

# Gobernanza empresarial. Contribución teórica para la mitigación del cambio climático a través del modelo conceptual de negocio sostenible para la generación de energía eléctrica a partir de biogás

Dorantes Velasco, Nahum

2023

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5735>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# **UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA**

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto Presidencial  
del 3 de abril de 1981



## **GOBERNANZA EMPRESARIAL: CONTRIBUCIÓN TEÓRICA PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DEL MODELO CONCEPTUAL DE NEGOCIO SOSTENIBLE PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS**

Directora de la investigación:

**DRA. CLAUDIA EUGENIA TOCA TORRES**

ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO

que para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

Presenta:

**NAHUM DORANTES VELASCO**

Puebla, Pue.

10 de julio de 2023

## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un modelo conceptual de negocio sostenible que aporte a la mitigación del cambio climático y contribuya a la mejora de la calidad de vida y salud de la sociedad. Esto a partir de la discusión de las externalidades negativas como un fallo del mercado, concepto poco común en los trabajos relacionados con las empresas y los negocios. Para lo que se hace necesario deducir y analizar de un catálogo de indicadores socioambientales construido aquellas acciones que contribuyan a la mitigación del cambio climático que de paso está afectando el bienestar de los ciudadanos.

Esta investigación parte del positivismo en concreto de conceptos funcionalistas como el modelo de negocio sostenible (ecocentrismo), la economía del sector público y la economía circular incluyendo, desde luego, las energías limpias. Deductivamente busca su aplicación para la obtención de un sistema de indicadores (sociales, económicos y ambientales), entre los que se decidirán aquellos que explicarían un modelo de negocio sostenible, para estos propósitos se emprende un análisis estadístico y multivariado en dos niveles a saber, global y nacional. Un análisis estadístico multivariado apoyó la identificación de aquellos componentes que mayor impacto tienen sobre el fenómeno (cambio climático), posibilitando una base concreta para la toma de decisiones tendientes a atenuar su rumbo.

El modelo sostenible en mente es para aquellos negocios que busquen generar energía eléctrica limpia, a partir, por ejemplo, del aprovechamiento de biogás, avanzando en paralelo hacia la gestión de los residuos sólidos urbanos. Es así como la obtención de indicadores para 53 países (38 miembros de la OCDE y 15 países fuera de la OCDE) y para las 32 entidades federativas mexicanas, indicará los componentes más apropiados para la propuesta de un modelo de negocio sostenible.

El modelo demandará la reutilización de los residuos sólidos urbanos, de tal suerte que se quiera o no, los sectores, privado, público y de las unidades familiares deberán estar integrados en la actividad de generación de energías limpias. La normativa vigente sobre los centros de acopio deberá entonces considerarse, en caso de que algún lector tenga interés en el modelo de negocio para la generación de energías limpias como la derivada de biogás.

**Palabras clave:** Antropogénico, insostenible, economía del sector público, economía circular, sostenibilidad, bienestar, cambio climático, calentamiento global.

## Abstract

The objective of this research is to design a conceptual model of sustainable business that contributes to the mitigation of climate change and contributes to the improvement of the quality of life and health of society, this from a discussion of the externalities of the productive units as a market failure. This without neglecting, the deduction and analysis of a catalog of socio-environmental indicators at global and national level trying with their application and monitoring to contribute to the mitigation of climate change that, without a doubt, affects the environmental quality and well-being of citizens.

This research is based on positivism in particular in three of its functionalist approaches such as the sustainable business model (ecocentrism), the economy of the public sector, the circular economy in conjunction with clean energies. The methodology that supports it is deductive and since it addresses a measurable social phenomenon, a quantitative and multivariate statistical analysis is undertaken based on data and records obtained from secondary sources at the global and national level.

During the development of the research and the analysis carried out, a global and national vision of the different indicators constructed (social, economic and environmental) related to the phenomenon studied was achieved. Likewise, with the multivariate statistical analysis, it was possible to identify those components that have the greatest impact on the phenomenon studied, enabling a concrete basis for decision-making aimed at correcting the course of the current situation.

With the proposal of the sustainable model for the generation of electricity from the use of biogas, progress is made towards the management of municipal solid waste and its feasibility of implementation in any country or state is established, having a positive impact on society, the economy and the environment.

This research is a watershed in the integration of the activities inherent to the reuse of municipal solid waste, bearing in mind the provision of a collection center that must consider the current regulations that point towards a sustainable closure of the waste cycle.

**Keywords:** Anthropogenic, unsustainable, public sector economy, circular economy, sustainability, well-being, climate change, global warming.

## Índice general

<b>Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract .....	<b>3</b>
Índice general.....	<b>4</b>
Índice de figuras .....	<b>5</b>
Índice de tablas .....	<b>5</b>
Introducción.....	<b>6</b>
<b>Capítulo 1: Planteamiento de la Investigación</b> .....	<b>7</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	<b>7</b>
1.2 Pregunta de Investigación .....	<b>16</b>
1.3 Hipótesis e identificación de variables .....	<b>16</b>
1.4 Objetivos .....	<b>17</b>
1.4.1 General.....	<b>17</b>
1.4.2 Particulares.....	<b>17</b>
1.5 Justificación. ....	<b>17</b>
<b>Capítulo 2: Marco teórico</b> .....	<b>22</b>
2.1 Modelo de negocio sostenible ecocentrista .....	<b>22</b>
2.2 La economía del sector público .....	<b>28</b>
2.3 Economía circular .....	<b>33</b>
<b>Capítulo 3: Marco contextual</b> .....	<b>49</b>
3.1 Institucionalidad global .....	<b>50</b>
3.1.1 Primera conferencia mundial sobre el medio ambiente .....	<b>51</b>
3.1.2 Protocolo de Kioto.....	<b>51</b>
3.1.3 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC .....	<b>52</b>
3.1.4 Acuerdo de París .....	<b>54</b>
3.1.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	<b>55</b>
3.2 Panorama mexicano .....	<b>56</b>
3.2.1 Convenio de Estocolmo.....	<b>56</b>
3.2.2 Acuerdo de París .....	<b>57</b>
3.2.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	<b>58</b>
3.2.4 Legislación mexicana .....	<b>58</b>
<b>Capítulo 4: Marco metodológico.</b> .....	<b>61</b>
4.1 Diseño de la investigación. ....	<b>61</b>
4.2 Técnica de acopio de datos. ....	<b>63</b>
4.3 Técnicas de procesamiento de datos .....	<b>68</b>
4.4 Herramientas para el procesamiento de datos.....	<b>69</b>
<b>Capítulo 5: Análisis de información e interpretación de resultados</b> .....	<b>71</b>
5.1 Análisis de tendencias de indicadores globales .....	<b>75</b>
5.2 Análisis de tendencias de indicadores nacionales.....	<b>83</b>
5.3 Los indicadores a la luz de las hipótesis .....	<b>93</b>
5.4 Análisis del posicionamiento de países y de entidades federativas. ....	<b>96</b>
5.5 Análisis de componentes principales .....	<b>101</b>
5.6 Análisis factorial y puntuaciones factoriales. ....	<b>117</b>
5.7 Propuesta de modelo de negocio sostenible basado en el aprovechamiento de biogás.....	<b>121</b>
5.8 Conclusiones.....	<b>127</b>
<b>6. Referencias</b> .....	<b>133</b>

## Índice de figuras

Figura 2.1 Esquema de modelo de negocio sostenible y la interacción social, ambiental y económica .....	22
Figura 2.2 Esquema de la economía del sector público y las particularidades sobre externalidades .....	32
Figura 2.3 Esquema de la economía circular basada en los conceptos clave: reducir, reutilizar y reciclar .....	38
Figura 4.4.1 Esquema metodológico .....	70
Figura 5.1.1 Proporción de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales (IGA-04) .....	76
Figura 5.1.2 Generación de RSU totales per cápita (IGA-11) .....	78
Figura 5.1.3 Proporción de generación de RSU por Hogares respecto de RSU totales (IGS-01) .....	79
Figura 5.1.4 Proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05) .....	80
Figura 5.1.5 Ingreso nacional neto per cápita (IGE-04) .....	82
Figura 5.2.1 Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (INS-08) .....	85
Figura 5.2.2 Proporción de población de 15 a 24 años alfabeta (INS-09) .....	86
Figura 5.2.3 Incidencia de infecciones respiratorias aguda (INA-07) .....	88
Figura 5.2.4 Generación estimada de RSU per cápita (INA-16) .....	90
Figura 5.2.5 Evolución demanda de combustible por cada 100 habitantes (INE-01) .....	91
Figura 5.4.1 Mapa de posicionamiento de correlación de indicadores globales determinantes IGA-04 e IGA-11 .....	98
Figura 5.4.2 Mapa de posicionamiento de correlación de indicadores nacionales determinantes INA-07 e INA-16 .....	100
Figura 5.5.1 Resultados del ACP de índices globales de la esfera ambiental de 2017 .....	108
Figura 5.5.2 Resultados del ACP de índices globales de la esfera social de 2017 .....	109
Figura 5.5.3 Resultados del ACP de índices globales de la esfera económica de 2017 .....	111
Figura 5.5.4 Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera social de 2017 .....	112
Figura 5.5.5 Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera ambiental de 2017 .....	114
Figura 5.5.6 Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera económica de 2017 .....	115
Figura 5.7 Modelo sostenible .....	121

## Índice de tablas

Tabla 4.2.1 Registro de variables globales ambientales .....	63
Tabla 4.2.2 Registros de variables globales sociales .....	64
Tabla 4.2.3 Registros de variables globales .....	65
Tabla 4.2.4 Registros de variables nacionales ambientales .....	66
Tabla 4.2.5 Registros de variables nacionales sociales .....	67
Tabla 4.2.6 Registros de variables nacionales económicas .....	67
Tabla 5.1 Catálogo de indicadores económicos, sociales y ambientales globales 2008-2017 .....	72
Tabla 5.2 Catálogo de indicadores económicos, sociales y ambientales nacionales 2012-2018 .....	73
Tabla 5.4.1 Tabulado de posicionamiento de correlación de indicadores globales determinantes IGA-04 e IGA-11 .....	97
Tabla 5.4.2 Tabulado de posicionamiento de correlación de indicadores nacionales determinantes INA-07 e INA-16 .....	99
Tabla 5.5.1 Cifras de indicadores globales correspondiente al año 2017 de 53 países bajo estudio .....	103
Tabla 5.5.2 Cifras de indicadores nacionales correspondiente al año 2017 de 32 entidades (México) .....	105
Tabla 5.5.1.1 Resultados del ACP de índices globales de la esfera ambiental de 2017 .....	107
Tabla 5.5.2.1 Resultados del ACP de índices globales de la esfera social de 2017 .....	109
Tabla 5.5.3.1 Resultados del ACP de índices globales de la esfera económica de 2017 .....	110
Tabla 5.5.4.1 Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera social de 2017 .....	112
Tabla 5.5.5.1 Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera ambiental de 2017 .....	113
Tabla 5.5.6.1 Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera económica de 2017 .....	115
Tabla 5.6.1 Resultados del análisis factorial y puntuaciones factoriales de índices globales de 2017 .....	120
Tabla 5.6.2 Resultados del análisis factorial y puntuaciones factoriales de índices nacionales de 2017 .....	120

## Introducción

Los ecosistemas regulan el aire, el agua y el suelo de los que depende la vida humana, constituyendo así un mecanismo de defensa único y eficaz frente a los costos de fenómenos meteorológicos extremos derivados del cambio climático. La biodiversidad animal, vegetal y marina configura el capital natural que permite que nuestros ecosistemas funcionen y las economías se mantengan productivas. Pero, el mundo está experimentando una pérdida enorme de la biodiversidad.

Por ello, la presente investigación aborda la problemática del cambio climático, causado por una gestión empresarial antropogénica insostenible que se ha reconocido como el origen de muchos males enfrentados por la humanidad. De modo que se emprende un camino para ubicar una opción de gestión más adecuada para mitigar el detrimento de los recursos ambientales y de los servicios ecosistémicos que minan la calidad de vida y salud de los seres vivos. Diseña entonces, un modelo conceptual sostenible que aporte a la mitigación del cambio climático y contribuya a mejorar la calidad de vida y salud de la humanidad y de los ecosistemas. Para su concepción, se adelantó una detallada exploración teórica sobre el ecocentrismo, la economía del sector público, la economía circular y las energías limpias, elementos centrales de cualquier modelo de negocio sostenible.

Así mismo, presenta la contextualización global del problema mencionado desde la primera Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente pasando por el Protocolo de Kioto, las Convenciones Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Todos ellos abordados como instituciones internacionales y aterrizados al contexto mexicano.

El apartado metodológico describe el proceso de compilación de datos secundarios, así como las técnicas estadísticas empleadas para su procesamiento, y la respectiva interpretación y análisis de resultados (análisis de registros, construcción de indicadores, análisis de tendencias, análisis de componentes principales, análisis factorial y puntuaciones factoriales).

Finalmente, se procede a probar las hipótesis planteadas, se asocian los indicadores con los resultados logrando plantear el modelo de negocio sostenible para la generación de energía eléctrica a partir de biogás. Implica, desde luego, la descripción de sus componentes, alcances y beneficios de aplicación. Es importante mencionar que el modelo para la gestión sostenible queda en la simple formulación, sin trascender a la aplicación, de modo que el lector no encontrará ningún plan de negocio para la generación de energía eléctrica a partir de biogás. De hecho, este se configura como el siguiente paso para futuras investigaciones y como una brecha que pudieran aprovechar los investigadores de temas empresariales o medioambientales.

Es oportuno hacer énfasis en que el desarrollo de la presente investigación y la propuesta conceptual del modelo de negocio sostenible para la generación de energía eléctrica a partir de biogás identifica como grupo meta a gobernantes, inversionistas internacionales así como pequeños emprendedores organizados en torno a la labor de acopio, almacenamiento, selección, y recuperación de residuos sólidos urbanos (no calificados) o a su aprovechamiento para la generación directa de biogás (calificados). Ya que, puede inspirar procesos organizativos en torno a la obtención del biogás como a los productores pecuarios (estiércol) y agrícolas (zacate), a los micro y pequeños empresarios (aguas residuales) y a los pepenadores (residuos residenciales).

## Capítulo 1: Planteamiento de la Investigación

### 1.1 Planteamiento del problema

Etimológicamente la palabra gestión proviene del latín *gestiō*, haciendo referencia a la administración de recursos para lograr los objetivos. La definición indica que se trata de adelantar actividades para la obtención de un beneficio, soportadas en las personas que trabajan en una organización. Es así como, la gestión se sirve de diversos instrumentos para poder funcionar, unos hacen referencia al control y mejoramiento de los procesos, otros están relacionados con los archivos para la conservación de datos y por último los que aprovechan datos que soportarán decisiones acertadas (Mora, Duran y Zambrano, 2016).

La empresa además de ser una organización es una realidad de la concepción teórica del entorno, al punto de detectar y descubrir que no todas son iguales, cada una hace algo diferente (Gil, 2007 en Hernández, 2011); es una entidad que obtiene ciertas ventajas de mercadotecnia, producción, investigación y desarrollo (Kotler & Armstrong, 1998 en Hernández, 2011). En otras palabras, realiza una actividad productiva o transformadora ya que a partir de insumos y materias primas obtiene productos finales que pueden ser tangibles (productos y bienes) o intangibles (servicios) de mayor valor o utilidad (Alegre, Berne, & Galve, 2008 en Hernández, 2011).

Ahora bien, la unión de estos dos conceptos da lugar a la gestión empresarial para referir las medidas y estrategias implementadas con la finalidad de un desempeño económicamente viable. En este sentido, tiene en cuenta infinidad de factores, desde lo financiero, pasando por lo productivo hasta lo logístico (Mora, Duran y Zambrano, 2016). La gestión empresarial es un punto fundamental de toda la empresa, y si se hace de manera adecuada, la organización crece, pero, decaerá en la medida que la gestión sea mala.

Durante los últimos tiempos, el discurso académico ha empezado a acompañar la gestión empresarial del adjetivo antropogénico, por lo que merece una reflexión al respecto. Lo antropogénico es aquello perteneciente o relativo a las acciones de los seres humanos que, en particular, tiene efectos negativos sobre la naturaleza (Diccionario panhispánico del español jurídico, 2020). De una forma más detalla hace referencia a las acciones humanas que influyen en el medio ambiente, es decir, al cambio suscitado en un entorno, gracias a la intervención o el trabajo de manos humanas. De forma regular, el término es utilizado para referir la contaminación ambiental suscitada por una población creciente y por los contaminantes que ella produce como el



humo de autos, la deforestación para proyectos de vivienda, la inadecuada gestión de las basuras, la quema de terrenos, vegetación, residuos, etc.

Por tanto, la gestión empresarial antropogénica insostenible se ha reconocido como el origen de muchos males enfrentados en la actualidad por la humanidad. Una gestión que ha provocado una serie de daños, no solo en los recursos y ecosistemas naturales, sino de forma indirecta en la propia población (costos para la salud, enfermedades, muerte, etc.). De manera concreta, las acciones antropogénicas han contaminado fuentes hídricas y suelos, agotado los recursos naturales, deteriorado los ecosistemas y, de paso, acelerado el ya muy famoso cambio climático.

El aumento de sustancias químicas presentes en el ambiente como resultado de las actividades humanas tiene graves consecuencias para muchas especies. Y es que cómo negar, que las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y urbanas contribuyen de manera sustancial a la contaminación del aire, del agua y de los suelos. Hasta cierto punto, la contaminación se consideró un problema de escala espacial pequeña, sin embargo, en la actualidad la producción de contaminantes afecta en gran medida al planeta. Algunos contaminantes han debilitado la capa de ozono que protege a los seres vivos de las radiaciones ultravioletas del sol, mientras que otros han provocado el calentamiento global. La contaminación del agua, del suelo y del aire afecta de forma directa a muchos ecosistemas incluso en lugares remotos (CONABIO, 2021a). De manera especial, en los países en desarrollo la industrialización y la urbanización han acelerado la contaminación y los riesgos para la salud humana y de las especies naturales. La contaminación entorpece el crecimiento económico y exacerba la pobreza y la desigualdad, tanto en zonas urbanas como rurales. Como siempre, la población más afectada es la vulnerable (pobres) ya que no están en condiciones de protegerse de los impactos negativos de la polución o de la contaminación de fuentes hídricas o de los suelos (Banco Mundial, 2018).

Unos 2,200 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4,200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros y otros 3,000 millones carecen de instalaciones básicas para lavarse las manos (Banco Mundial, 2019b). Las brechas en el acceso a fuentes de abastecimiento de agua y saneamiento, el crecimiento demográfico, el uso intensivo de agua, la mayor variabilidad de las precipitaciones y la contaminación son factores que se conjugan en muchos lugares, convirtiendo el agua en uno de los principales riesgos para el progreso económico, la erradicación de la pobreza y el desarrollo sostenible (Banco Mundial, 2019b).

El mundo enfrenta así, una crisis invisible por cuenta de la calidad del agua que disminuye en un tercio, el potencial de crecimiento económico en zonas con altos índices de contaminación y pone en peligro el bienestar humano y ambiental. Las dificultades enfrentadas para obtener agua potable limitan el crecimiento económico en un tercio (Banco mundial, 2019a).

En 2019, 6.1 millones de toneladas (mt) de residuos plásticos se filtraron en las fuentes acuáticas y 1.7 mt, fluyeron hacia los océanos. Por tanto, se calcula que en la actualidad hay 30 mt de residuos plásticos en los mares y océanos, y otros 109 mt se han acumulado en los ríos (OCDE, 2022). La acumulación de plástico en los ríos implica que las filtraciones hacia los océanos continuarán durante décadas, incluso si se lograra una reducción significativa de los residuos plásticos mal-gestionados. Y es que el mundo produce el doble de residuos plásticos que hace dos décadas, el destino final de la mayoría son los rellenos sanitarios, la incineración o su incorporación en el medio ambiente, y apenas el 9% se recicla. La mayoría del plástico que se utiliza hoy es virgen o primario, es decir, fabricado a partir de petróleo crudo o gas. La producción mundial de plástico a partir del reciclado o secundario se ha cuadruplicado, pasando de 6.8 mt en 2000 a 29.1 mt en 2019. Sin embargo, aún representa solo el 6% del volumen de la producción total de plástico (OCDE, 2022).

Un elemento clave que contribuye al deterioro de la calidad del agua es el nitrógeno que, al aplicarse como fertilizante agrícola, con el tiempo ingresa a los ríos, lagos y océanos, donde se transforma en nitratos (Banco Mundial, 2019a). Esto sin duda alguna afecta la cadena alimenticia de las especies hídricas. El agua interactúa en todos los aspectos del desarrollo y se relaciona con la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este recurso impulsa el desarrollo económico, apoya los ecosistemas saludables y es fundamental para la vida. Paradójicamente, en un mundo interconectado y en rápido crecimiento, las repercusiones seguirán afectando de forma desproporcionada a los más pobres y vulnerables (Banco Mundial, 2019b).

