, ahorro de energía y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Es probable que los intentos recientes de implementar la estrategia de neutralidad de carbono a nivel regional impulsen la economía circular hacia más sectores económicos.

En síntesis, se espera que el uso circular de los recursos sustituya el uso y la extracción de recursos primarios y, de esta manera, reduzca los impactos ambientales asociados. Hay que tener en cuenta, que las tecnologías especializadas necesarias para mejorar los recursos no siempre están disponibles localmente y las prácticas circulares pueden provocar efectos de rebote no deseados.

Brevemente, deben examinarse los impactos ambientales del transporte y la energía para evaluar el impacto ambiental real del uso circular de materiales y los aspectos geopolíticos, socioeconómicos y de compensación que necesitan cubrirse para verificar si la circularidad conduce a una mayor sostenibilidad.

Finalmente, la economía circular en sí misma impacta la estructura espacial de los contextos sociales (empleo, salud ocupacional, accesibilidad, etc.) y materiales (infraestructura, entorno construido, etc.) en los que se implementa.

Referencias

- Aguilar, V., Vega, A., & Taboada, G. (2009). El potencial energético de los residuos sólidos municipales. *Ingeniería*, 13(1), 59–62.
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46713055006.pdf>
- Amaya, G. (2019). *Economía circular como alternativa sostenible para el desarrollo productivo de las industrias* [Tesis de pregrado, Universidad del Rosario]. <https://n9.cl/j2t9q>
- Arroyo, F., & Miguel, L. (2019). Análisis de la variación de las emisiones de CO2 y posibles escenarios al 2030 en Ecuador. *Espacios*, 40(13), 5.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18142>
- Barragan Martinez, Y., & Barragan Vargas, M. (2017). *Economía Circular y Desarrollo Sostenible: Retos y Oportunidades de la Ingeniería Ambiental*. Universidad Estatal de Milagro.
- Batu, A., & Batu, H. S. (2018). Historical background of Turkish gastronomy from ancient times until today. *Journal of Ethnic Foods*, 5(2), 76–82.
<https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.05.002>
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603–614.
<https://doi.org/10.1111/jiec.12603>
- Chacin, N., Carlos, J., Quintero, A., & Josefina, Y. (2015). *Logística Verde y Economía Circular Green*. 10(3), 80–91.
- Close the Loop. (2022). *Close the Loop*. <https://www.closeheloop.com.au/about-us/>
- Comin, L., Aguiar, C., Sehnem, S., Yusliza, M., Cazella, C., & Julkovski, D. (2019). Sustainable business models: a literature review. *Benchmarking*, 27(7), 2028–2047.
<https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0384>
- Cosenza, J., Mamede, E., & Mendes, G. (2020). A circular economy as an alternative for Brazil's sustainable growth: analysis of the National Solid Waste Policy. *Journal of Environmental Management y Sustainability*, 9(1), 1–28.

<https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.16147>

Esposito, M., Te, T., & Soufani, K. (2018). Introducing a Circular Economy: New Thinking with New Managerial and Policy Implications. *California Management Review*, 3, 5–19.

<https://doi.org/10.1177/0008125618764691>

Farias, F., Pinto, F., De Sousa, D., Sampaio, B., & Dutra, R. (2021). *Uma década de estudos sobre economia circular: tendências e reflexões através de análise bibliométrica internacional*. 289–305. <https://doi.org/10.18568/internext.v16i3.647>

Garabiza, B., Prudente, E., & Quinde, K. (2021). *La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso*. 4(02), 222–237. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n02p17>

Geng, Y., & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving “leapfrog development.” *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 15(3), 231–239. <https://doi.org/10.3843/SusDev.15.3:6>

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Gudynas, E. (2009). La ecología política de la crisis global y los límites del capitalismo benévolo. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales*, 0(36), 53. <https://doi.org/10.17141/iconos.36.2010.391>

Gutiérrez, M., Medellín, P., & Ábrego, C. (2016). Factores determinantes de las emisiones de CO2 asociadas al uso de combustibles en el sector industrial de San Luis Potosí. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 24(68), 22–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67448742003>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(April), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Kowszyk, Y., & Maher, R. (2018). *Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la*

UE y ALC. <https://doi.org/10.12858.1018ES>

- Leiva, F. (2004). *Metodología para el desarrollo modelos de deterioro para caminos vecinales de lastre y suelo* [Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR]. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/422>
- Lemus, C., & Bonilla, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(2), 215–246. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265624467007>
- Mata, A. (2019). *La economía circular como modelo para la mejora económico-productiva en el sector manufacturero de la zona 2 Y 9 del Ecuador, priorizando procesos ecológicos y uso eficiente de recursos* [Tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador. Repositorio institucional]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20013>
- Méndez, D., & Muñoz, B. (2020). *La Economía Circular en Ecuador Como Contribución al Desarrollo Sostenible*. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil. Repositorio.
- Messina, D., & Contreras, R. (2019). *Sostenibilidad energética en América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44686/1/S1900478_es.pdf
- Obaid, T. (2001). *Huellas e hitos: Población y cambio del medio ambiente*. Recuperado: 31 de Julio de 2022. https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swp2001_spa.pdf
- Parra, M. (2020). *Economía circular, la economía del futuro* [Tesis de pregrado, Universidad de Ibagué]. <https://n9.cl/6icj3n>
- Porcelli, A., & Martínez, A. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Direito GV*, 14(3), 1067–1105. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/2317-61722018401>
- Regueiro, R. (2011). La contribución de las energías renovables al bienestar. Una lección todavía no aprendida. *Revista Galega de Economía*, 20(2), 5. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39121275011000000>
- Rodríguez, M., & Espinoza, G. (2022). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <http://www.iadb.org/sds/env>

Suazo, B. (2017). *Economía circular en Chile: Alcances, problemas y desafíos en la gestión de la ley REP* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile. Repositorio institucional].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146815>

Velásquez, M. (2007). *Desarrollo sostenible*.
<http://desarrollososteniblepoli.blogspot.com/2007/05/sello-verde-o-ecosello.html>