Para nadie es un secreto que los ecosistemas regulan el aire, el agua y el suelo de los que todos dependemos, constituyendo así un mecanismo de defensa único y eficaz en función de los costos contra los fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático (Banco Mundial, 2021). Por ello, la biodiversidad animal, vegetal y marina configura el capital natural que permite que los ecosistemas funcionen y las economías se mantengan productivas. Pero, el mundo está experimentando una pérdida enorme de la biodiversidad. El ritmo de la deforestación ha disminuido a nivel mundial desde la década de los noventa, pero, aún sigue siendo alto con una tasa anual de unos 13 millones de hectáreas, afectando hábitats animales y vegetales (Banco Mundial, 2017). Los ecosistemas saludables y los servicios ecosistémicos son esenciales para el crecimiento a largo plazo

de sectores económicos como la agricultura, la silvicultura, y la pesca. En los países en desarrollo, los bosques, lagos, ríos y océanos aportan una proporción significativa de alimentos, combustibles e ingresos familiares, y constituyen una red de protección social valiosísima en épocas de crisis, de forma particular para los pobres que viven en zonas rurales (Banco Mundial, 2021).

La pérdida y deterioro de los hábitats es la principal causa de pérdida de biodiversidad. Al transformar selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, lagunas, y arrecifes en campos agrícolas, ganaderos, granjas camaroneras, presas, carreteras y zonas urbanas se destruye el hábitat de miles de especies. Muchas veces la transformación no es completa, pero, existe deterioro de la composición, estructura o función de los ecosistemas que impacta a las especies y a los bienes y servicios que se obtienen de la naturaleza (CONABIO, 2021a).

La integridad y la funcionalidad de estos activos naturales esenciales se ven cada vez más comprometidas, ya que entre el 60% y el 70% de los ecosistemas del mundo se están degradando más rápido de lo que pueden recuperarse. La gestión inadecuada del medioambiente y de los recursos naturales da lugar a pérdidas económicas considerables; por ejemplo, un estimado de USD 80,000 millones al año se desaprovecha debido a la mala gestión de la pesca en los océanos (Banco Mundial, 2021). La pérdida de biodiversidad tiene efectos negativos sobre los medios de subsistencia, el abastecimiento de agua, la seguridad alimentaria y la resiliencia a los fenómenos extremos. Sus consecuencias afectan al 78% de los habitantes rurales que se encuentran en situación de pobreza extrema en el mundo, muchos de los cuales dependen de los ecosistemas y los bienes que estos producen para poder subsistir (Banco Mundial, 2017). Desde 1970, 14 de 18 categorías de servicios del ecosistema se han reducido. Y es que la pérdida de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos es un problema de desarrollo que suele afectar en mayor medida a los países más pobres (Banco Mundial, 2021).

La contaminación atmosférica es el principal riesgo sanitario y los costos para el mundo se estimaron en USD 8.1 billones en 2019, cifra que equivale al 6.1% del PIB mundial. La naturaleza está amenazada y un millón de especies animales y vegetales, de un total estimado de ocho millones, se encuentran en peligro de extinción, muchas de ellas en un plazo de 10 años. Esto según el último informe de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de Los Ecosistemas (Banco Mundial, 2021). Las últimas estimaciones señalan que en México se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales. Las principales transformaciones se han llevado a cabo en las selvas húmedas y secas, los pastizales, los bosques nublados y los manglares y en menor grado en matorrales y bosques templados. Los ecosistemas

más accesibles, productivos, con mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados. Los principales remanentes se encuentran en lugares poco accesibles o productivos. Las actividades de cacería, tala, pesca, comercio ilegal de especies con distintos fines, se suman a este panorama, afectando las especies al sobreexplotar sus poblaciones (CONABIO, 2021a).

En otro frente, es de recordar que a nivel mundial se tiene un prolongado legado de dependencia del petróleo ya que hasta mediados de la década del 2000, las actividades relacionadas con el petróleo (incluidos los productos petroquímicos y los derivados del petróleo) y, a propósito de esto, durante los pasados 100 años se ha documentado el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera y de los océanos del planeta. Ello debido al incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (bióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonados y vapor de agua), producidos por la quema de combustibles fósiles y por la deforestación, una combinación de producción en exceso y reducida capacidad para capturar la contaminación (CONABIO, 2021a). La composición de la atmósfera es producto de las actividades de los seres vivos que arrojan nitrógeno (78.08%), oxígeno (20.95%), vapor de agua (0.247%), argón (0.93%), bióxido de carbono (0.038%) y trazas de elementos como hidrógeno, helio y otros gases. El aumento de las actividades industriales utilizando combustibles fósiles y la deforestación han aumentado las concentraciones de bióxido de carbono de niveles preindustriales, de 270 partes por millón a 375 partes por millón (2005). Otros gases también han aumentado como resultado de las actividades humanas (CONABIO, 2021b).

Entre los distintos efectos del cambio climático se reconocen cambios radicales en la distribución de ecosistemas y especies, aumento en el nivel del mar, desaparición de glaciares y de grandes extensiones de corales, climas impredecibles y extremos como sequías y tormentas. El cambio climático afecta a todos los organismos del planeta, muchos de ellos ya están respondiendo a esta nueva dinámica a través de cambios en su distribución y sus migraciones (CONABIO, 2021a).

Una de las características del planeta tierra que ha permitido el desarrollo de la vida es su distancia con el sol, manteniendo por ello un ambiente poco extremo. A pesar de las grandes diferencias de temperatura entre los polos y el ecuador y de las variaciones entre invierno y verano, el clima de nuestro planeta se puede considerar estable. La temperatura promedio de 15°C mantiene gran parte del agua en estado líquido. A pesar de la estabilidad en la temperatura, desde el origen de la Tierra, el clima ha tenido fluctuaciones originando épocas cálidas y épocas frías. La composición actual de la atmósfera permite la estabilidad de la temperatura. Con ello, la Tierra recibe energía del sol en forma de radiación. El 70% de la energía es absorbida calentando la tierra,

el mar y la atmósfera y el 30% es reflejada. El vapor de agua, bióxido de carbono, ozono y metano de la atmósfera absorben las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie terrestre originando el efecto de invernadero (CONABIO, 2021b).

En todo caso, el clima del planeta está cambiando, se estima que la temperatura promedio global ha aumentado alrededor de 1°C, en lo relativo al periodo de 1850-1900, siendo esto más evidente en el hemisferio norte que en el hemisferio sur. En el caso de precipitaciones, a pesar de una gran complejidad espacial y alta variabilidad temporal, se ha observado que desde 1970, han aumentado de forma principal en latitudes superiores a los 30°. A partir de varios modelos generales de circulación atmosférica, se ha podido proyectar que el aumento de la temperatura terrestre podría ser de entre 2.5°C y 5°C, y que el incremento del nivel medio del mar podría ser de entre 45 y 82 centímetros. Así mismo, es probable que la precipitación continúe aumentando en las latitudes altas y que disminuya en las zonas subtropicales (IPCC, 2013 en CONABIO, 2021b).

Así mismo, un informe de años más recientes de la Organización Mundial Meteorológica (OMM), indica que en 2021, la temperatura media mundial superó en aproximadamente 1.11 ( $\pm 0.13$ )°C los niveles preindustriales (1850-1900). Así, 2021 fue el séptimo año consecutivo (2015-2021) en el que la temperatura mundial ha superado en más de 1 °C los niveles preindustriales, según todos los conjuntos de datos compilados por la OMM (OMM, 2022).

El cambio climático es uno de los principales factores que incrementa la pérdida de la biodiversidad. Los cambios en los patrones de precipitación y el incremento de la temperatura afectan a todos los niveles de la biodiversidad (desde genes hasta biomas). Entre otros, tiene un efecto sobre la fisiología, comportamiento e interacciones entre especies que conlleva a cambios en la distribución, tamaño y estructura de las poblaciones, lo cual a su vez puede modificar el funcionamiento y distribución de los ecosistemas (Pecl et al. 2017 en CONABIO, 2021b).

El CO<sub>2</sub> representa el 74% de las emisiones de GEI a nivel global y como ya se ha mencionado, el 93% de las emisiones de CO<sub>2</sub> son generados por el uso de combustibles fósiles, de forma especial para la generación de calor y electricidad, transporte, y manufactura y consumo. El metano, CH<sub>4</sub>, y el óxido nitroso, N<sub>2</sub>O, incorporan el 17.2% y el 6.3% de las emisiones totales de GEI respectivamente, proviniendo, en primer lugar, de las actividades desarrolladas en la agricultura, el tratamiento de residuos y la quema de gas o *flaring* (Ge, Friedrich y Vigna, 2021)

En un estudio de 2018, dirigido a la población mexicana, se determinó que la calidad del medio ambiente respecto a la exposición a la contaminación del aire exterior es de 99.6%, muy por arriba del porcentaje medio de los países afiliados a la OCDE (OCDE, 2020a). El consumo energético

constituye la mayor fuente de emisiones antropogénicas de GEI. Este sector contribuye con un 76% (37.2 giga toneladas de bióxido de carbono equivalente, GtCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones globales, dentro de este rubro están los sectores de transporte, generación de calor y electricidad, manufactura y construcción, las emisiones fugitivas y la quema de otros combustibles. Dentro del sector energía, la generación de calor y electricidad representan la mayor parte de las emisiones con 31.9% de las emisiones totales de GEI (15.6 GtCO<sub>2</sub>eq), seguido del transporte que representa un 14.2% de las emisiones totales (6.9 GtCO<sub>2</sub>eq) y la industria manufacturera y de la construcción con el 12.6% (6.2 GtCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones totales (Ge, Friedrich y Vigna, 2021).

En el frente atmosférico, en México, los contaminantes emitidos en mayor proporción por fuentes antropogénicas en 2014, sin considerar las fuentes móviles, fueron compuestos orgánicos volátiles, COV, (3.4 mt; 30.5%), monóxido de carbono, CO, (3.2 mt; 28.2% del total) y bióxido de azufre, SO<sub>2</sub>, (1.3 mt; 11.9%). Al resto de contaminantes correspondió un porcentaje entre el 6% y el 9%. Las fuentes aéreas emitieron en mayor proporción COV (38% del total emitido por este tipo de fuente) y CO (34%), mientras que las fuentes fijas generaron, mayoritariamente, SO<sub>2</sub> (47%) y óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> (24%). Las fuentes naturales emitieron sobre todo COV (86%) y NO<sub>x</sub> (14%) (SEMARNAT, 2017a).

La contaminación del agua puede provocar enfermedades como las infecciosas intestinales, es así como, en 2019, en México, estos padecimientos fueron la sexta causa de muerte en niños menores de un año, registrando 353 fallecimientos. En 2017, la red nacional de monitoreo de calidad del agua contaba con 5,028 puntos, distribuidos en todo el país, y los resultados de la evaluación determinaron que el 10.5% del agua se consideraba contaminada y el 23% apenas aceptable (INEGI, 2020).

Respecto al consumo de agua en la industria autoabastecida y la generación de energía eléctrica, México utilizó alrededor del 9% del agua concesionada en 2017. Respecto a su origen, dominan las aguas superficiales (entre 68% y 77% en el periodo 2001 y 2017, esto es, entre 5,074 y 5,659 hectómetros cúbicos, hm<sup>3</sup>, respectivamente), sin embargo, la extracción de agua subterránea para la industria aumentó poco más del 68.6% entre 2001-2017 alcanzando 2,683 hm<sup>3</sup> (SEMARNAT, 2017b).

Otros sectores con más emisiones son la agricultura, incluyendo a la ganadería que contribuyen con el 12% (5.8 GtCO<sub>2</sub>eq); los procesos industriales de productos químicos, del cemento y de otros que suman un 5.9% (2.9 GtCO<sub>2</sub>eq); los residuos, incluyendo vertederos y aguas residuales

suman un 3.3% (1.6 GtCO<sub>2</sub>eq). El cambio del uso de suelo y silvicultura, así como la deforestación participan con el 2.8% (1.4 GtCO<sub>2</sub>eq) (Ge, Friedrich y Vigna, 2021).

Los 10 países que más emisiones generan acumulan más de dos tercios de las emisiones anuales de GEI a nivel mundial. Casi todos estos países tienen una gran economía y poblaciones elevadas, y acaparan el 75% del PIB mundial y representan más del 50% de la población. China es el mejor ejemplo, siendo el mayor emisor, con el 26.1% de las emisiones globales de GEI, seguida de Estados Unidos con el 12.67%, la Unión Europea con el 7.52%, e India con el 7.08%. México se ubica en el lugar decimosegundo y sus emisiones representan el 1.42% (647 MtCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones mundiales, siendo el segundo país de Latinoamérica que más aporta, sólo superado por Brasil (séptimo lugar) (Ge, Friedrich y Vigna, 2021).

En otro frente, es de recordar que México tiene un prolongado legado de dependencia del petróleo. Hasta mediados de la década del 2000, las actividades relacionadas con el petróleo (incluidos los productos petroquímicos y los derivados del petróleo), representaba alrededor del 13% del PIB (OCDE, 2017a).

Los sectores que más emisiones generan en México son el transporte y la generación de electricidad, con un 28% (193.2 megatoneladas de bióxido de carbono equivalentes, MtCO<sub>2</sub>eq) y 23% (156.6 MtCO<sub>2</sub>eq) respectivamente. Les siguen la agricultura con 14% (96.8 MtCO<sub>2</sub>eq), la industria manufacturera y de la construcción con 10% (66.7 MtCO<sub>2</sub>eq), los residuos con 7% (46.8 MtCO<sub>2</sub>eq), los procesos industriales con 6% (40.5 MtCO<sub>2</sub>eq), las emisiones fugitivas con 5% (31.7 MtCO<sub>2</sub>eq), la quema de otros combustibles con 4% (26 MtCO<sub>2</sub>eq) y las edificaciones con 3% (21.6 MtCO<sub>2</sub>eq) (Ge, Friedrich y Vigna, 2021). La evolución de las emisiones de los GEI en México entre 1990 y 2015 pasaron de 444.7 MtCO<sub>2</sub>eq a 683 MtCO<sub>2</sub>eq, lo que es igual a un crecimiento de 53.6% a una tasa de crecimiento anual de 1.73%. Los sectores que tuvieron el mayor crecimiento en su volumen de emisión entre el lapso mencionado fueron los de residuos (265.8%), el de procesos industriales y uso de productos (65.9%) y el de energía (59.5%), mientras que las emisiones derivadas de la actividad ganadera crecieron tan solo 6.1%. Por su parte, las emisiones derivadas del sector agrícola decrecieron en una pequeña cantidad, en alrededor de 0.3% (SEMARNAT, 2017a).

En 2018, la generación neta de energía eléctrica, proveniente de empresas particulares (permisionarios), de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de los proyectos financiados por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), fue de 312,739.32 GWh. Para 2019, fue de 320,056.14 GWh, y para octubre de 2020 se registra una generación de 264,607.57 GWh (SENER, 2022). Se

observa una ligera disminución respecto al acumulado del promedio mensual respecto al año anterior.

El porcentaje de participación de la energía limpia en la generación total a octubre de 2020 fue del 25.5% que equivale a 67,425.50 GWh y el 74.52% de energía convencional equivalente a 197,182.07 GWh, donde se observa, una ligera disminución de la generación de energía convencional del 3.72% respecto al año 2019 (SENER, 2022). Pero, esto es ocasionado más por el impacto de la pandemia, ya que la industria en general se vio frenada generando una disminución en la demanda de energía eléctrica.

En 2020, la generación hidroeléctrica representó el mayor porcentaje de las energías renovables con el 42.4%, siendo seguida de la energía eoloelectrica con 28.4%, la fotovoltaica con 20.77%, la geotérmica con 7.1% y, al final con una menor proporción la generación a partir de bioenergía, que solo representó el 1.3%. En 2020, la generación neta de energía renovable fue de 54,682.83 GWh y presentó un incremento del 3.3% respecto al 2019, ya que aumento del 17.33% a 20.67% en 2020 (SENER, 2022).

Todo lo anterior, para concretar que en México, la generación de energía eléctrica a partir de bioenergía a octubre de 2020 representó el 0.27% con 708.71 GWh, y durante el año 2019 el 0.5% con 1,675.39 GWh y en 2018 el 0.6% con 1,816.92 GWh, donde los porcentajes son respecto a la generación total neta (SENER, 2022). Se observa entonces que la generación de energía eléctrica a partir de bioenergéticos tiene un potencial más elevado y que a la fecha, no está siendo aprovechada la fuente más rica en metano: el sector de los residuos.



## 1.2 Pregunta de Investigación

A partir del planteamiento del problema los siguientes son los interrogantes de investigación que orientan el trabajo:

1. ¿Cuál es la opción de gestión más adecuada para mitigar el detrimento de los recursos ambientales y de los servicios ecosistémicos que minan la calidad de vida y salud de los seres vivos?
2. En una apuesta por la reducción de emisiones de gases invernadero ¿Cuál es la fuente alternativa más adecuada para la generación de energía eléctrica con mayor aporte a la mitigación del cambio climático?
3. ¿Cuál es el modelo de negocio más apropiado para la mitigación del cambio climático, la conservación de los ecosistemas y la mejora de la calidad de vida y salud de los humanos?

## 1.3 Hipótesis e identificación de variables

La generación de residuos y desperdicios determina el bienestar de los ciudadanos, en la medida que se aprovechen para la obtención de biogás, disminuirán las enfermedades (respiratorias, cardíacas, neurológicas, gastrointestinales, bacterianas, etc.).

La generación de residuos y desperdicios determina la calidad ambiental, en la medida que se aprovechen para la obtención de biogás, disminuirá la contaminación (atmosférica, hídrica y de suelos).

El uso de combustibles fósiles es un determinante del bienestar de los ciudadanos, en la medida que aumente su producción aumentarán las enfermedades (respiratorias, cardíacas, neurológicas, gastrointestinales, bacterianas, etc.).

El uso de combustibles fósiles es un determinante de la calidad ambiental, en la medida que se aumente su producción aumentará la contaminación atmosférica (gases de efecto invernadero).

Como variables dependientes se encuentran bienestar de los ciudadanos y calidad ambiental, como independientes se tienen generación de residuos y desperdicios y uso de combustibles fósiles.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 General

Diseñar un modelo conceptual sostenible que aporte a la mitigación del cambio climático y contribuya a la mejora de la calidad de vida y salud de la sociedad.

### 1.4.2 Particulares

1. Discutir las externalidades como un fallo del mercado y de sus unidades productivas.
2. Deducir un catálogo de indicadores socioambientales a nivel global y nacional.
3. Proponer el modelo de negocio sostenible más apropiado para la generación de energía eléctrica basada en el aprovechamiento de biogás.

## 1.5 Justificación.

Con la situación tan adversa que se presenta por cuenta del cambio climático, ya no es posible hablar del abatimiento por lo que solo resta abrirle paso a la mitigación del problema. De manera precisa, con la finalidad de mitigar el cambio climático, a través de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en diciembre de 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que causan el calentamiento global. Se configura, así como un instrumento para poner en práctica lo acordado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SEMARNAT, 2016).

Como un avance más en la lucha contra el cambio climático, durante el evento global conocido como la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), en 2015 por primera vez, tanto los países desarrollados como en vías de desarrollo se comprometían a reducir las emisiones de GEI, con énfasis fundamental en las de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (principal gas causante del calentamiento global). Es en este evento donde surgió el Acuerdo de París, mismo que fue firmado por 195 naciones y que desde el 2020, sustituye al Protocolo de Kioto como principal régimen climático internacional (SEMARNAT, 2016).

El Acuerdo de París tiene un triple objetivo: limitar el aumento medio de la temperatura global a 2°C respecto a los niveles preindustriales; esfuerzos firmes para no superar el límite de 1.5°C

para el 2030 y alcanzar la neutralidad climática en 2050. Ello es, que la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera por la actividad humana sea equivalente a la que absorben los sumideros naturales (bosques, océanos y suelos) (*United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015*).

El acuerdo promueve la inversión sostenible al alinear la financiación con los objetivos climáticos a partir de criterios ambientales, sociales y gubernamentales. La finalidad de esta disposición clave es que las entidades financieras y los mercados redirijan capital hacia proyectos verdes. Dicho de otra forma, su implementación implica la superación gradual de las energías fósiles (carbón, petróleo y gas), abriendo la puerta a las energías renovables (solar fotovoltaica, eólica, biomasa, hidráulica, biocarburantes, entre otras) (*United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015*).

México se sumó a los países que firmaron el Acuerdo de París en abril de 2016 (siendo presidente Enrique Peña Nieto), ratificando su compromiso de reducir las emisiones de GEI, contrarrestar el calentamiento global, ofrecer certeza sobre el financiamiento verde y acordar nuevos compromisos de acción sobre energías renovables (IMCO, 2016). En el seguimiento al cumplimiento del Acuerdo de París y la fijación de nuevas metas y estrategias, en octubre y noviembre de 2021, se llevó a cabo la COP26 en Glasgow (Escocia, Reino Unido), donde se vislumbró un optimismo medido por los acuerdos alcanzados para fortalecer la gobernanza climática internacional (SEMARNAT, 2021). Durante este evento, México participó e hizo énfasis en la perspectiva humana y el uso sustentable de los recursos naturales que es un elemento no negociable, esto alentando acciones apoyadas en la naturaleza que integren una visión social y económica, que tenga como resultado terminar con las desigualdades y garantizar el derecho a un medio ambiente sano. Así mismo, México se unió a la declaración para la disminución de metano (SRE, 2021).

Todos los esfuerzos que se han hecho con el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y el seguimiento que ha tenido en las diferentes COP, promueven el aprovechamiento de las energías renovables procedentes del sol, del viento, del agua de los ríos, del mar, del interior de la tierra y de los residuos, por considerarse energías limpias, inagotables, seguras, ecoamigables y por no generar residuos peligrosos. Su implementación y uso son una alternativa viable para contribuir a la mitigación del cambio climático y todos los efectos negativos que en la actualidad se tienen sobre los recursos naturales, la biodiversidad y la salud y calidad de vida de la sociedad.

Pero, no solo es el uso de las energías renovables lo que aportará a la mitigación y al crecimiento sostenible, se requiere una mejor gestión de los recursos naturales, políticas fiscales

respetuosas con el medioambiente, mercados financieros más verdes y programas eficaces de gestión de los desechos a nivel mundial. Cuando los recursos naturales renovables como las cuencas hidrográficas y los paisajes terrestres y marinos productivos, se administran de forma adecuada, pueden garantizar no solo una base de crecimiento sostenido e inclusivo, sino también la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza. Un medioambiente limpio también es fundamental para garantizar que las personas lleven una vida saludable y productiva, y que los recursos públicos y privados se destinen a inversiones para promover el desarrollo, en lugar de solucionar la contaminación (Banco Mundial, 2021). Es así como, la gestión sostenible de los recursos naturales podrá mitigar algunas de las consecuencias actuales o a mediano plazo, derivadas de los abusos sobre los recursos naturales y que se describirán a continuación.

El actual estrés hídrico en México estima que la precipitación bajará 10% en la mayor parte del país e incluso 40% en Baja California. Esto resultará problemático para la agricultura, el suministro de agua y la salud. La vulnerabilidad de México, frente a estos cambios, se agudiza con los persistentes altos niveles de pobreza y desigualdad, cuya población resultará afectada por fenómenos extremos. En paralelo, otra medida decisiva para México consiste en mejorar la gestión del agua, en especial, porque el cambio climático aumentará la incertidumbre sobre la disponibilidad y la demanda del vital líquido. El agotamiento de las aguas subterráneas debido al bombeo sin control ha provocado un considerable hundimiento de la tierra, mayores costos de suministro de agua en las zonas urbanas y rurales, así como el deterioro de su calidad. Por lo común los servicios de tratamiento de aguas residuales se quedan a la zaga del suministro de agua, lo cual deteriora su calidad. Aquí resulta importante anotar que, en los países desarrollados, a las unidades productivas o residenciales no se les limita el uso (o abuso) del agua, ya que las condiciones en las que se regresa están establecidas de forma clara (tratamiento de aguas residuales). México tiene uno de los porcentajes más bajos de población conectada a plantas públicas de tratamiento de aguas residuales de la OCDE y un importante porcentaje de aguas residuales se trata a nivel primario (OCDE, 2017b). Otro tema que genera problemas es la sobreexplotación de los acuíferos que ha ido en aumento, pues en 1975 había 32 acuíferos en esta condición; en 2004 eran 104 y en 2019 eran 157 (INEGI, 2020). Todas estas problemáticas afectan otras esferas como la escasez de alimentos y por ende los elevados costos de los productos.

Así mismo, un mejor y mayor acceso a los servicios de abastecimiento de agua corriente y saneamiento puede frenar el avance y la transmisión de enfermedades infecciosas. Al adoptar una solución eficaz a problemas tales como la producción, la gestión y el reciclaje de residuos, se

minimizan los riesgos para la salud y el medio ambiente asociados. Si se frena y revierte la pérdida de biodiversidad, se estará protegiendo a la población de la transmisión de agentes patógenos (OCDE, 2020b).

La injerencia humana en la biodiversidad –con ejemplos como la deforestación, la degradación y fragmentación del hábitat natural, la intensificación de la actividad agrícola, el comercio de especies silvestres y el cambio climático–, contribuye a crear las condiciones idóneas para la transmisión de patógenos de los animales a los seres humanos. Los científicos calculan que las zoonosis –enfermedades causadas por la transmisión de agentes patógenos de los animales a los seres humanos–, representan las tres cuartas partes de las enfermedades nuevas o incipientes en seres humanos. Permanecen en la memoria colectiva los nombres de muchos patógenos mortales –ébola, VIH, dengue, SARS, MERS, zika y virus del Nilo Occidental– que provocaron la transmisión interespecie, conocida también como «salto de la barrera de especie» (OCDE, 2020b).

Respecto a la agricultura y como se mencionó, es responsable del 12% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, esto en esencia, por las emisiones de metano del ganado y el arroz, y de las emisiones de óxido nitroso de los fertilizantes. La exposición temprana a los nitratos afecta el crecimiento y el desarrollo cerebral de los niños, lo que repercute en su salud y su potencial de ingresos en la edad adulta. El escurrimiento y la descarga en el agua de cada kilogramo adicional de fertilizantes de nitrógeno por hectárea pueden aumentar las tasas de retraso del crecimiento de los niños en un 19 % y reducir sus ingresos en la edad adulta hasta en un 2%, en comparación con aquellos que no están expuestos (Banco Mundial, 2019a).

La contaminación atmosférica representa el principal riesgo para la salud ambiental del mundo, calculándose que ésta causa 4.2 millones de muertes prematuras al año, mientras que la contaminación del aire en espacios cerrados y viviendas provoca 3.8 millones de muertes prematuras. Por otro lado, se calcula que nueve de cada diez personas inhalan aire con elevadas concentraciones de contaminantes (OMS, 2020 en OCDE, 2020b). La exposición a la contaminación atmosférica está relacionada con innumerables efectos adversos para la salud a corto y largo plazo, entre ellos, el riesgo muy alto de sufrir enfermedades cardiovasculares, respiratorias y trastornos del desarrollo, así como un aumento de los factores de riesgo asociados a la tasa de mortalidad (OMS, 2018 en OCDE, 2020b). De forma contraria, una buena calidad del aire puede contribuir a aumentar la resistencia de nuestro organismo frente a infecciones agudas de las vías respiratorias, al tiempo que conlleva beneficios sociales de mayor alcance (OCDE, 2020b).

Como se observa son muchas y por demás graves las consecuencias que genera una gestión empresarial antropogénica insostenible, y preocupa que todas apuntan al deterioro del bienestar de los ciudadanos y de la calidad ambiental. Esto indica que urge el tránsito a una gestión sostenible que lleve al reconocimiento, evaluación y gestión del capital natural y de los servicios ecosistémicos (Banco Mundial, 2021).

Las inversiones en infraestructuras modernas suponen un elemento esencial para el crecimiento económico; sin embargo, desde la crisis financiera, el nivel de inversión ha sido insuficiente. La energía, el abastecimiento de agua, el saneamiento y la gestión de residuos, los servicios de movilidad y las comunicaciones son los cimientos de la actividad económica y también son imprescindibles para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El crecimiento de muchas economías avanzadas se ha visto dañado por el déficit de inversión en infraestructuras públicas. Y la mayoría de las economías emergentes necesitan cuantiosas inversiones para poder suministrar un acceso universal a servicios modernos a una población en crecimiento (OCDE, 2017c). Las inversiones en capital natural pueden contribuir a las actividades de recuperación al crear empleo, atender a las comunidades más pobres y aumentar la resiliencia a largo plazo. Los ecosistemas saludables contribuyen a mitigar el cambio climático y aumentan la resiliencia de las comunidades más vulnerables de todo el mundo. (Banco Mundial, 2021).

Los países se enfrentan ahora a una decisión fundamental: elegir un tipo de inversión en infraestructura que fomente el bienestar global en el futuro u optar por aquellas [in]acciones que lo socavarán. Además de ser una fuente de crecimiento, la inversión en infraestructura verde es un factor determinante de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y del uso eficiente de los recursos en el futuro. Esto tanto de forma directa (por ejemplo, mediante el tipo de centrales eléctricas instaladas), como indirecta, al ejercer influencia sobre las conductas (por ejemplo, mediante sistemas de transporte y planificación urbana). Invertir en infraestructura es importante para fomentar el crecimiento, pero, invertir en el tipo adecuado de infraestructura (verdes, ecoamigables, limpias), será lo que genere un crecimiento sostenible. Para poder gestionar los riesgos climáticos y conseguir un crecimiento sostenible a largo plazo, es necesaria la inversión en infraestructura baja en emisiones, eficiente desde el punto de vista energético, y resiliente al cambio climático (OCDE, 2017c).

## Capítulo 2: Marco teórico

El proyecto se soporta en tres enfoques fundamentales, el primero de ellos incorpora las versiones fuertes del desarrollo sostenible al modelo de negocio (eco/biocentrismo), el segundo se enmarca en la economía del sector público al abordar las externalidades como uno de los fallos del mercado, y el tercero considera la economía circular en la medida que la generación de energía limpia a partir de biogás incluye como insumo los residuos y desperdicios.

### 2.1 Modelo de negocio sostenible ecocentrista

El modelo de negocio es una herramienta conceptual que incluye un conjunto de elementos y sus relaciones y permite expresar la lógica de negocios de una empresa en particular. Es una descripción del valor que una empresa proporciona a uno o más segmentos de clientes, y creación, comercialización y entrega de la estructura de la empresa y su red de socios.

En la actualidad, para que un plan comercial tenga éxito en el mercado, es cada vez más importante contar con proyectos innovadores y creativos que replanteen y transformen los modelos de negocio tradicionales. La sostenibilidad y la innovación son palancas esenciales para los emprendedores, implicando cambios fundamentales como repensar las relaciones con los clientes, cadenas de suministro, alianzas y redefinición de productos, servicios y procesos con una nueva perspectiva (Bocken, Rana y Short, 2015).

En la figura 2.1, se muestra un esquema en el cual se aprecia la interrelación que debe de existir entre los ámbitos social, ambiental y económico en un negocio sostenible.



**Figura 2.1** Esquema de modelo de negocio sostenible y la interacción social, ambiental y económica.

**Nota:** Elaboración propia

El concepto de bienestar social mostrado en la figura 2.1 se describe como la satisfacción conjunta de una serie de necesidades, en consonancia con la calidad de vida de la sociedad. Los aspectos de la vida social son valorados en función del nivel de satisfacción de las necesidades básicas de los individuos. El bienestar social tiene una relación directa con: salud, educación, vivienda, bienes de consumo, desarrollo urbano, seguridad y en todos los aspectos relacionados con el medio ambiente. En función de lo anterior, el bienestar social se puede medir valorando el desempeño social y económico, a través de variables que representan el estado e incremento del bienestar de las personas (Fehder, Porter y Stern, 2018).

Así mismo, la calidad ambiental se puede conceptualizar como el conjunto de propiedades del medio ambiente, que hacen que los ecosistemas ambientales tengan mérito suficiente como para ser conservados. Esto es que, la interacción entre la naturaleza y el hombre salvaguarde sus condiciones en niveles imponderables para la vida armónica de todos los seres vivos, considerados prioritarios para la conservación de la humanidad (Fehder, Porter y Stern, 2018).

Respecto a la eficiencia energética, para la presente investigación, puede lograrse vía los combustibles alternativos, en la medida que reducen la necesidad recurrente de combustibles fósiles y proporcionan energía neutra con el ambiente y renovable (Stephen, 2010). La puesta en marcha de un proyecto sostenible no se limita a saber implementar estas iniciativas, se trata de crear cambios disruptivos en la búsqueda de nuevas oportunidades. El emprendedor debe compaginar el deseo de crear valor económico, medioambiental y social con el espíritu del rediseño y la búsqueda de modelos de negocio sostenibles e innovadores diferentes a los tradicionales.

Desde la perspectiva de un inversionista, ya sea público o privado, el proceso de toma de decisiones para la combinación de productos y procesos que conducen a un modelo de negocio sustentable y un buen desempeño económico para una biorrefinería no es obvio. Y es que las métricas típicas utilizadas para las decisiones de inversión tienen algunas limitaciones en la identificación del riesgo técnico aceptable en relación con los rendimientos económicos (Chambost, Janssen y Stuart 2018). Los factores y análisis relacionados con el impacto ambiental y la posición competitiva a largo plazo de las nuevas carteras de productos a menudo no se consideran en su totalidad.

En un ejemplo de la opción de inversión para una biorrefinería de triticosa (X Triticosecale Wittmack), es posible identificar los riesgos tecnológicos, así como las ventajas económicas, ambientales y competitivas asociadas a diferentes opciones de modelos de negocio. Este enfoque conduce al desarrollo de una serie de criterios prácticos de decisión a fin de identificar alternativas



de biorrefinería basadas en modelos comerciales sostenibles y a largo plazo (Chambost, Janssen y Stuart, 2018). De tal suerte que se hace necesaria, la colaboración de un conjunto más amplio de interesados en el sistema industrial para conseguir la sostenibilidad. Una sociedad sostenible no se logra, si los agentes individuales promueven sus propios intereses de forma independiente (Sub, Hose y Gotze, 2021).

La toma de decisiones en materia de sostenibilidad implica juicios de valor y consideraciones éticas. Los análisis sociales, económicos y éticos pueden servir de base para dichas decisiones, a fin de incluir asuntos del bienestar humano, los valores culturales y los valores no humanos. Para lograrlo, las empresas necesitarán cambios aún mayores, incluyendo nuevos modelos de negocio, una mayor confianza y un mayor compromiso de las partes interesadas y deberán basarse en una visión a largo plazo para perseguir la sostenibilidad. El marco de un modelo de negocio debe proporcionar una estructura para el pensamiento empresarial sostenible, mediante el mapeo del propósito, las oportunidades de creación de valor, y la captación de valor (generación de ingresos) en las empresas. Sin embargo, para la innovación de modelos de negocio sostenibles, se necesita una gama más amplia de partes interesadas que incluyan al medio ambiente y a la sociedad, y la creación de valor debe enfocarse en estos nuevos jugadores (Bocken, Rana y Short, 2015).

De momento, se identifican pocas herramientas prácticas que ofrezcan luces sobre la implementación del enfoque sostenible, sin embargo, queda claro que la transformación del modelo de negocio involucra al nivel estratégico empresarial (Sub, Hose y Gotze, 2021). La relación de valor y capital empresarial debe generar un flujo de ingresos rentable y sostenible debiendo, entonces, tener muy claros los temas de la sostenibilidad. La sostenibilidad debe concebirse como la producción de bienes y servicios, donde se satisfagan las necesidades humanas y se asegure una mejor calidad de vida de las comunidades, ello, sobre la base de tecnologías limpias que privilegien una relación no destructiva con la naturaleza. Una relación en la que los ciudadanos participen de las decisiones del desarrollo y del progreso para fortalecer las condiciones de la naturaleza, haciendo un uso razonable de los recursos, dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural (Zarta, 2018).

La sostenibilidad es una habilidad o condición que involucra variables de mucha importancia, entre las que se pueden considerar (Zarta, 2018):

- Relación con la finitud y los límites del planeta y la escasez de sus recursos.
- Crecimiento demográfico exponencial.
- Necesidad de producción más limpia en la industria y la agricultura.
- Contaminación y agotamiento de los recursos naturales en la medida que se usan.

El impacto de la interacción de estos fenómenos tiene múltiples implicaciones. Por un lado, los recursos naturales, las materias primas y la energía utilizados en los procesos productivos están tomando lugar a grandes velocidades. Por otro lado, la industria y la agricultura utilizan energía de fuentes no renovables (carbón, petróleo, gas natural, etc.). Hoy en día, la capacidad natural del planeta para absorber gases de efecto invernadero ha llegado a su límite, esto por cuenta de las prácticas energéticas sucias empleadas en la actualidad (Burns, 2012).

La crisis ambiental actual es, ante todo, una crisis causada por la sociedad, ya que no solo es una crisis ecológica en términos de pérdida y degradación ambiental, sino que es una crisis más profunda que incluye los principios de la modernidad, la racionalidad instrumental, es decir, la crisis se plantea a nivel de la civilización. De esta forma, se plantea de manera urgente revisar y renegociar las prácticas que atentan contra un ambiente sano, dinámico y plural. La crisis ambiental no se superará solamente con la aplicación de nuevas tecnologías, se debe de revisar el factor humano de manera preventiva y ajustando los campos del conocimiento a favor del bienestar humano (Paolocá, 2020).

Es evidente el indiscutible colapso de la vida en la Tierra, reflejado en ecosistemas con menor capacidad de habitabilidad, agotamiento de recursos por las crecientes demandas de la población, aumento de tecnologías contaminantes y mayores consumos de energía y de materiales (que producen miles de millones de toneladas de desechos que se arrojan a los ecosistemas). Ello sin duda, lleva al deterioro de la calidad de la vida humana porque los ecosistemas que la sostienen están más allá de la capacidad del equilibrio de la naturaleza. En otras palabras, el concepto de sostenibilidad permite entender que se presencia un mundo de recursos naturales escasos y demanda ilimitada, de crecimiento poblacional, y de desarrollo económico basado en tecnologías obsoletas. El propio panorama de los impactos climáticos devastadores lleva a comprender que la capacidad de sustentar el planeta es limitada y que de manera acelerada se enfrenta al colapso de los ecosistemas (Toca, 2011).

Como alternativa a esta problemática, han surgido diversas corrientes de pensamiento de las cuales se puede destacar la antropología ecológica donde se formula analogías entre poblaciones humanas y biológicas, valiéndose de los métodos de estudio de esta última. Otra corriente por mencionar es la etnoecología que describe a la cultura como modelador del ambiente, centrándose en el estudio de modelos conceptuales creados a partir de la estructura del conocimiento empírico de los sujetos. No obstante, ambas corrientes se posicionan similarmente al determinismo ambiental, como una visión dualista de la relación humano-ambiente, dicho de otro modo, humano-

naturaleza. Basado en dicho análisis, se define al ecocentrismo como una corriente que posee una visión cartesiana de la naturaleza teniéndola conceptualizada como una máquina y transformándola en objeto, donde se valora a los seres vivos no humanos y los factores abióticos por sobre las personas y los procesos culturales, considerando a su vez a los primeros de manera estática y frágil, lo que conlleva a una noción de naturaleza tal como era en su forma original, la cual debe ser separada y reservada de la sociedad humana para evitar ser dañada y/o modificada, bajo esta definición, es necesario aclarar que el término ecocentrismo es utilizado desde diversas posturas éticas, teóricas y políticas (Paolocá, 2020).

La visión ecocéntrica, hace notar la preocupación central de la protección ambiental, no solo de las diferentes formas de vida, sino también del medio que no permite que haya vida con influencia de la naturaleza química, física y biológica que los rodea y permite su supervivencia. La corriente ecocéntrica pone el equilibrio de los ecosistemas y el medio ambiente en el centro de la discusión y protección. La naturaleza, en general, seres vivos, enfatizando todas las especies y no solo los humanos como los factores que ayudan a la vida, como el agua, el aire, el suelo, los minerales, entre otros y se protegen las relaciones en vista de su importancia para mantener un estado de equilibrio entre todos los seres vivos (Abreu y Bussinguer, 2013).

El proceso de cambio de paradigmas nunca es inmediato, exige un largo período de adaptación a una nueva realidad. Con el cambio de una visión antropocéntrica a una biocéntrica, no es diferente. Este cambio de paradigma requiere un lapso de tiempo considerable, puesto que la reflexión profunda sobre el sentido y el valor de la vida cambia desde la perspectiva del antropocentrismo. La vida, en todas sus formas y no sólo la vida humana, pasa a ser considerada el valor más expresivo del ecosistema, reconociendo la importancia de todos los seres vivos para sí mismos y para mantener el equilibrio del medio ambiente (Abreu y Bussinguer, 2013).

Así mismo la corriente del biocentrismo es una alternativa adecuada en el estudio de problemáticas ambientales, a partir de la cual, el ser humano y su ambiente, se tornan como dos secciones de la misma entidad, dicho de otra forma, una relación lógica y de mutua influencia, donde las fronteras de ambas se encuentren difíciles de determinar. El biocentrismo busca romper con el antropocentrismo, donde la valoración se hace de manera principal de acuerdo con el beneficio o ventaja humana, convirtiendo al ambiente en un objeto, para instrumentalizarlo y manipularlo. Es por ello por lo que el biocentrismo, no busca generar una naturaleza intocada, sino que defiende una igualdad biocéntrica, donde todas las entidades tengan igual derecho a vivir y prosperar (Paolocá, 2020).

La llamada economía verde, que pretende incidir en la producción de proyectos verdes (a partir de inversiones estratégicas tanto públicas como privadas), trata el suelo como infraestructura para la vida que depende de sus sistemas de producción y existe un interés mundial por proteger los ecosistemas. En efecto, por esta vía es posible construir sociedades sanas y sostenibles sin dañar el medio ambiente y sin vivir de su explotación (Zarta, 2018).

Para las empresas, hay muchas fuentes de energía renovable y no renovable disponibles. Las fuentes de energía convencionales no renovables incluyen carbón, petróleo, gas natural y propano. El carbón se utiliza para generar calor y proporcionar electricidad. El aceite es una fuente de combustible y lubricante para todo tipo de vehículos. Tanto el gas natural como el gas propano son utilizados en gran medida, tanto para la calefacción del agua y de espacios. Estos, junto con el carbón y el petróleo, se encuentran en un subconjunto de fuentes de energía conocidas de manera común como combustibles fósiles basados en el carbono. (Stephen, 2010).

Algunos empresarios, consideran que la mejora de la eficiencia energética y la conservación de la energía son los combustibles alternativos, en el sentido de que reducen la necesidad recurrente de combustibles fósiles. Desde la década de 1990, se han combinado para proporcionar una mayor cantidad de nueva energía que cualquier otro combustible. La sostenibilidad en las empresas, en términos de uso de energía, puede considerarse como: 1) la capacidad de proporcionar energía que sea neutra con el ambiente; 2) no usar energía de forma consumista; 3) abrir posibilidades para la energía renovable; 4) reducir la necesidad de energía de fuentes de energía no renovable; y 5) distribuir los recursos energéticos de manera equitativa (Stephen, 2010).

Las tecnologías sostenibles van más allá de las tecnologías ambientales. Mientras que las ambientales se ocupan de producir bienes y servicios con una contaminación mínima, las sostenibles tienen un objetivo mucho más amplio al permitir la satisfacción de las necesidades de toda la humanidad, sin exceder su capacidad de recuperación ecológica y sin promover la inequidad (Mulder, 2006).

Una tecnología sostenible significa más que producir de manera simple bienes sin contaminación o destrucción ecológica, implica satisfacer las necesidades de las personas, de tal manera que no se supere la capacidad de recuperación del planeta ni la de los ecosistemas locales. El objetivo es llevar el uso de los recursos naturales en el mundo dentro de los límites establecidos por la capacidad de recuperación de la Tierra. La innovación para el desarrollo sostenible exige una visión amplia, lleva a actuar desde un nivel local, pero evaluando las tecnologías a nivel mundial y

con una visión de largo plazo. Además, la evaluación de la tecnología es crucial, al igual que las tecnologías que tienen por objeto contribuir al bien común (Mulder, 2006).

## 2.2 La economía del sector público

Las actividades del Estado inciden de innumerables formas en la vida de los individuos. Los países occidentales tienen una economía mixta, en la que muchas de las actividades económicas son ejecutadas por empresas privadas, y otras por el Estado. Éste influye, además, en el actuar del sector privado, a través de una serie de reglamentaciones, impuestos y subvenciones. Por ello, las economías mixtas tienen que definir de manera regular las fronteras entre las actividades públicas y las privadas haciendo del estudio de la economía del sector público una actividad importante e interesante (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Los mercados son susceptibles de fallas, pero, no siempre el Estado consigue corregirlas. En la actualidad, cuando los economistas cuestionan qué papel debe desempeñar el Estado, su pretensión es la determinación de las restricciones tanto del Estado como de los mercados. Concuerdan así, en la existencia de muchos problemas que el mercado no soluciona de forma satisfactoria; en términos más generales, el mercado sólo es eficiente de manera integral en unos supuestos bastante restrictivos (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Sin embargo y a pesar de las restricciones del Estado, su intervención es necesaria en aquellos campos en los que los fallos del mercado trascienden y en los que existen pruebas de que la participación estatal puede suponer una gran mejora. En la actualidad, entre los economistas de los países occidentales impera la idea de que un arbitraje limitado del Estado puede atenuar, sin llegar a resolver, los problemas más graves. Se pretende hallar entonces la forma de que el Estado y los mercados actúen de manera colectiva, reforzándose de forma solidaria (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Para analizar los efectos de distintas medidas, los economistas utilizan lo que se denomina modelos económicos. La economía real es evidentemente muy compleja y para que logren identificar qué sobreviene y pronosticar las consecuencias de un determinado cambio de política, deben diferenciar sus características esenciales de aquellos elementos superfluos. Las características en las que un economista se centra cuando construye un modelo dependen de las cuestiones que desee abordar. Una de las principales funciones del Estado consiste en establecer el marco jurídico dentro del cual se realizan todas las actividades comerciales y económicas, ello a

partir de sus actividades esenciales: (1) producción de bienes y servicios; (2) regulación y concesión de asistencias a la producción privada; (3) compra de bienes y servicios, desde misiles hasta recogida de basura; y (4) redistribución de la renta (transferencias) como las prestaciones por desempleo a determinados grupos de personas (Stiglitz y Rosengard, 2015). De esta forma, en torno al primer tipo de actividades se encontrarían las comerciales que pudieran apoyar los privados.

Es bien sabido que al centro de la economía se encuentran las empresas maximizadoras de los beneficios que interactúan con los hogares en mercados competitivos y que, bajo ciertas condiciones idealizadas, las economías competitivas son eficientes. Surge así, la economía del bienestar como aquella rama encargada de las cuestiones normativas, siendo la definición de las formas de gestión de una economía, la más importante. Ello es, decidir qué debe producirse, cómo debe producirse, para quién y a quién le compete. La mayoría de los economistas defiende un razonamiento denominado eficiencia en el sentido de Pareto (en honor al gran economista y sociólogo italiano Vilfredo Pareto). Aquellas concesiones de recursos que tienen la propiedad de mejorar el bienestar de una persona, pero, a costa de empeorar el bienestar de otra, se dice son eficientes u óptimas en el sentido de Pareto (no es posible hacer un cambio sin que afecte a otros). Esta expresión es invocada cuando los economistas refieren la eficiencia (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Dos de los resultados más significativos de la economía del bienestar refieren la relación entre los mercados competitivos y la eficiencia en el sentido de Pareto. Estos resultados se denominan teoremas fundamentales de la economía del bienestar. El primero dice que si la economía es competitiva (y satisface algunas otras condiciones), es eficiente en el sentido de Pareto. El segundo teorema plantea lo contrario, es decir hay muchas distribuciones eficientes en el sentido de Pareto. Transfiriendo riqueza de una persona a otra, se mejora el bienestar de la segunda y se empeora el de la primera. Tras redistribuir la riqueza, si se deja que actúen de forma libre las fuerzas de la competencia, se obtiene una asignación de los recursos eficiente en el sentido de Pareto. Pero, en el nuevo equilibrio no es posible mejorar el bienestar de alguna persona sin empeorar el de otra (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Con frecuencia los resultados de los mercados no son satisfactorios. La insatisfacción se debe, en parte, a que «nadie está contento con su suerte»: a las personas les gusta pensar que hay otras formas de fundar la economía que podrían optimizar su bienestar. Sin embargo, esta insatisfacción es, en parte, real: a menudo parece que los mercados producen una gran cantidad de unas cosas, como contaminación del aire y del agua (males públicos), y muy poca de otras, como ayuda a las artes o a la investigación de enfermedades (bienes públicos) (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Como se mencionó, el primer teorema fundamental de la economía del bienestar establece que la economía sólo es eficiente en el sentido de Pareto en determinadas circunstancias o condiciones. Existen seis importantes escenarios en los que los mercados no son eficientes en el sentido de Pareto, a los que se les denominan fallos del mercado representando una tesis en favor de la intervención del Estado. Los seis fallos del mercado a saber son: competencia imperfecta, bienes públicos, externalidades, mercados incompletos, información imperfecta, y paro y otras perturbaciones macroeconómicas (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Por ser del interés de la presente investigación a continuación algunos detalles sobre las externalidades y el medio ambiente.

La contaminación del aire y del agua son ejemplo de muchos fenómenos que los economistas llaman externalidades. Siempre que una persona o empresa emprende una acción que produce un efecto en otra persona o empresa, por el que ésta última no paga, ni le es pagada, se está en presencia de una externalidad. Los mercados impactados por externalidades no asignan de forma eficiente los recursos. Los niveles de producción, así como los gastos realizados para controlar la externalidad, son incorrectos, por ejemplo, cuando una empresa puede reducir su nivel de contaminación, pero, invirtiendo recursos. Aunque el beneficio social sería grande, la empresa no tiene ningún incentivo privado para gastar su dinero. Pero no todo es negativo, en algunos casos, las acciones de una empresa generan beneficios a otros (no compensados), estando así ante la presencia de externalidades positivas. Las acciones que afectan de forma negativa a otros se denominan externalidades negativas (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Una significativa clase de externalidad es la que deriva de los problemas de los recursos comunes. Se caracterizan porque se refieren a un grupo de recursos escasos cuyo acceso no está restringido. En algunos casos, los mercados privados pueden resolver las externalidades sin la ayuda del Estado. La manera más franca consiste en internalizar la externalidad formando unidades económicas que tengan el tamaño necesario para que la mayoría de las consecuencias de cualquier acción ocurran dentro de la unidad. En este caso, debe recurrirse al sistema jurídico que garantiza que se cumplen los términos del acuerdo con el que se intentan resolver algunas de las externalidades. Siempre que hay externalidades, las partes afectadas pueden unirse y llegar a un convenio que lleve a internalizar la externalidad y se garantice la eficiencia, esta afirmación ha sido denominada teorema de Coase (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Las soluciones del sector público para superar las externalidades sobre el medio ambiente se dividen en dos clases: basadas en el mercado y la regulación directa. Las primeras pueden ser de tres tipos:

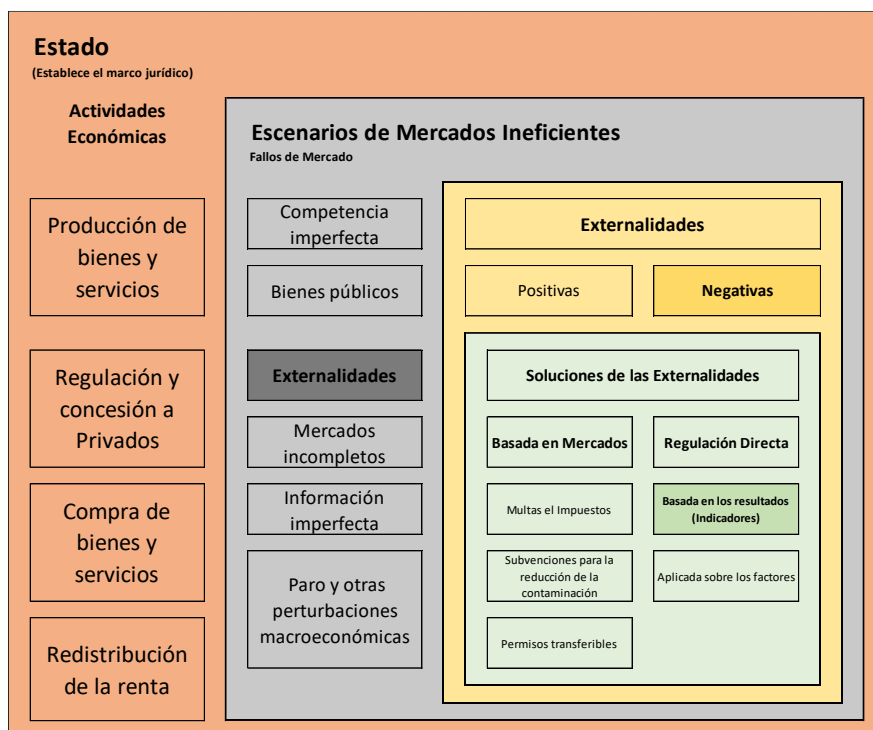
- **Multas e impuestos.** Consiste en cobrar tasas o impuestos proporcionales a la cantidad de contaminación emitida. De manera general, siempre que hay una externalidad, existe una diferencia entre el costo social y el privado y entre el beneficio social y el privado. Una multa o un impuesto bien calculados muestran a la persona o empresa los verdaderos costos y beneficios sociales de sus actos (Stiglitz y Rosengard, 2015).
- **Subvenciones para la reducción de la contaminación.** Por la probabilidad de que un fabricante apenas se beneficie de forma directa por la reducción de la contaminación (ésta beneficia a las personas que viven cerca de la fábrica), y en ausencia de multas por contaminación, siempre será atractivo contaminar. Desde el punto de vista social, la empresa realizaría por iniciativa propia un gasto demasiado pequeño para disminuir la contaminación. El Estado, en lugar de gravar la contaminación, podría subvencionar los gastos efectuados para reducirla. Los contaminadores prefieren las subvenciones por sobre las multas (Stiglitz y Rosengard, 2015).
- **Permisos transferibles.** Denominados con regularidad permisos negociables, funcionan como un sistema de límites máximos e intercambio. Se limita la cantidad máxima que se puede emitir de un contaminante y este límite se asigna o se vende a las empresas bajo la figura de permisos de emisión (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Con respecto a la regulación directa, los economistas señalan que el Estado de manera tradicional ha recurrido a esta en la medida que reduce la incertidumbre. En el caso de la contaminación, se deben distinguir dos clases importantes de reglamentación, la basada en los resultados (contaminación total generada) y la aplicada sobre los factores (contaminación generada por los insumos o la tecnología) (Stiglitz y Rosengard, 2015).

Una de las razones para utilizar la regulación basada en los resultados (por oposición a las normas sobre los factores) y los impuestos basados en la contaminación (por oposición) radica en que abordan de forma directa lo que preocupa (el nivel de contaminación) y pueden inducir a realizar innovaciones, como nuevos métodos de producción que generen menos contaminación o nuevas técnicas para reducirla con un menor costo. Los avances tecnológicos han aumentado la capacidad para controlar algunos tipos de contaminación (Stiglitz y Rosengard, 2015).



La figura 2.2, muestra la trazabilidad de la economía del sector público desde las funciones que ejerce el Estado, pasando por los escenarios donde los mercados son ineficientes, haciendo énfasis en las externalidades negativas y sus posibles soluciones.



**Figura 2.2** Esquema de la economía del sector público y las particularidades sobre externalidades.

**Nota:** Elaboración propia

Cómo negar la emergencia de una serie de controversias sobre la mejor manera de fomentar la innovación y sobre su alcance, los ecologistas están menos convencidos que los economistas sobre el poder de los incentivos económicos. Muchos creen que se debe imponer la innovación como una obligación de la industria (Stiglitz y Rosengard, 2015). A continuación, se abordan con detenimiento las medidas tomadas por las autoridades para proteger el medio ambiente en función de los recursos físicos naturales: aire, agua y suelos.

**Aire.** El intento por controlar la contaminación atmosférica tiene varios argumentos a saber:

- **La desaparición de la capa de ozono.** La atmósfera tiene una fina capa de ozono, que nos protege de las radiaciones solares perjudiciales. A finales de los ochenta, quedó claro que estaba apareciendo un agujero en ella situada encima de la Antártida y que la causa eran los clorofluorocarbonados (CFC) y otras sustancias destructoras (Stiglitz y Rosengard, 2015).

- **La lluvia ácida.** El control del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que da lugar a la lluvia ácida y que es emitido especialmente por las centrales de carbón, es otro caso de éxito (Stiglitz y Rosengard, 2015).
- **La contaminación del aire.** Las pequeñas partículas en suspensión pueden causar graves problemas de salud a algunas personas. La intervención de las autoridades para resolver los problemas que plantea la contaminación del aire ha evolucionado en los últimos cincuenta años, pasando de la mera investigación a la fijación de unos niveles y al reforzamiento de la autoridad para controlarla (Stiglitz y Rosengard, 2015).
- **El calentamiento del planeta.** En este asunto se observan pocos avances, en concreto en el tema de los gases que producen el efecto invernadero (Stiglitz y Rosengard, 2015).

**Agua.** Existe unanimidad en que los controles establecidos son indispensables, pero, subsiste la controversia sobre los beneficios, en relación con los costos de las normas que intentan reducir la contaminación de ríos y lagos. En la actualidad, la contaminación del agua no es responsabilidad exclusiva de las fábricas, sino, de fuentes más difíciles de controlar como los residuos líquidos y escurrimientos de las explotaciones agrícolas (Stiglitz y Rosengard, 2015).

**Suelo:** El intento por controlar la contaminación del suelo involucra aspectos como (Stiglitz y Rosengard, 2015):

- **Residuos tóxicos.** Con afectación de ríos, canales y tierra, las compañías químicas los han convertido en cementerios de residuos tóxicos, aumentando el riesgo de padecer cáncer en las personas que entran en contacto con ellos.
- **Especies amenazadas.** No sólo preocupa la protección del medio ambiente de la contaminación, sino también su preservación y es que a medida que crece la población, desplaza a la naturaleza. Ya en todo el mundo se reporta multitud de especies en peligro de extinción.

### 2.3 Economía circular

Se vive en un mundo muy cambiante y globalizado, donde resulta muy difícil delimitar el alcance físico y temporal de los efectos que se producen como consecuencia de actividades antropogénicas, donde los problemas, conflictos y crisis son cada vez menos locales, menos regionales y nacionales, extendiéndose y alcanzando dimensiones globales e internacionales (Belda, 2018).

Dos de los problemas principales que afectan el medio ambiente y acotan las posibilidades hacia un desarrollo sostenible tienen que ver con el aumento de la demanda de recursos naturales destinados a mantener el estilo de vida actual de la población a nivel global y con la capacidad del planeta para equiparar los desechos que esta demanda genera. Hay que considerar, además, que la población sigue aumentando y podría llegar a 9,600 millones de personas en 2050 (de Miguel, Martinez, Pereira y Kohout, 2021)

Algunos de los problemas globales más serios son el cambio climático, la sobreexplotación de los recursos y la destrucción de los ecosistemas. Provocados entre otras cosas, por un sistema de producción y consumo humano descontrolado y despreocupado de las consecuencias con el paso del tiempo. Ello, con ocasión del incremento de la producción y el consumo, o por culpa de los métodos utilizados para desarrollarlo (Belda, 2018).

En la actualidad, las consecuencias de ese modelo productivo y de consumo se han hecho evidentes, demostrándose además que han sido producto de la globalización, acelerada en gran medida por el incremento de las relaciones comerciales entre los diferentes estados. Ello ha supuesto un incremento de la oferta y la demanda mundial y, por ende, una mayor producción y consumo, a todas luces retos globales. De este modo, desde hace un tiempo, las organizaciones internacionales están buscando alternativas para poder hacer frente a estos desafíos y, parece ser que la respuesta más efectiva se encuentra en la economía circular (Belda, 2018).

Por tanto, es necesario gestionar acciones con rumbo a un cambio de modelo donde la cadena productiva reduzca el uso de materiales, con altas tasas de crecimiento de la demanda, y se preserven los recursos naturales y ambientales. El llamado a que la etapa de la recuperación pospandemia debe de tener un enfoque para avanzar hacia un modelo circular que permita disociar la actividad económica del uso de recursos y de la generación de desechos, al tiempo que se promueven nuevos modelos de negocios y empleos (de Miguel, Martinez, Pereira y Kohout, 2021).

Ya algunos estudios (Belda, 2018) han confirmado que el actual sistema de consumo y producción humano es insostenible y que es necesario buscar alternativas para poder aumentar o, al menos, mantener el actual nivel de vida.

Los recursos naturales aportan materias primas, agua, energía, biodiversidad, tierra, servicios ecosistémicos, etc., en otras palabras, cualquier elemento del cual se sirve el ser humano para producir bienes o prestar servicios. Así, los recursos naturales son necesarios para desarrollar cualquier actividad humana. Todo aquello que produce y consume el ser humano proviene de la

directa utilización o transformación de los recursos naturales, por tanto, sin ellos, sería imposible el desempeño humano (Belda, 2018).

Dentro de los abusos (diferente a los usos) cometidos sobre la naturaleza se pueden reconocer (Belda, 2018):

**Sobrepesca:** Este problema se puede entender al considerar que el consumo mundial de pescado y productos pesqueros per cápita, según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha ido aumentando con un paso constante en las últimas décadas, pasando de una media de 11.5 kg durante la década de 1970, a una media de 12.8 kg en la década 1980, y de 14.8 kg en la década de 1990. Para la década del 2000, alcanzó una media de 16.4 kg per cápita.

**Deforestación:** De acuerdo con un estudio de la FAO hasta 2015, la evaluación de los recursos forestales mundiales, desde 1990 se han perdido unos 129 millones de hectáreas de bosques y así, mientras que en 1990 los bosques cubrían el 31.6 por ciento de las zonas terrestres del planeta, en 2015 se ha pasado al 30.6 por ciento. Los bosques, además de la importante función que desempeñan como los grandes sumideros naturales de CO<sub>2</sub>, ayudando a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, son la principal fuente de obtención de los recursos madereros, así como de otros productos farmacológicos, químicos o alimenticios. La destrucción de los bosques encuentra sus orígenes en el aprovechamiento forestal y la sustitución de la masa forestal por campos de cultivo. En cualquier caso, la desaparición de los bosques puede provocar la pérdida de numerosos recursos naturales y servicios ecosistémicos imprescindibles.

**Escasez de agua:** Este es, con gran seguridad, el mayor de los problemas en cuanto a la carestía de recursos naturales se refiere, pues no solo es un derecho y una necesidad básica para todo ser humano, sino que es indispensable para la producción y transformación de los recursos naturales (agricultura, ganadería, producción de energía, producción industrial, etc.). El agua es, sin lugar a duda, la fuente de la vida, por lo que su escasez implica ponerla en riesgo de manera directa, incluso, la de la totalidad de la humanidad.

**Combustibles fósiles:** Referidos al agotamiento de los recursos naturales no renovables y dentro de los que se reconocen el carbón, el gas natural y el petróleo, es decir, de los que la humanidad ha dependido a lo largo de la historia.

**Generación de residuos.** Durante el siglo XX la producción de recursos aumentó diez veces. Hace diez años, los 2,900 millones de residentes urbanos generaban 0.64 kg de residuos sólidos municipales (RSM) por persona al día (6,800,000 toneladas al año), tal y como lo refleja el Informe

del Banco Mundial *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management* (2012). Este mismo informe y para el mismo año, revelaba un incremento en 3,000 millones de residentes urbanos, que generaban 1.2 kg de RSM por persona al día (1,300 millones de toneladas al año), lo que supone un aumento de más del 91%. Para el 2025, se estima, serán 4,300 millones de residentes urbanos, generando en promedio 1.42 kg de RSM por persona al día (2,200 toneladas al año, algo más de 6 millones de toneladas de residuos al día) que supone un incremento de un 70%.

De acuerdo con la proyección de las actuales tendencias socioeconómicas, para el año 2100 no se alcanzará el pico máximo de residuos, sin embargo, se producirá una cantidad de 11 millones de toneladas de RSM al día, lo que, sin duda, representará una carga económica y medioambiental muy costosa (Belda, 2018).

La economía circular ofrece una oportunidad de desarrollo, tanto por la creación de nuevas actividades económicas vinculadas con el abastecimiento de bienes y servicios ambientales, como por la transformación de las actividades económicas que ya existen para acrecentar su eficiencia material y reducir su impacto ambiental. Este camino también permitiría avanzar en toda la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, en particular, en aquellos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas que dan seguimiento del cambio en los patrones de producción y consumo (de Miguel, Martínez, Pereira y Kohout, 2021).

El modelo de producción y consumo, en la actualidad responde a un sistema lineal en el que los recursos naturales son extraídos, ya sea para ser utilizados directamente o para ser transformados en bienes y vendidos para ser usados durante un periodo de tiempo determinado. Estos bienes al final de su vida de uso terminan desechados en vertederos o rellenos sanitarios generando grandes cantidades de residuos que bien pudieran volverse a incorporar en los procesos productivos (Belda, 2018).

Bajo estas claridades, El objetivo de la economía circular es preservar el valor de los materiales y productos durante el mayor tiempo posible, evitando enviar de regreso a la naturaleza la mayor cantidad de desechos que sea posible y logrando que estos se reintegren al sistema productivo para su reutilización. De esta forma, se reduce la generación de residuos al mínimo y se cierra su ciclo de vida, de modo tal que los residuos no sean vistos como desechos sino como recursos. Al evitar el ingreso de nuevo material y energía en los procesos, se reduce la presión ambiental en el ciclo de vida de los productos. Todo esto es posible si se cuenta con una adecuada gestión de residuos, que implique su jerarquización en la totalidad del ciclo, desde la prevención

hasta la reutilización, el reciclado, la recuperación de energía y la disposición final de los materiales que no sea posible usar (de Miguel, Martínez, Pereira y Kohout, 2021).

La economía circular se está implementando en nuestros días en muchas áreas y lugares en el mundo, aún con enormes potencialidades. El modelo lineal opuesto (tomar, hacer y tirar), se basa en la disponibilidad de grandes cantidades de materiales y energía de fácil acceso y baratos, así como medios más económicos para deshacerse de lo que ya no es de interés. Este modelo tradicional de la industria ha generado un nivel de crecimiento de residuos sin precedentes, alcanzando sus límites físicos. Por ello, la economía circular se presenta como alternativa atractiva y viable que empieza a considerarse en el mundo empresarial (Steffen et al., 2015).

La economía circular tiene un diseño restaurador y regenerador, a fin de mantener los productos, componentes y materiales en el más alto nivel de uso en todo momento. Lo importante del concepto es la distinción entre ciclos biológicos y tecnológicos (Cerdá y Khalilova, 2016). Respecto los ciclos biológicos, es posible pensar en el ciclo biológico de cualquier ser vivo, una planta, por ejemplo. Como se sabe, el ciclo de la vida se resume en las siguientes fases: nacer, crecer, reproducirse y morir. Así, la planta nace a través de una semilla procedente de los frutos de otra planta madura, crece y, si las condiciones son óptimas, alcanzará la madurez, producirá frutos en los que albergará nuevas semillas, que a su vez, generarán nuevas plantas. Pasado un tiempo, la planta perecerá, sirviendo sus restos como materia orgánica que utilizarán otros seres vivos de diversas maneras, generando otros recursos naturales y contribuyendo a nuevos ciclos biológicos. Además de su propio desarrollo, durante el ciclo biológico de la planta en cuestión, sirve a múltiples fines subsidiarios: como refugio de otros seres vivos, proporcionando alimentos a seres humanos y animales, y las hojas caídas del otoño se convierten en nutrientes para el suelo (abono verde). Como se ve, desde que la planta nace hasta que muere (e incluso después de muerta), se produce un ciclo biológico en el que todos los procesos y elementos cumplen una función, que sirven para crear o regenerar vida (Belda, 2018).

Sobre el ciclo tecnológico, el ejemplo es una computadora portátil. Para fabricar una lap-top son necesarias, un aproximado de 1.8 toneladas de materiales, incluidos 1,500 litros de agua, 240 kg de combustibles y 22 kg de productos químicos. De este modo, si se tiene en cuenta que una lap-top pesa entre uno y dos kg, significa que solo entre el 0.1% y el 0.05% de los materiales que son empleados componen el producto final (Belda, 2018).

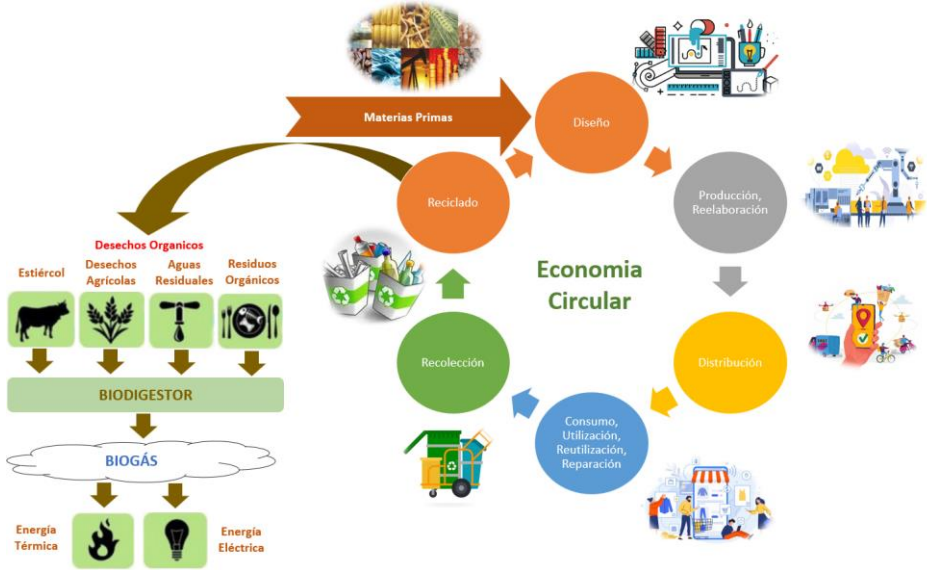
Mientras que una planta nace de la semilla de otra planta, empleando el 100 % de su materia orgánica, y contribuye de manera constante a la generación de nuevos ciclos, la lap-top se crea a

partir de la transformación de una mínima parte de otros centenares de productos, de los cuales casi el 100 % son desechados y no generan más que basura. La computadora representa un sistema lineal en el que se extraen recursos, se transforman y se desechan, y donde, de manera general, los materiales empleados solo tienen una utilidad y no contribuyen a la generación o regeneración de nuevos productos, una vez que se acaba la vida útil del producto original (Belda, 2018).

A todo esto, hay que añadir que, mientras algunos ciclos biológicos, pueden llegar a durar varios cientos de años (incluso algunos más de mil años), la inmensa mayoría de los ciclos tecnológicos están acotados, dado que casi la totalidad de estos productos están fabricados con una obsolescencia programada para que, pasados algunos años resulten inservibles y tengan que ser sustituidos por otros nuevos y actualizados (Belda, 2018).

La economía circular es un ciclo de desarrollo activo y continuo que aumenta y preserva el capital natural, minimiza y optimiza el rendimiento de los recursos, así como del riesgo sistémico; gestiona existencias limitadas y flujos renovables operando de manera eficiente a cualquier escala (Cerdá y Khalilova, 2016).

La figura 2.3 ofrece el ciclo cerrado de la economía circular, teniendo presente conceptos clave como: materia prima, diseño de procesos y servicios, la producción y reelaboración, distribución, consumo, recolección, reciclaje y los desechos finales. Así mismo se asocia el aprovechamiento de los desechos orgánicos para la obtención de biogás y su utilización para la obtención de energía térmica y eléctrica.



**Figura 2.3** Esquema de la economía circular basada en los conceptos clave: reducir, reutilizar y reciclar.

**Nota:** Elaboración propia.

Los principios que soportan la economía circular son (Cerdá y Khalilova, 2016):

**Principio 1:** Proteger y mejorar el capital natural, controlar las existencias finitas y equilibrar el flujo de recursos renovables. Cuando se necesitan recursos, el sistema circulatorio los selecciona de una manera sabia, eligiendo tecnologías y procesos que utilizan recursos renovables o de mayor rendimiento siempre que sea posible. Una economía circular también aumenta el capital natural al promover el flujo de nutrientes en el sistema y crear condiciones para la regeneración del suelo.

**Principio 2:** Optimizar el rendimiento de los recursos, reciclando siempre productos, componentes y materiales al más alto nivel de eficiencia en los ciclos técnicos y biológicos. Lo que se expresa en rediseño, renovación y reciclaje para mantener los materiales y componentes circulando en la economía.

**Principio 3:** Promover la efectividad del sistema, desarrollar patentes y planificar la eliminación de externalidades negativas. Esto incluye reducir los daños a los sistemas y áreas que afectan a las personas, como la alimentación, la movilidad, la vivienda, la educación, la salud o la recreación, así como gestionar factores externos como la contaminación del aire, el agua, el suelo y el ruido, las emisiones tóxicas y el cambio climático.

Los sistemas circulares utilizan bucles más ajustados siempre que sea posible (es decir, es mejor mantener que reciclar), retener la energía incorporada y otros valores. Estos sistemas están diseñados para prolongar aún más la vida útil del producto y optimizar la reutilización, compartir y aumentar el uso del producto (Batlles, Belmonte, Plaza y Abad, 2021).

De acuerdo con el concepto de economía circular y los principios descritos se pueden señalar las siguientes características clave de una economía circular (EEA, 2016):

1. Reducir insumos y uso de recursos naturales:
  - Minimizar y optimizar la utilización de materias primas mientras entrega más valor por menos.
  - Reducir la dependencia de las importaciones de recursos naturales.
  - Usar de forma eficiente todos los recursos naturales.
  - Minimizar el consumo total de agua y energía.
  
2. Mayor distribución de energía y recursos renovables y reciclables.
  - Sustituir recursos no renovables por recursos renovables con niveles de suministro sostenibles.
  - Contar con una mayor proporción de materiales reciclables y reciclados para sustituir los materiales vírgenes.
  - Cerrar el ciclo de materiales.



- Extraer de manera sostenible materias primas.
3. Reducción de emisiones:
- Reducir las emisiones a lo largo del ciclo de materiales usando menos materias primas y su producción sostenible.
  - Reducir la contaminación a través del reciclaje de materiales limpios.
  - Reducir la pérdida de material y desperdicio
  - Minimizar la acumulación de residuos.
  - Limitar y minimizar la cantidad de residuos incinerados y vertidos.
  - Minimizar las pérdidas por desperdiciar recursos valiosos.
4. Preservar el valor económico de productos, componentes y materiales:
- Prolongar la vida útil del producto y mantener el valor del producto en uso.
  - Reutilizar componentes.
  - Mantener el valor material en la economía a través del reciclaje de alta calidad.

Las acciones relativas a la economía circular han ganado terreno en los últimos años a nivel mundial. En Europa, por ejemplo, se ha patrocinado un importante programa de economía circular con el propósito de convertirse en una economía eficiente en recursos y baja en carbono. El programa incluye legislación sobre residuos y un plan de acción detallado con medidas para todo el ciclo de los materiales: comprendiendo desde la producción y el consumo hasta la gestión de residuos y el mercado de materias primas secundarias. Estas acciones contribuirán a “cerrar el ciclo de vida” de los productos mediante un aumento del reciclaje y la reutilización, con beneficios para el medio ambiente y la economía (de Miguel, Martínez, Pereira y Kohout, 2021).

La economía circular ayuda a la creación de empleo, abriendo nuevas oportunidades de negocio, impulsando nuevos modelos empresariales y desarrollando nuevos mercados. Para seguir consolidando su ventaja competitiva, al mismo tiempo permitiendo la restauración del capital natural. Todo esto al impulsar diversas iniciativas para modernizar y adaptar los procesos industriales existentes, incluidas las pequeñas y medianas empresas (pymes), en torno al diseño y la producción circulares, la capacitación de los consumidores, convertir los residuos en recursos y cerrar el círculo de los materiales recuperados. Además, para acelerar la transición se necesitan inversiones e innovaciones que permitan apoyar la adaptación industrial (de Miguel, Martínez, Pereira y Kohout, 2021).

De acuerdo con un estudio de Ellen MacArthur Foundation & SYSTEMIQ del año 2017, escalar la economía circular en Europa ofrecería oportunidades de inversión por un valor de

aproximadamente 320,000 millones de euros a 2025 en acciones concentradas en diez áreas. Para 2030 estas áreas podrían generar un 7% de crecimiento adicional del PIB, reducir el consumo de materias primas un 10% adicional y bajar las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> un 17% más de lo que se lograría siguiendo el patrón de desarrollo actual (de Miguel, Martínez, Pereira y Kohout, 2021).

El uso de energía en nuestro entorno ha ido en aumento. El rápido aumento de la población y las consiguientes demandas de espacio acondicionado son las principales causas del aumento del uso de energía. La necesidad de un espacio con un elevado acondicionamiento ha dado lugar a nuevos estándares para la comodidad humana. De manera curiosa, el uso de energía tiende a ser altamente descentralizado, mientras que la producción de energía tiende a ser de manera relativa centralizada. Los costos externos incluyen aquellos no solo asociados con la contaminación del agua y el aire, sino también con la disponibilidad de capital y la equidad social. Hoy en día, las empresas se encuentran cada vez más en situaciones en las que se les exige internalizar dichos costos. Un uso más eficiente de la energía en el entorno puede tener un impacto significativo en la reducción de los costos económicos directos. Estos incluyen la capacidad de proporcionar expansión sin construir instalaciones adicionales de generación de energía y, al mismo tiempo, mitigar el impacto ambiental. Las tecnologías están disponibles para proporcionar un uso más eficiente de la energía. (Stephen, 2010).

La producción y el uso de energía tienen un impacto urbano y regional. Las preguntas surgen de inmediato ¿dónde se construirá la próxima central eléctrica? ¿se construirá una presa que podría interrumpir los flujos naturales de agua y eliminar otro recurso de recreación? ¿se permitirá la construcción de una granja de tanques de petróleo junto a un río? ¿es realmente necesario un nuevo gasoducto a campo traviesa? ¿cómo se pueden modificar las plantas generadoras eléctricas de carbón para reducir la contaminación? ¿qué hay que hacer, si es que hay algo, sobre los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera? La lista de preguntas relevantes parece interminable, lo que tienen en común es su relación con la sostenibilidad. Desde el punto de vista de la capacidad tecnológica, ahora se tiene flexibilidad para seleccionar entre múltiples fuentes de energía para satisfacer un requisito determinado, lo que permite que las fuentes de energía más apropiadas sean utilizadas. Además, ahora se tiene la tecnología para diseñar y construir nuevas instalaciones con un alto nivel de eficiencia (Stephen, 2010).

Hay tecnologías disponibles que proporcionan un uso más eficiente de la energía. En el mundo al revés de la economía de la energía, las tecnologías rentables y eficientes a nivel energético, a menudo no se implementan. Incluso cuando el rendimiento financiero de sus

inversiones es mayor que otras inversiones que impliquen riesgos similares, porque, si bien no ha surgido un consenso claro, el fracaso del mercado, la inercia burocrática, la falta de agendas políticas consistentes, el fracaso de los procesos de toma de decisiones estratégicas y la influencia política y la inacción se sugieren como probables barreras para una implementación más amplia de tecnologías de eficiencia energética (Stephen, 2010).

La energía alternativa ofrece una gama de respuestas a las preguntas de sostenibilidad empresarial. La sustitución de combustible incluye soluciones como el remplazo de equipos de generación alimentados con carbón o petróleo por gas natural. Si bien, esto se considera como un enfoque de energía alternativa, los combustibles alternativos o energía renovable incluyen: 1) energía solar que se utiliza de forma directa para la calefacción de espacios, con intercambiadores de calor para calentar agua, o para la generación directa de energía eléctrica utilizando celdas fotovoltaicas; 2) energía eólica que se utiliza para el bombeo de agua y la conversión directa de electricidad; 3) combustibles de biomasa (como madera o gases de vertedero) para la producción de calor; 4) pilas de combustible de hidrógeno para diversos usos; 5) energía hidroeléctrica para la generación eléctrica; y 6) energía geotérmica que hace uso del calor de la tierra (Stephen, 2010).

Dado que las energías limpias constituyen un elemento de gran importancia dentro de la economía circular, a continuación, se ofrecerá el panorama global de las bioenergías.

En la última década, el interés en una transición global hacia un sistema energético que dependa más de las energías renovables ha aumentado, en respuesta a objetivos relacionados con el cambio climático, la descarbonización, la seguridad energética, la creación de empleo, la equidad y el acceso a la energía. Para lograr estos objetivos, los responsables de la toma de decisiones en diferentes niveles han formulado políticas de energía renovable con la finalidad de fortalecer las existentes. Así mismo existe apoyo político a las energías renovables, ya sea directamente a través de mandatos e incentivos de energía renovable, o de forma indirecta a través de medidas como la fijación de precios de carbono y las prohibiciones de uso de combustibles fósiles (REN21, 2022).

A finales de 2021, la mayoría de los países del mundo habían implementado al menos una política regulatoria en apoyo a las energías renovables, centrada en esencia en el sector eléctrico. A nivel mundial, los responsables de la toma de decisiones están convencidos del papel clave de la electrificación renovable y en los esfuerzos de descarbonización por lo que han promulgado políticas para incentivar esta actividad (REN21, 2022).

Las políticas orientadas a la mitigación del cambio climático pueden estimular, de manera indirecta, la implementación de energías renovables al promover una reducción o eliminación de

las emisiones de GEI. La mayoría de las políticas de cambio climático relacionadas con la energía no se centran en las energías renovables de forma explícita; sin embargo, estas desempeñan un papel fundamental en el aumento del interés y la adopción de este tipo de tecnología en todos los sectores de uso final (REN21, 2022).

El 2021 fue importante para el desarrollo de la política climática, ya que las negociaciones climáticas de las Naciones Unidas se dilataron en 2020 por cuenta de la pandemia de COVID-19. En noviembre de 2021, para reanudar las conversaciones de las partes interesadas, 151 países presentaron Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) nuevas o actualizadas, la mayoría de ellas mostraron mayor ambición en la reducción de emisiones. Sin embargo, no todas las NDC contienen un objetivo cuantitativo de energía renovable, y las que lo hacen se centran en el sector eléctrico (REN21, 2022). Muchos países anunciaron nuevos objetivos de emisiones de GEI, por ejemplo, Zimbabue se comprometió a reducir las emisiones en un 40% para 2030 (condicionado al apoyo financiero internacional), y el Líbano elevó su objetivo a un 20% de reducción para 2030, frente al 15% anterior (REN21, 2022).

Más de 17 países anunciaron nuevos compromisos netos de cero emisiones en 2021. A finales del mismo año, al menos 135 países, así como la Unión Europea (UE), que en conjunto representan alrededor del 88% de las emisiones mundiales, tenían algún tipo de objetivo de cero emisiones netas. La UE fijó, con arreglo a lo que dispone la ley, su objetivo de neutralidad climática para 2050, así como un objetivo provisional de reducción de emisiones del 55% para 2030. Por su parte, Brasil estipuló un objetivo de cero emisiones netas para 2070, e India para 2050. El grado de aplicación varía, ya que muchos objetivos de cero emisiones netas no están respaldados por una legislación específica. Mientras tanto, solo 84 de los 135 gobiernos con objetivos de cero emisiones netas también tenían objetivos de energía renovable (REN21, 2022).

Las políticas de fijación de precios del carbono tienen como objetivo aumentar el precio de la energía basada en fósiles en comparación con las fuentes renovables o limpias. A finales de 2021, existía aplicación de este tipo de políticas en 65 jurisdicciones a nivel nacional y subnacional, cubriendo un aproximado del 21.5% de las emisiones mundiales de GEI. Al menos cuatro países (Austria, China, Alemania e Indonesia) y el estado de Washington (Estados Unidos) introdujeron nuevas políticas de fijación de precios del carbono en 2021, que entrarán en vigor en 2023. China lanzó el esquema de comercio de emisiones más grande del mundo para la energía eléctrica como parte de sus objetivos para alcanzar el pico máximo de emisiones para 2030 y la neutralidad de carbono para 2060. Las políticas que prohíben o eliminan de forma paulatina el uso de combustibles

fósiles pueden estimular la adopción de energías no fósiles en varios sectores de uso final. En 2021, el tipo más común de prohibición de combustibles fósiles promulgada a nivel nacional y estatal o provincial fue sobre el carbón, que se utiliza como principal fuente para generar energía eléctrica (REN21, 2022).

Poner fin al apoyo gubernamental para la producción y exploración de combustibles fósiles e implementar prohibiciones sobre la financiación de proyectos internacionales de este tipo, también tiene el potencial de apoyar de forma indirecta la adopción de energías renovables. En 2021, China, Japón y la República de Corea se comprometieron a poner fin a la financiación para la construcción de nuevos proyectos de energía de carbón en el extranjero (pero no limita a nivel nacional). España prohibió todos los nuevos permisos de exploración y producción de carbón, gas y petróleo. Canadá anunció que dejaría de exportar carbón térmico (pero no otros tipos) a más tardar en 2030 (REN21, 2022).

A finales de 2021, 166 países tenían establecido algún tipo de objetivo a nivel nacional y/o estatal o provincial para aumentar la adopción de energías renovables, ya sea en toda la economía o en sectores específicos. Países como África, la República Democrática del Congo, Kenia y Uganda establecieron objetivos para lograr el 100% de energías renovables en toda la economía para 2050. Fiji estableció un objetivo similar para 2036, las Islas Marshall para 2050 y Austria y Barbados para 2030 (REN21, 2022).

Aunque los objetivos, por sí solos casi nunca desincentivan la inversión, continúan siendo una expresión importante del compromiso de un gobierno con las energías renovables. Sin embargo, estos objetivos deben transformarse en acciones mediante la aceptación e implementación de otras políticas y regulaciones complementarias de energía renovable (REN21, 2022).

Cada vez más, las energías renovables se incluyen en los planes y estrategias nacionales de desarrollo económico, en particular dadas las preocupaciones sobre el aumento de los precios de la energía y la seguridad de la energía. El gobierno de Brasil, en octubre de 2021 lanzó un Programa Nacional de Crecimiento Verde, con el objetivo de alinear el crecimiento económico con el desarrollo sostenible hacia una economía verde y de bajo carbono, como parte del programa. Invertirá 71 mil millones de dólares, en acciones que incluyen energía renovable, biodiversidad y gestión de residuos. La visión 2047 de la India, aún en desarrollo, ha planteado los objetivos de ser un país un líder en energías renovables. China, en su Plan Quinquenal número 14, publicado en

marzo de 2021, se comprometió a aumentar la energía eólica y solar fotovoltaica, así como a expandir el desarrollo de la infraestructura de energía y para su almacenamiento (REN21, 2022).

Las políticas de apoyo para energías renovables en el sector eléctrico incluyen: objetivos, estándares de cartera renovable (RPS por sus siglas en inglés), políticas de alimentación (tarifas y primas), subastas y licitaciones, certificados de energías renovables (REC) o Garantías de Origen (GOs), medición neta y otras políticas para fomentar el autoconsumo, así como incentivos fiscales y financieros (como subvenciones, bonificaciones y créditos fiscales). La mayoría de los países apoyan la energía renovable con una combinación de instrumentos de política que a menudo varían según la tecnología, la escala u otras características de la instalación (por ejemplo, centralizada o descentralizada) (REN21, 2022).

Al menos 51 países introdujeron objetivos nuevos o actualizados para el sector eléctrico en el 2021, y para finales del mismo año al menos 135 países presentaron algún tipo de objetivo de energía renovable; número de países inferior comparado con los 137 países en 2020, ya que algunos objetivos expiraron en dicho año y no fueron renovados (causado porque el incumplimiento de los objetivos no está sometido a sanciones). Mientras tanto, el número de países con políticas regulatorias para las energías renovables del sector eléctrico mantuvo su crecimiento, pasando de 145 en 2020 a 156 en 2021 (REN21, 2022).

Durante el 2021, varios países celebraron subastas o licitaciones de energía renovable a nivel nacional o subnacional. Albania realizó su primera licitación para energía eólica terrestre (después de dos licitaciones para energía solar fotovoltaica en 2020), impulsada por la necesidad de diversificar su fuente de electricidad, que está dominada por la energía hidroeléctrica. En España, casi 1 GW de energía eólica se adjudicó a siete empresas en una subasta de energías renovables. Fuera de Europa, Japón celebró su primera licitación de energía eólica marina flotante, y China adjudicó 5.5 GW de energía eólica marina a través de subastas (REN21, 2022).

Al menos 17 países introdujeron políticas financieras o fiscales en 2021, incluidos Dinamarca, Francia e Italia en Europa, y Australia y Nueva Zelanda en Oceanía. Marruecos proporcionó 5.6 mil millones de dólares para grandes proyectos solares en el país, y Bangladesh proporcionó 50 millones de dólares para instalar 80,000 sistemas solares domésticos y 5,000 sistemas comunitarios. En Europa, Croacia implementó un programa de reembolso de 8.4 mil millones de dólares para instalaciones solares fotovoltaicas de empresas y viviendas, Malta anunció 29.4 millones de dólares para financiamiento de proyectos de energía renovable a gran escala, Suecia puso a disposición 28.7 millones de dólares en descuentos para los propietarios de viviendas

que instalan energía solar fotovoltaica, y el Reino Unido proporcionó 357 millones de dólares en subsidios para energías renovables. A nivel estatal, Kerala (India) comenzó a ofrecer un subsidio para instalar energía solar fotovoltaica, y los participantes susceptibles del beneficio solo tuvieron que pagar el 12% de los costos (REN21, 2022).

En 2021, como en años anteriores, los incentivos financieros continuaron teniendo el apoyo político en proyectos térmicos renovables en la industria. Durante este año, países europeos implementaron políticas similares: Austria lanzó un esquema de subvenciones para grandes plantas termo solares para la industria, al igual que España. A finales de 2021, la primera convocatoria de proyectos térmicos renovable para los sectores de la industria y los servicios en España dio lugar a subvenciones de 122 millones de dólares para apoyar la financiación de 51 proyectos solares, con una capacidad total de 62 MW. A principios de 2022, el Programa de Incentivos para la Transición a Energía Renovable de los Países Bajos comprometió 15 mil millones dólares para proyectos térmicos renovables (geotérmico, biomasa y solar), que son proyectos de bajo carbono (REN21, 2022).

La bioenergía lleva al uso de muchos materiales biológicos diferentes con fines energéticos, incluidos los residuos de la agricultura y la silvicultura, los desechos orgánicos sólidos y líquidos (cuentan también los residuos sólidos municipales y aguas residuales), y cultivos destinados en específico para la energía. El uso de estas materias primas puede reducir las emisiones de GEI al proporcionar sustitutos de los combustibles fósiles generando calor para edificios y procesos industriales, alimentar el transporte y generar electricidad. La bioenergía puede conducir a reducciones adicionales de emisiones e incluso emisiones negativas. Cuando es sostenible, la producción y el uso de la bioenergía pueden ayudar a promover la seguridad energética y la estabilidad de precios, al tiempo que ofrecen beneficios sociales y económicos que respaldan el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, la bioenergía puede plantear riesgos de sostenibilidad si los proyectos no se gestionan con cuidado, ya que los marcos de gobernanza sólidos son esenciales para garantizar resultados positivos. Otras barreras para el despliegue de la bioenergía incluyen sus costos considerados altos de forma relativa, así como los desafíos relacionados con el acceso al mercado (REN21, 2022).

En 2020, el uso de bioenergía en todo el mundo totalizó un estimado de 12,222 terawatt horas (TWh), de acuerdo con los últimos datos disponibles y que equivalen a alrededor el 12.3% del consumo total mundial de energía final. Así mismo, 6,694 TWh se destinaron al uso tradicional de biomasa para cocinar y calentar esto en economías en desarrollo y emergentes mismas que representan el 6.7% del consumo. En general, la bioenergía representó alrededor del 47% del uso

estimado de energía renovable en el consumo total de energía final mundial en 2020, frente al 54% en 2010 (REN21, 2022).

El uso tradicional de la bioenergía implica la quema de biomasa en fuegos o estufas simples e ineficientes. Para reducir graves impactos en la calidad del aire y la salud pública, se está llevando a cabo un importante esfuerzo internacional para transitar del uso tradicional de la bioenergía hacia soluciones de cocina limpias para todos. Las opciones incluyen uso de gas LP (aunque esto es menos compatible con las ambiciones climáticas a largo plazo), así como soluciones basadas en electricidad renovable y biomasa más limpia, como combustibles de etanol y briquetas y *pellets* de madera (REN21, 2022).

El biogás, una mezcla de metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases, se produce por digestión anaeróbica (un proceso biológico que ocurre cuando los materiales orgánicos se fermentan en ausencia de oxígeno). Este proceso ocurre en los vertederos de residuos, y el gas resultante se puede recolectar y utilizar, proporcionando energía al tiempo que reduce las emisiones del vertedero. Los gases se pueden utilizar de forma directa para calefacción o generación de energía. Como una alternativa más, el componente de metano puede separarse y comprimirse (formando biometano) y usarse para reemplazar el gas fósil inyectándolo en gasoductos o con fines de uso en el transporte (REN21, 2022).

Alrededor del 80% del biogás producido en el mundo es utilizado para la generación de energía, tanto para la generación de energía eléctrica y la cogeneración (electricidad y térmica), a menudo estimulada por tarifas favorables y otros mecanismos de apoyo. El 20% de biogás restante se utiliza para calefacción, transporte y otras aplicaciones (REN21, 2022).

En 2020 la producción de biometano totalizó un estimado de un poco más del 1% de la demanda mundial total de gases fósiles. La producción de biometano ha crecido de forma rápida, duplicándose de 2015 a 2019, con más de 1,000 plantas de producción en funcionamiento. Estados Unidos es el productor más grande, estimulado por el Estándar Nacional de Combustible Renovable (RFS) y por el Estándar de Combustible Bajo en Carbono (LCFS) de California (REN21, 2022).

El uso de biomasa para la producción de calor es propio de industrias de base biológica y la agricultura, como el papel y el cartón, el azúcar y otros productos alimenticios, y las industrias basadas en la madera. Estas industrias a menudo utilizan sus desechos y residuos para generar energía: por ejemplo, el bagazo de caña de azúcar se utiliza para producir electricidad y calor para el procesamiento del azúcar. Entre 2015 y 2020, el uso de bioenergía para el calor industrial aumentó un 8% que es equivalente a 2,750 TWh (REN21, 2022).



Los biocombustibles pueden proporcionar una alternativa renovable, usarse en vehículos diseñados para combustibles fósiles de forma directa o como una mezcla con gasolina o diésel (con modificaciones menores del motor). Los principales obstáculos para la adopción generalizada de biocombustibles incluyen: mayores costos que los combustibles convencionales, disponibilidad limitada de ciertas materias primas y necesidad de gestionar de manera cuidadosa los riesgos de sostenibilidad (REN21, 2022).

Muchas materias primas de biomasa se pueden utilizar para producir electricidad. Alrededor del 82% de la bioelectricidad se produce a partir de materias primas sólidas como la madera y los productos forestales (incluidos los *pellets*), residuos agrícolas (en particular el bagazo de caña de azúcar representa 10% de la generación mundial) y residuos sólidos urbanos (12%). Estos combustibles se queman y el calor se utiliza para impulsar turbinas de vapor para producir electricidad (REN21, 2022).

La capacidad mundial de bioenergía aumentó de forma significativa de 2011 a 2021, alcanzando un estimado de 158 GW. Desde 2017, China ha sido el principal país productor de bioenergía, seguido en 2021 por Estados Unidos, Brasil, Alemania, Japón, Reino Unido e India (REN21, 2022).

Para cerrar el apartado teórico, resulta importante mencionar que, para esta investigación, que busca aportar a la administración de empresas, fue necesaria la consulta de enfoques de otras disciplinas como la economía y la ingeniería. Por tanto, se priorizó la consulta de los trabajos de los autores que mayor impacto han generado en cada campo, sin importar, el año de sus aportes y desarrollos. Ello obedeciendo a que, la consulta directa de los pioneros de los enfoques aporta mayores luces a cualquier iniciativa investigativa. De este modo, la administración de empresas podrá contar con un modelo de negocio sostenible nutrido con conceptos de otras disciplinas, tal es el caso del ecocentrismo, la economía del sector público, la economía circular y las energías limpias.

### Capítulo 3: Marco contextual

La humanidad enfrenta desafíos ambientales que aumentan en número y gravedad, preocupación manifiesta desde la Conferencia de Estocolmo de 1972 y que en el siglo XXI ya se reporta como emergencia global (PNUMA, 2021). Se trata de fenómenos causados por una gestión antropogénica insostenible que amenaza la subsistencia de la naturaleza y de todos los seres vivos en el planeta, es el caso del calentamiento global y con ello el problema del cambio climático. La política ambiental global así lo ha identificado y por ello tiene entre sus prioridades impulsar esfuerzos que reduzcan las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero e iniciar acciones para la adaptación y la mitigación. Reconociendo como parte central de la política climática a los individuos, y de forma especial a los más vulnerables, actividad que representa un reto determinante enfrentado desde distintos espacios internacionales (SEMARNAT, 2022).

El aumento del uso de los recursos y la generación de desechos son factores que promueven el cambio climático sin límites de fronteras o continentes. Para satisfacer la demanda creciente se emplean más tierras y mayores cantidades de agua dulce y océanos para la producción y extracción de alimentos, minerales, fibras y energía. Adicional a instalaciones industriales, infraestructuras y nuevos asentamientos (PNUMA, 2021).

A diario, el planeta envía señales sobre los grandes cambios sufridos, como son meteorológicos que afectan la producción de alimentos y el nivel del mar que aumenta el riesgo de inundaciones con efectos negativos para la humanidad. Las consecuencias del cambio climático afectan a todos y de no tomar medidas drásticas, será mucho más costoso y complicado la adaptación y mitigación en el futuro (ONU, 2019).

Los gases de efecto invernadero (GEI) se generan de forma natural y son básicos para la conservación de los seres humanos y de otros seres vivos ya que, al evitar que parte del calor del sol se escape hacia el espacio, hace que la Tierra sea habitable. Después de poco más de 150 años de industrialización, deforestación y agricultura desmedida, el volumen de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha evolucionado a niveles nunca vistos en tres millones de años. El crecimiento de la población, la economía, el nivel de vida y de consumo, es directamente proporcional a la emisión de ese tipo de gases (ONU, 2019).

A riesgo de sonar repetitivo, existen tres vicisitudes útiles para entender mejor el origen y la magnitud del problema abordado por esta investigación (ONU, 2019):

- La concentración de GEI en la atmósfera está asociada de forma directa con la temperatura media de la Tierra;
- La concentración de GEI ha ido creciendo de forma constante desde la revolución industrial y, por ende, la temperatura de la Tierra;
- El GEI con mayor presencia, alrededor de dos tercios, es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) derivado, en su mayor parte, del uso de combustibles fósiles.

El modelo de desarrollo humano de alto consumo de recursos y cada vez más desigual impulsa de forma indirecta el cambio ambiental mundial. En los últimos 50 años, la población humana se ha duplicado, mientras que la extracción de materiales y la producción de energía primaria y alimentos han aumentado en más del triple. La economía mundial se ha quintuplicado y el comercio se ha decuplicado. El aumento de la oferta a raíz de la innovación y de la eficiencia en la producción de bienes y servicios, así como la comercialización, y las crecientes demandas de los consumidores de una población más rica y en crecimiento, impulsa el uso de los recursos. Los habitantes de los países de ingresos altos suelen consumir mucho más que los de los países de ingresos bajos y medianos (ONU, 2019).

### 3.1 Institucionalidad global

Dar solución al cambio climático aportará beneficios económicos y al mismo tiempo mejorará nuestra vida, esto basado en la protección del medio ambiente. Es por ello que instituciones como la ONU, ha desarrollado marcos y acuerdos globales para dar luz a ese progreso tan deseado, ejemplo de esto son los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Acuerdo de París, mismos que plantean tres amplias categorías de acción: reducir las emisiones, adaptarse a los impactos climáticos y financiar los ajustes necesarios. El realizar cambios en los sistemas energéticos basados en combustibles fósiles y migrar a las energías renovables, como la solar, la eólica o la biomasa, se reducirán las emisiones que generan el cambio climático. Y aunque un grupo cada vez más grande de países se ha comprometido a alcanzar las emisiones cero para 2050.

En las siguientes secciones se muestra con más detalles cómo ha sido la evolución del enfrentamiento con el problema del cambio climático.

### 3.1.1 Primera conferencia mundial sobre el medio ambiente

La Conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo, Suecia, en 1972, fue la primera conferencia mundial en exponer al medio ambiente como un tema importante. En esta conferencia los participantes acogieron acciones para la gestión razonada del medio ambiente. Dichas acciones fueron: a) el programa global de evaluación del medio humano (vigilancia mundial); b) las actividades de ordenamiento del medio humano; c) las medidas internacionales auxiliares de la acción nacional e internacional de evaluación y ordenamiento (ONU, 2021).

De la conferencia de Estocolmo, surge la Declaración y el Plan de Acción de Estocolmo para el Medio Humano, que contenía 26 principios, ubicando temas ambientales en el primer plano de las preocupaciones internacionales y marcando la iniciativa del diálogo entre los países industrializados y en desarrollo. El tema central, el vínculo entre el crecimiento económico, la contaminación del aire, el agua y los océanos y el bienestar de las personas de todo el mundo (ONU, 2021).

### 3.1.2 Protocolo de Kioto

En 1995, la comunidad internacional empezó negociaciones para responder globalmente al cambio climático, dos años más tarde, 83 países firmaron y 46 ratificaron el Protocolo de Kioto, del cual en la actualidad 192 países son parte. Este protocolo obliga por la vía legal a los países desarrollados a cumplir unas metas de reducción de emisiones. El primer período de compromiso del Protocolo comprende de 2008 a 2012, el segundo de 2013 a 2020 (ONU, 2019).

El Protocolo de Kioto fue aprobado el 11 de diciembre de 1997 y producto de un complejo proceso de ratificación, entró en vigor el 16 de febrero de 2005, pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) comprometiendo a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de GEI de conformidad con las metas individuales acordadas. Sólo vincula a los países desarrollados y les impone responsabilidades porque reconoce que son los principales responsables de los altos niveles de emisiones de GEI en la atmósfera (ONU, 2022b).

### 3.1.3 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC

La Organización de las Naciones Unidas monitorea los esfuerzos para salvaguardar el planeta, por ello en 1992 la Cumbre para la Tierra dio lugar a la CMNUCC, que fue el primer paso para enfrentar este grave problema. En la actualidad, 197 países son partícipes de la Convención, cuya finalidad es prevenir una interferencia humana peligrosa en el sistema climático (ONU, 2019).

Todos los Estados denominados partes en la CMNUCC tienen representación en la Conferencia de las Partes (COP), donde se examina la aplicación de la convención y de cualquier otro instrumento jurídico que la COP adopte, además, se toman las decisiones para promover su aplicación efectiva, se incluyen, por tanto, arreglos administrativos e institucionales (ONU, 2022). La convención sólo pide a los países que adopten medidas de mitigación, así como políticas y que realicen un informe periódico.

Una tarea clave de la COP es analizar los comunicados nacionales y los inventarios de emisiones entregados por las partes y a partir de dicho análisis, ponderar los efectos de las medidas adoptadas y correspondientes al progreso (ONU, 2022).

La COP se reúne cada año, desde marzo de 1995 en Bonn, sede de la secretaría, a menos que algún país se ofrezca a atender el período de sesiones. La presidencia de la COP circula entre las cinco regiones reconocidas por la ONU: África, Asia, América Latina y el Caribe, Europa Central y Oriental y Europa Occidental (ONU, 2022).

La última COP27 celebrada en noviembre de 2022 en la ciudad egipcia de Sharm el-Sheikh, reunió a los jefes de Estado, ministros y negociadores, junto con activistas climáticos, alcaldes, representantes de la sociedad civil y directores ejecutivos. Se apoyó en los resultados previos (COP26) para acoger medidas frente a la emergencia climática, que van desde la vigilancia de la reducción de las emisiones de GEI, el fortalecimiento de la resiliencia y la adaptación a los efectos inevitables del cambio climático, hasta el acatamiento de los compromisos de financiamiento de la acción climática en los países en vías de desarrollo. Ante la creciente crisis energética, las concentraciones récord de GEI y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, la COP27 buscó renovar la solidaridad entre los países para cumplir el Acuerdo de París, adoptado en beneficio de las personas y del planeta (ONU, 2022f).

Las decisiones tomadas en Sharm el-Sheikh durante la COP27, requieren que todos los países hagan un esfuerzo adicional para abordar la crisis climática, comenzando ahora y teniendo

como bases los cinco puntos clave que se concluyeron durante la conferencia (ONU, 2022g). Algunos de los acuerdos que se confirmaron durante esta COP son:

**Establecimiento de un fondo exclusivo para pérdidas y daños:** Un acuerdo innovador para brindar financiamiento por pérdida y daño para países vulnerables afectados por inundaciones, sequías y otros desastres climáticos. Decisión histórica, ya que, por primera vez, los países reconocieron la necesidad de financiamiento para responder a las pérdidas y daños asociados con los efectos adversos del cambio climático. Aunque los detalles se definirán durante el próximo año (quién debe contribuir al fondo, de dónde provendrá este dinero y qué países se beneficiarán), este fondo será operado a través de un comité de transición. Se espera que la primera reunión del comité de transición tenga lugar antes de abril de 2023 para presentar resultados en la COP28 (ONU, 2022h).

**Seguir con la intención clara de mantener 1.5°C al alcance de la mano:** En la COP27, los países ratificaron su compromiso de acotar el aumento de la temperatura global a 1.5°C por arriba de los niveles preindustriales. Lo que significa que la economía mundial debe mitigar el cambio climático; por lo que se debe reducir o evitar la emisión de GEI para situar la temperatura donde la ciencia dice que debe estar en 2030. De acuerdo con esto, en la COP27 se estableció un programa de trabajo de mitigación bastante ambicioso. Se pretende que el programa inicie de forma inmediata y continúe hasta 2026, año en el que se realizará una revisión para estudiar su evolución. En la COP27, también se solicitó a los gobiernos, para finales de 2023, la revisión y refuerzo, de nueva cuenta, la inclusión de los objetivos de la Agenda 2030 relacionados con el clima, en sus planes nacionales. También se pidió apresurar los esfuerzos para la eliminación gradual de la energía a base de carbón y de los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles. Los gobiernos recalcaron la importancia de una combinación de energías limpias, renovables y de bajas emisiones, como parte de la diversificación de las fuentes y los sistemas energéticos (ONU, 2022i).

**Exigir responsabilidades a empresas e instituciones:** Esta fase de aplicación implica también una atención a la rendición de cuentas en lo que respecta a los compromisos adquiridos por sectores, empresas e instituciones. En 2023, la transparencia de los compromisos de empresas e instituciones con el cambio climático será una prioridad de la ONU. Por lo anterior, presentará un plan tendiente a garantizar la transparencia y la rendición de cuentas con los agentes no estatales, anotando que ya está operando el Portal de Acción Climática Mundial para registrar compromisos, publicar planes de transición y hacer un seguimiento de los informes anuales de aplicación. Sin

embargo, expresa que es necesaria su ampliación para tener un alcance con los agentes no estatales (ONU, 2022j).

**Movilizar más ayuda financiera para los países en desarrollo:** El financiamiento es el centro de todas las acciones para combatir el cambio climático. La mitigación y adaptación, las pérdidas y los daños y la tecnología climática, demandan fondos suficientes para operar de forma correcta y aportar a los resultados deseados. En la COP27 se creó un plan para alinear los flujos financieros más amplios hacia un desarrollo bajo en emisiones y resiliente al clima. Conocido como el Plan de Implementación de Sharm el-Sheikh, destaca una transformación global hacia una economía baja en carbono que requiera inversiones de al menos seis billones de dólares al año. Para conseguir tal volumen de financiamiento, será necesaria una transformación rápida y completa del sistema financiero, sus estructuras y procesos, con la participación de gobiernos, bancos, inversores institucionales y demás agentes con posibilidad de aportar. Uno de los resultados clave de las decisiones sobre el financiamiento climático es el llamado a las Partes para aportar recursos para el Fondo Verde para el Clima (ONU, 2022k).

**Hacer el pivote hacia la implementación:** El paquete de decisiones adoptado en la COP27 se centra en la implementación, a fin de fortalecer las acciones de los países para reducir las emisiones de GEI y adaptarse a los impactos inevitables del cambio climático, así como impulsar el apoyo financiero, tecnológico y creación de capacidad necesarios en los países en desarrollo. Tras la COP27, se pretende establecer un programa de trabajo sobre transición justa que, espera ampliar y complementar el trabajo para aumentar de manera urgente la ambición y la implementación de la mitigación (ONU, 2022l).

#### 3.1.4 Acuerdo de París

En la COP21 de París de 2015, las partes de la CMNUCC alcanzaron un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático e intensificar las acciones y las inversiones necesarias con miras a un futuro sostenible con bajas emisiones de GEI. El Acuerdo de París agrupa a todas las naciones bajo una causa común: realizar esfuerzos ambiciosos con el objetivo de combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. Por lo que la CMNUCC acuerda que los países en desarrollo reciban un mayor apoyo para impulsar la lucha contra el cambio climático (ONU, 2019).

El objetivo principal del Acuerdo de París es fortalecer la respuesta mundial al cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2°C,

respecto a los niveles preindustriales y continuar con los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1.5°C (ONU, 2019). Este acuerdo exige la aplicación de la mejor ciencia disponible para lograr una transformación económica y social, trabaja en ciclos de cinco años con medidas climáticas cada vez más ambiciosas (ONU, 2022c).

En 2020, los países presentaron sus planes de acción climática conocidos como Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés). En sus NDC, los países comunican las medidas que tomarán para reducir sus emisiones de GEI con el fin de alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, así mismo, comunican las acciones que tomarán para ser resilientes y adaptarse a los efectos del aumento de la temperatura (ONU, 2022c).

### 3.1.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son el plan maestro para lograr un futuro sostenible para todos. Los 17 ODS se interrelacionan e integran los desafíos globales a los que la humanidad se enfrenta de forma cotidiana, es el caso de la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación del medio ambiente, la prosperidad, la paz y la justicia (ONU, 2022d).

Los líderes mundiales suscribieron el 25 de septiembre de 2015, los ODS globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse, en su mayoría para el 2030, más de una docena de metas tenían como año límite el 2020. Desde siempre establecen que para alcanzarlas, todos los actores deben participar, es decir, los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil (ONU, 2022e). Los ODS que mayor vínculo tienen con el desarrollo de la presente investigación son (ONU, 2022d):

- **Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.** Las inversiones en infraestructura son necesarias para lograr el desarrollo sostenible.
- **Objetivo 12: Producción y consumo responsables.** Hacer más y mejores cosas con menos recursos.
- **Objetivo 13: Acción por el clima.** El cambio climático es un reto global que no conoce fronteras.



Debemos de tener presente que el logro de los ODS se ve amenazado por los riesgos ambientales que son cada vez mayores y que se refuerzan entre sí (PNUMA, 2021). Los cambios actuales en el clima, la pérdida de biodiversidad y la contaminación obstaculizan aún más su logro. Un claro ejemplo son los pequeños incrementos de temperatura, junto con los cambios que generan, entre otros, en el clima, las precipitaciones, las lluvias intensas, el calor extremo, la sequía y los incendios, aumentando los riesgos para la salud, la seguridad alimentaria, el suministro de agua y la seguridad humana. En 2018, estos hechos causaron daños por los desastres naturales relacionados, exigiendo un gasto aproximado de 155,000 millones de dólares (PNUMA, 2021).

Por su parte, la prosperidad humana se ve amenazada por las crecientes desigualdades, algo lamentable, ya que la carga del deterioro ambiental tiene mayor impacto sobre los pobres y vulnerables y se extiende aún más sobre las juventudes y las generaciones futuras. Existe una creciente brecha de riqueza entre ricos y pobres, entre países y al interior de ellos. Por ello, el deterioro ambiental afecta y concierne a todos, ricos y pobres, pero, la factura la pasa a los pobres y vulnerables (PNUMA, 2021). La capacidad de la Tierra para satisfacer las crecientes necesidades de alimentos, agua y saneamiento se seguirá reduciendo ante el constante deterioro del medio ambiente, afectación que ya están experimentando las personas vulnerables y marginadas (PNUMA, 2021).

El logro de los ODS exige cambios y aumentos considerables de los flujos financieros públicos y privados, implementando nuevos modelos de inversión, de manera principal en sectores tales como el agua, los alimentos y la energía, por lo que es preciso implementar incentivos para que los inversionistas con un interés en la sostenibilidad tengan un atractivo desde el punto de vista financiero (PNUMA, 2021).

## 3.2 Panorama mexicano

### 3.2.1 Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo tiene el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes, así como promover las mejores prácticas y tecnologías disponibles para reemplazarlos y prevenir su desarrollo. Todo ello, a través del fortalecimiento de las legislaciones nacionales y la implementación de planes nacionales para cumplir con los compromisos (SEMARNAT, 2015).

El Convenio de Estocolmo establece un régimen internacional para promover la acción global respecto a los contaminantes orgánicos persistentes que amenazan la salud y el desarrollo de los seres humanos y la vida silvestre, por lo que presenta una serie de controles sobre su producción, importación, disposición, uso y eliminación (SEMARNAT, 2015). Desde su publicación se han señalado las reglas de procedimiento y los órganos subsidiarios necesarios, tales como el Comité de Revisión de Contaminantes Orgánicos Persistentes, que garantizan su operación. Así mismo, promueve que los países que han ratificado el convenio integren sus Planes Nacionales de Implementación (PNI) para consumir los compromisos que establece este instrumento.

México firmó el convenio en mayo de 2001, en Suecia, y fue el primer país latinoamericano en ratificarlo en febrero de 2003, entrando en vigor el 17 de mayo de 2004 y el PNI, se completó en octubre de 2007, al ser admitido por el Comité Nacional de Coordinación de México y se remitió al secretariado del convenio en febrero de 2008 (SEMARNAT, 2015).

### 3.2.2 Acuerdo de París

El 22 de abril de 2016, México y otros 155 países ratifican el Acuerdo de París en Nueva York, sede de la ONU. México se compromete así a reducir sus emisiones de GEI y de contaminantes climáticos de vida corta en un 25% (reducción no condicionada), así mismo a reducir emisiones del sector industrial generando el 35% de energía limpia en el 2024 y 43% en el 2030 (IMCO, 2016). Por desgracia, las tendencias de cumplimiento de estas metas no son halagadoras, derivado de la falta de integración de nuevos proyectos de generación eléctrica limpia y el aumento de la demanda. En materia de adaptación, México se comprometió con tres puntos principales (IMCO, 2016):

- Sector social ante el cambio climático, garantizando la salud alimentaria y acceso al agua, reduciendo el 50% de municipios vulnerables, y promoviendo la participación social en la preparación de políticas públicas.
- Ecosistemas, pretende alcanzar para 2030 una tasa de 0% de deforestación, así mismo reforestar cuencas altas, medias y bajas, y conservar y restaurar ecosistemas.
- Infraestructura estratégica, garantizando y monitoreando el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales en asentamientos con más de 500,000 habitantes.

Con la ratificación del Acuerdo de París, México se compromete a mantener el aumento de la temperatura del planeta debajo del 2°C hacia finales del siglo, así mismo que a partir del 2020 y con un periodo de cinco años revisará y fortalecerá sus contribuciones nacionales (IMCO, 2016). Postura que debe superar el papel para emprender acciones concretas y oportunas ya que la situación de emergencia amerita más que buenas intenciones.

### 3.2.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible

En México, mediante mandato presidencial se crea el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el cual regula las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos y metas de dicha agenda (CEPAL, 2016).

El objetivo principal del Comité Técnico Especializado de los ODS creado en México en 2015, en el marco del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, consiste en permitir, generar y actualizar de manera constante la información necesaria para diseñar y evaluar políticas públicas orientadas por los ODS. Coordinando para ello, los trabajos de carácter conceptual, metodológico, técnico y operativo (CEPAL, 2016).

Para México, la Agenda 2030 es orientadora de acciones multisectoriales en favor de la población, la conservación del planeta, el bienestar económico para la disminución de desigualdades, así como de la promoción de la paz y las alianzas. En ella se contemplan los 17 ODS, 169 metas y 230 indicadores globales (Gobierno de México, 2016).

Derivado de lo anterior, la presente investigación plantea la construcción de indicadores para la sostenibilidad fieles a la intención de los ODS.

### 3.2.4 Legislación mexicana

México ha establecido metas de corto y mediano plazo para la generación eléctrica a partir de fuentes de energías limpias, dichas metas se materializan en la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y la Ley de Transición Energética (LTE), que fijan una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25% para el año 2018, del 30% para 2021 (que lamentablemente no se logró cumplir, ya que se alcanzó una cifra de casi el 29%), y del 35% para 2024 (SENER, 2022). Estas leyes privilegian una alineación entre las energías limpias y los preceptos de la transición energética soberana descrita a continuación (SENER, 2022).

**Rectoría del estado:** El Estado mexicano asume el compromiso de cumplir con las metas de generación de energía limpia, a través de la incorporación paulatina y ordenada de energías limpias al Sistema Eléctrico Nacional - SEN (SENER, 2022).

**Propiedad de áreas estratégicas:** El Estado lleva a cabo la planeación y control del SEN, en ese sentido marcará el aumento paulatino y ordenado de las energías limpias (SENER, 2022).

**Autosuficiencia energética:** A fin de cumplir las metas de generación de energía limpia, el gobierno se compromete a promover el uso eficaz y eficiente de todos sus recursos para la generación de energía eléctrica (SENER, 2022).

**Acceso universal a la energía:** Es objetivo prioritario el acceso universal a la energía, como circunstancia necesaria para el desarrollo del país, por lo que es primordial la incorporación ordenada y sostenible de la producción y uso de energías limpias y renovables en toda la república (SENER, 2022).

La Ley de Industria Eléctrica (LIE) y la Ley de Transición Energética (LTE) incorporan un amplio catálogo de energías limpias y renovables, tales como plantas hidroeléctricas, fotovoltaicas, eolieléctricas, geotérmicas y aquellas que utilizan bioenergéticos (SENER, 2022), pero que hasta la fecha no han sido promovidas e implementadas en el país con la urgencia y necesidad que la situación medioambiental lo requiere.

Por su parte, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos define los bioenergéticos como combustibles obtenidos de la biomasa procedentes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente (SENER, 2022).

Derivado de lo anterior, se identifican bioenergéticos usados en la generación de energía eléctrica como biogás, licor negro, biomasa y bagazo de caña, de acuerdo con los datos, alrededor del 80% correspondió a generación eléctrica con bagazo de caña y el 20% al resto (SENER, 2022).

Aun cuando existe legislación que promueve y fomenta una transición energética soberana, aún hay mucho camino por recorrer, ya que en México aún se tiene más de millón de habitantes sin acceso a electricidad, esto de acuerdo con el informe del último año de la paraestatal Comisión Federal de Electricidad (CFE), donde también se hace notar que las entidades con mayor limitación de este servicio son: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guadalajara y Guerrero. Aun cuando CFE ha realizado inversión en la electrificación con más de 3,466 obras durante 2021 (Solis, 2022).

Es con esto que toma relevancia la presente investigación y propuesta de modelo de negocio, ya que con la implementación se colabora en gran medida a los puntos relevantes de la transición energética soberana y atendiendo los estratos más sensibles y vulnerables de la población, apoyando a tener un servicio vital para el bienestar sin afectar el medio ambiente.

## Capítulo 4: Marco metodológico.

El presente trabajo apunta al desarrollo de un modelo de negocio en estrecha relación con el desarrollo sostenible, tema que en la actualidad convoca los esfuerzos de empresas, gobiernos, tercer sector, académicos y la sociedad en general, tanto de países desarrollados como aquellos en desarrollo. Sin desconocer sus aportes al desarrollo sostenible, la mayoría de las investigaciones se han centrado de forma individual y exclusiva en una de sus dimensiones (económica, social o ambiental). A todas luces, ello aporta a una medición unidimensional descuidando en la evaluación la interacción de las tres dimensiones (Carrillo-Rodríguez y Toca, 2013).

Con el ánimo de superar este hecho, la presente investigación busca aportar una alternativa de mitigación al cambio climático, con la idea en mente de emprendimientos para la generación de energía limpia (biogás). Orientados todos ellos, por un sistema de índices de sostenibilidad reveladores de los impactos en el plano económico, social y ambiental.

### 4.1 Diseño de la investigación.

**Método de comprobación.** La presente investigación parte del positivismo, es decir, de enfoques funcionalistas, esto dado que el cambio climático se aborda como fenómeno social con un origen antropogénico: residuos sólidos, vertimientos y humos y gases. Todos estos medibles, por ejemplo, en toneladas y que revelan la relación entre el ser humano y la naturaleza. Pero, el positivismo no es el único paradigma que soporta esta investigación, ya que como se estableció en el marco teórico, desde la ciencia social crítica se asumirá el ecocentrismo como enfoque para reconocer los valores de la naturaleza y la justicia de la que son receptoras sus especies. En un primer momento, la investigación se plantea bajo el método deductivo, esta estrategia de razonamiento se utilizará para obtener conclusiones lógicas a partir de teorías establecidas, para en segundo lugar, tornarse inductivo en la medida que se proponga un modelo que enmarque un emprendimiento sostenible con mayor énfasis -no exclusivo- en los recursos naturales y los ecosistemas.

**Método de acopio de datos.** Dado que son los enfoques los que dan claridades sobre las necesidades de la información, se recuperan datos de instituciones y organizaciones oficiales que cuentan con bases globales (múltiples países) y nacionales (México), de modo que la unidad de análisis esté representada por las entidades federativas. De ahí que, los métodos cuantitativos

soporten la presente investigación, obligando un análisis y reflexión eficiente y competente de los resultados obtenidos. El punto de partida son los datos de las dimensiones económica, social, ambiental y su interacción, que den cuenta del calentamiento global y del impacto negativo sobre la salud y los asuntos sociales de los habitantes. Se exploran criterios, registros y variables (datos) sobre asuntos particulares para analizar la conveniencia de su utilización para, al final, decidir aquellos que mayor posibilidad explicativa ofrezcan. En otras palabras, el trabajo descansa en un estudio longitudinal y retrospectivo para observar el avance, evolución y comportamiento de las variables que examinan los cambios a través del tiempo en grupos específicos y subpoblaciones. La atención recae en las cohortes o grupos vinculados de alguna manera o identificados por una característica común (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). El alcance de estos estudios es explicativo, dado que los resultados orientan el diseño de un modelo de negocio sostenible que aporte a la mitigación del cambio climático y contribuya a la mejora de la calidad de vida y salud de la sociedad. Este propósito, es el que obliga profundizar sobre el tema para comprender y explicar de forma detallada la compleja situación actual.

Obedeciendo a la definición de variables como factores que intervienen tanto como causa o como resultado dentro del proceso o fenómeno de la realidad formando parte esencial de la estructura del experimento (Espinoza y Eudaldo, 2018), esta investigación reconoció en la identificación del problema como variables independientes las emisiones (de gases de efecto invernadero, de dióxido de carbono, de metano, de óxido nitroso), la generación de residuos sólidos urbanos, y la generación de energía eléctrica. Como variables dependientes se tienen la salud humana, las especies amenazadas, el consumo de energía eléctrica, la esperanza de vida, la mortalidad, la natalidad, y el estrés hídrico. En términos generales, se refiere el bienestar de los individuos y la calidad ambiental.

**Método de análisis.** Para el procesamiento cuantitativo de los datos se recurrirá al Excel y de forma complementaria el software de análisis estadístico R e IBM SPSS *Statistics*. Excel resulta un procesador suficiente ya que la población trabajada oscilará entre los 32 (entidades federativas) y los 53 objetos (países de la OCDE) y los intervalos de tiempo a trabajar será de máximo 10 (años). Para el análisis factorial y de componentes principales es necesario recurrir a los paquetes estadísticos mencionados.

## 4.2 Técnica de acopio de datos.

La investigación recurre a datos secundarios, existentes en portales confiables y basados en estudios, censos y encuestas de distintos niveles (globales, nacionales y estatales), publicados por instituciones y organizaciones a partir de instrumentos desarrollados, validados y aplicados. Esto de alguna forma garantiza la confiabilidad de la información ambiental, social y económica.

La recuperación de los datos globales se hace de dos instituciones: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (OCDE, 2022b) y Banco Mundial, BM (BM, 2022). Se tomaron los valores históricos asociados a las variables identificadas a lo largo de 10 años para 53 países (2008 -2017). Los registros asociados a variables globales ambientales se aprecian en la tabla 4.2.1, que muestra un concentrado de 39 registros ambientales como lo son los Gases de Efecto Invernadero (GEI) con una segregación por población, el tipo de actividad que los genera y el tipo de residuos de origen (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso), todas representadas en miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e, y kilogramo por dólar de PIB, entre otras. Así mismo, se plasman datos de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) por origen (hogares) y la disposición final (tratados, eliminados y en vertedero). También ofrece registros de uso de energía, consumo de fertilizantes y especies animales amenazadas, expresados en kilogramos equivalentes de petróleo, kilogramos por hectárea y número de especies. Todos los registros con un alcance global cubren el periodo del 2008 a 2017.

**Tabla 4.2.1** Registro de variables globales ambientales

N° datos	Unidades	Variable	N° datos	Unidades	Variable
58	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI Totales por País	118	Kg por PPA \$ del PIB (2017)	Emisiones de CO <sub>2</sub>
48	Miles de Kg per Cápita	GEI per Cápita por País	118	Kg por PPA \$ del PIB	Emisiones de CO <sub>2</sub>
58	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI por Actividades con demanda Energética por País	118	Kt	Emisiones de CO <sub>2</sub>
57	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI por Actividades de Industria Eléctrica por País	118	toneladas métricas per cápita	Emisiones de CO <sub>2</sub>
58	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI por Generación de Residuos por País	118	Kt	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos
59	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI por Residuos Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) por País	118	Kt	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos
52	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI por Residuos Metano (CH <sub>4</sub> ) por País	118	Kt	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos
44	Mt de CO <sub>2</sub> e	GEI por Residuos Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) por País	118	kWh	Producción de electricidad a partir de fuentes renovables, excluida hidroeléctrica
42	Mt	Residuos Municipales Generados	118	Kg equivalente de petróleo per cápita	Uso de energía
31	Mt	Residuos de Hogares	118	Kg por hectárea de tierra cultivable	Consumo de fertilizantes
40	Mt	Residuos Municipales Tratados	118	No. Especies	Especies de peces, amenazadas



**Tabla 4.2.1 Continuación** | Registro de variables globales ambientales

N° datos	Unidades	Variable	N° datos	Unidades	Variable
40	Mt	Residuos Municipales Eliminados	118	Mt de CO <sub>2</sub> e	Emisiones/absorciones netas de GEI por LUCF
41	Mt	Residuos Municipales Recuperados/Reciclados	118	Miles de millones de m <sup>3</sup>	Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce como proporción de los recursos de agua dulce disponibles
42	Mt	Residuos Municipales en Vertedero	118	No. Especies	Especies de mamíferos, amenazadas
118	Mt métricas de CO <sub>2</sub> e	Emisiones de metano agrícola	118	Kt de CO <sub>2</sub> e	Emisiones de metano
118	Mt métricas de CO <sub>2</sub> e	Emisiones de óxido nitroso agrícola	118	Mt métricas de CO <sub>2</sub> e	Emisiones de metano en el sector energético
118	Miles de millones de metros <sup>3</sup>	Extracciones anuales de agua dulce, total	118	Mt métricas de CO <sub>2</sub> e	Emisiones de óxido nitroso
118	mm por año	Precipitación media en profundidad	118	Mt métricas de CO <sub>2</sub> e	Emisiones de óxido nitroso en el sector energético
118	No. Especies	Especies de aves, amenazadas	118	Kt de CO <sub>2</sub> e	Emisiones totales de gases de efecto invernadero
118	Kg por US\$ del PIB (2015)	Emisiones de CO <sub>2</sub>			

**Nota:** Elaboración propia.

Los registros asociados a variables globales sociales se muestran de forma detallada en la tabla 4.2.2, considerando siete registros sociales como lo son la población total por país en la unidad de número de habitantes, el gasto en salud per cápita tanto total como del gobierno con su unidad en dólares, la esperanza de vida al nacer expresada en años, y el consumo de energía eléctrica per cápita en kilowatts por hora (KWh).

**Tabla 4.2.2** | Registros de variables globales sociales

N° datos	Unidades	Variable
54	Habitantes	Población total países
118	US\$ corrientes	Gasto corriente en salud per cápita
118	US\$ a precios actuales	Gasto nacional en salud del gobierno general per cápita
118	Dólares internacionales actuales	Gasto nacional en salud del gobierno general per cápita, PPA
118	kWh per cápita	Consumo de energía eléctrica
118	Años	Esperanza de vida al nacer, total
118	Habitantes	Población, total

**Nota:** Elaboración propia.

De igual forma, los registros asociados a las variables globales económicas se observan en la tabla 4.2.3, se trata de 13 registros económicos: el ingreso nacional, el ingreso nacional per cápita, los ahorros ajustados segregados por la emisión de partículas, la emisión de dióxido de carbono, el agotamiento de la energía, y el agotamiento forestal. También se muestra la inversión realizada por país para actividades energéticas de empresas públicas y privadas. Así mismo se tienen registros de los ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente totales y con los casos particulares de energía y contaminación, todos estos expresados en unidades económicas (dólar).

**Tabla 4.2.3** | *Registros de variables globales*

N° datos	Unidades	Variable
118	US\$ a precios actuales	Ingreso nacional neto ajustado
118	US\$ a precios actuales	Ingreso nacional neto ajustado per cápita
118	US\$ actuales	Ahorros netos ajustados, excluyendo daños por emisiones de partículas
118	US\$ actuales	Ahorros netos ajustados, incluido el daño por emisión de partículas
118	US\$ actuales	Ahorros ajustados: daños por dióxido de carbono
118	US\$ actuales	Ahorros ajustados: agotamiento de la energía
118	US\$ actuales	Ahorros ajustados: agotamiento forestal neto
118	US\$ actuales	Ahorros ajustados: daños por emisión de partículas
118	US\$ a precios actuales	Inversión en energía con participación privada
118	US\$ a precios actuales	Inversión de asociaciones público-privadas en energía
118	US\$ a precios actuales	Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente - Totales
118	US\$ a precios actuales	Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente - Energía
118	US\$ a precios actuales	Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente - Contaminación

**Nota:** Elaboración propia.

Un procesamiento de los datos ambientales muestra las tendencias y los comportamientos retrospectivos de las emisiones antropogénicas de los principales gases de efecto invernadero. Se asume que los datos de emisiones totales de CO<sub>2</sub> y de RSU son los que guardan mayor relación con el desarrollo de la investigación.

A partir del procesamiento de los datos se obtendrán las emisiones nacionales de contaminantes atmosféricos tradicionales. De acuerdo con lo indicado por la OCDE, éstos se basan en las mejores estimaciones de ingeniería disponibles para un período determinado. Se refieren, por tanto, las emisiones artificiales de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y monóxido de carbono (CO), teniendo en cuenta que son estimaciones del volumen anual de emisiones de los principales contaminantes del aire con respecto a fuentes móviles y estacionarias.

Hablando del procesamiento de los datos, es de mencionar que se correlacionarán las múltiples variables ambientales, sociales y económicas, obteniendo un panorama nacional en el concierto global del impacto de los gases de efecto invernadero, así como de las emisiones de los gases contaminantes atmosféricos y del impacto sobre la sostenibilidad.

Pasando al ámbito mexicano, es de advertir que los datos por entidad federativa provienen de cuatro fuentes oficiales: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de donde se recolectan datos de RSU, evolución del PIB, población, mortalidad y esperanza de vida (INEGI, 2022); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se obtiene la estimación de emisiones de metano y generación de RSU (Gobierno de México, 2022); Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), emisiones de CO<sub>2</sub> por RSU (Gobierno de México, 2022b); y Secretaría de Energía (SENER), tomando datos sobre la evolución de la capacidad de generación de energía eléctrica (SENER, 2022b). Los registros históricos ambientales, sociales y económicos para las 32 entidades federativas permitirán la construcción del indicador de sostenibilidad.

Una revisión inicial de las bases de datos existentes en cuanto a manejo de RSU, permite la identificación de las etapas implícitas tales como generación, recolección, transporte, clasificación y acopio, tratamiento y disposición final, que en conjunto configuran la gestión integral de los residuos. De la SEMARNAT, se obtienen datos referentes a la estimación de emisiones de metano a nivel estatal, recordando que el metano es uno de los principales componentes del biogás, capturado de los sitios de disposición final e insumo principal para la producción de energía eléctrica.

Los registros asociados a variables nacionales ambientales se aprecian en la tabla 4.2.4 que muestra un concentrado de 17 registros ambientales como la emisión de GEI por: actividad de la industria energética, quema de gases, fabricación de combustibles, fuentes agregadas, quema de biomasa, y generación de residuos y su tratamiento (biológico, quema e incineración), todos ellos en unidades de masa en Gg de CO<sub>2</sub>e. Así mismo, se muestra la evolución nacional de la generación de energía eléctrica con biogás expresado en unidades de MW y GWH del año 2012 al 2018.

**Tabla 4.2.4** | *Registros de variables nacionales ambientales*

N° datos	Unidades	Variable
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e	Actividades de quema del combustible - [1A1] Industrias de la energía
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e y %	Emisiones por tipo de gas Gg CO <sub>2</sub> e
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e y %	Emisiones por sector Gg CO <sub>2</sub> e
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e y %	Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> e del sector Energía Gg CO <sub>2</sub> e
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e y %	Emisiones de la subcategoría [1A1] Industrias de la energía Gg CO <sub>2</sub> e
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e	[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles
1	Gg (masa) CO <sub>2</sub> e	[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO <sub>2</sub> de la tierra
1	Gg CO <sub>2</sub> e y %	Emisiones de quema de biomasa
1	Gg CO <sub>2</sub> e	Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
1	Gg CO <sub>2</sub> e y %	Evolución de las emisiones del sector de Residuos
1	Gg CO <sub>2</sub> e y %	Emisiones de eliminación de residuos sólidos
1	Gg CO <sub>2</sub> e	Emisiones de tratamiento biológico de residuos sólidos
1	Gg CO <sub>2</sub> e y %	Emisiones de incineración y quema a cielo abierto de residuos sólidos
33	No. Proyectos	Distribución de proyectos apoyados con recursos federales, por entidad federativa
11	MW	Evolución de la capacidad de generación eléctrica con biogás
11	MW	Evolución de la capacidad de generación bruta con biogás
15	MW y GWH	Evolución histórica de la energía del biogás

**Nota:** Elaboración propia.

Los registros asociados a variables nacionales sociales son 11 y consideran, por entidad federativa, el número de hogares, la población según su condición de pobreza en número de personas, el número de defunciones segregado por el género y rango de edad, así como por padecimientos específicos como tumores en mama y próstata y la esperanza de vida en años por entidad federativa.

**Tabla 4.2.5** | *Registros de variables nacionales sociales*

N° datos	Unidades	Variable
33	No. Hogares	Hogares censales por entidad federativa según tipo de hogar
33	No. Personas	Población por entidad federativa según condición de pobreza
33	No. Personas	Población en situación de pobreza por entidad federativa según grado
33	No. Personas	Defunciones generales registradas por entidad federativa - según sexo
33	No. Defunciones	Defunciones registradas de menores de un año por entidad federativa - según sexo
33	No. Defunciones	Defunciones por diabetes mellitus por entidad federativa - según sexo,
33	No. Defunciones	Defunciones de mujeres por tumor maligno de la mama por entidad federativa
33	No. Defunciones	Defunciones de hombres por tumor maligno de la próstata por entidad
33	No. Años	Esperanza de vida al nacimiento por entidad federativa - según sexo
33	No. Nacimientos	Nacimientos registrados por entidad federativa - según sexo
33	No. Personas	Población total por entidad federativa - según sexo

**Nota:** Elaboración propia.

De igual forma los registros asociados a las variables nacionales económicas por entidad federativa son cinco e incluyen, PIB a nivel nacional y su segregación por actividad económica, el gasto por consumo de bienes y servicios de actividades relacionadas con energía eléctrica, agua y gas, mismos que se expresan en millones de pesos, así mismo se muestran registros económicos de la actividad de exportación y sus subsectores (miles de dólares).

**Tabla 4.2.6** | *Registros de variables nacionales económicas*

N° datos	Unidades	Título Base
33	Millones de pesos	PIB de las actividades económicas por entidad federativa - Total Nacional
33	Millones de pesos	PIB de las actividades económicas por entidad federativa - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final
33	Millones de pesos	Total de gastos por consumo de bienes y servicios electricidad, agua y gas
33	Miles de dólares	Exportaciones anuales por entidad federativa
924	Miles de dólares	Exportaciones anuales por subsector de actividad SCIAN por entidad

**Nota:** Elaboración propia.

Una vez organizados los datos, se procede a relacionar las unidades de los distintos conceptos económicos, sociales y ambientales a través de indicadores, para su posterior aplicación y corrida de correlaciones múltiples. Esto proporcionará un panorama por entidad federativa que permitirá analizar su contribución nacional a los gases de efecto invernadero, las emisiones de los gases contaminantes atmosféricos y el impacto de los residuos sólidos urbanos en el medio ambiente, y en las condiciones de la sociedad.

Es la organización de los datos la que permitirá el desarrollo de una investigación explicativa, propia de los estudios de maestría. Su visualización inicial facilitará la formulación de hipótesis, ideas, y hasta relaciones entre las distintas variables de la investigación. La causalidad en este tipo de estudios y el establecimiento de las relaciones permite avanzar en la solución de las raíces de las problemáticas (Pérez, Pérez y Seca, 2020). Como se observa, se trata de una investigación que va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre

conceptos; es decir, está más dirigida a responder por sus causas. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre una situación y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En la investigación aquí desarrollada la explicación estará reservada para la interpretación de los resultados de los índices de sostenibilidad, su posterior análisis factorial para al final, materializarlo en un modelo conceptual.

#### 4.3 Técnicas de procesamiento de datos

Como se aclaró, el diseño de indicadores permite trabajar con unidades distintas de las variables seleccionadas. Los indicadores tienen un papel importante en los sistemas de evaluación, principalmente los de impacto y de resultados, constituyen un instrumento para la evaluación cuantitativa, por lo que para su construcción se trata con cifras, compilación de datos y el análisis de tipo estadístico (Carrillo-Rodríguez y Toca, 2013). Los índices basados en correlaciones otorgan un panorama claro del sistema completo, muestran relaciones clave entre subsistemas y los elementos principales, por lo que se facilita el análisis de fortalezas y debilidades críticas (Carrillo-Rodríguez y Toca, 2013).

Todos los indicadores obtenidos fueron dispuestos para su respectivo cruce e interpretación y el análisis multivariado se visualiza como la mejor alternativa para estudiar y examinar la relación entre las variables que involucran. Se aplicarán técnicas multivariadas a los indicadores ambientales, económicos y sociales, esto permitirá que los interesados puedan compartir una base común de evidencias e información cuantitativa, selecta, procesada, descrita y contextualizada. Así, se facilita la externalización de los procesos considerados pertinentes a la hora de evaluar decisiones e intervenciones. Las técnicas multivariadas por implementar son:

**Análisis factorial:** Define la estructura subyacente de una matriz de datos. Aborda el problema de cómo analizar la estructura de las interrelaciones (correlaciones) entre un gran número de variables con la definición de una serie de dimensiones subyacentes comunes, conocidas como factores. Con este análisis se pueden identificar las dimensiones separadas de la estructura y determinar el grado en que se justifica cada variable para cada dimensión (Hair y Cano, 1999).

**Análisis de componentes principales:** Es una aproximación estadística utilizada para analizar interrelaciones entre un gran número de variables y explicarlas en términos de sus dimensiones subyacentes comunes. El objetivo es encontrar un modo de condensar la información

contenida en las variables originales en un conjunto mejor de variables (factores) con una pérdida mínima de información (Hair y Cano, 1999).

Así mismo con el procesamiento de datos y la representación gráfica de la información se podrán obtener argumentos suficientes para proporcionar una descripción precisa de todos los datos analizados y, al mismo tiempo, minimizar la pérdida de información.

#### 4.4 Herramientas para el procesamiento de datos.

Para el procesamiento de los datos se hará uso de herramientas computacionales. Para el manejo de bases de datos se utilizará Microsoft Office Excel, ya que el alcance analítico de Excel permite el proceso, exploración, transformación y examen de datos para identificar tendencias y patrones que revelen perspectivas importantes además resúmenes visuales de alto nivel tales como gráficos lineales, histogramas y mapas (Microsoft, 2022).

El análisis estadístico se apoyará en el *software R* y *R commander* ya que proporcionan una amplia variedad de técnicas estadísticas (modelado lineal y no lineal, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series temporales, clasificación, agrupamiento, entre otras) y técnicas gráficas. Disponible como software libre bajo los términos de la licencia pública general GNU de la *Free Software Foundation* en forma de código fuente. Su entorno se conforma por un conjunto integrado de instalaciones de *software* para la manipulación de datos, el cálculo y la visualización gráfica (*r-project*, 2022).

De igual forma se hace uso de la plataforma de software IBM *SPSS Statistics* que es una herramienta de análisis estadístico avanzado, que cuenta con una amplia biblioteca de algoritmos de *machine learning*, análisis textual, extensibilidad de código abierto, integración con *big data* e implementación sin interrupciones en aplicaciones. IBM *SPSS Statistics* brinda facilidad de uso, flexibilidad y escalabilidad por lo que es accesible para los usuarios de todos los niveles de habilidades (IBM, 2022). Tanto Excel, como R y SPSS, apoyan las siguientes actividades:

**Estadística descriptiva:** Generando informes estadísticos de una sola variable para los datos del rango de entrada, y proporcionando información sobre la tendencia central y dispersión de los datos.

**Regresión:** Mediante el análisis de regresión lineal utilizando el método de mínimos cuadrados para ajustar una línea a un conjunto de observaciones, analiza la forma en que los valores de una o más variables independientes afectan a una variable dependiente.

**Mapas de posicionamiento estratégico.** Herramienta gráfica que permite observar por medio de dos planos, la posición que ocupa una variable frente a otras de acuerdo con los atributos que son valorados. Estos mapas ayudan a detectar oportunidades, de manera especial en los espacios que se detecta están desatendidos. Así mismo, se emplean para la planeación estratégica y la toma de decisiones.

Para cerrar este apartado, la figura 4.4.1, esquematiza el diseño metodológico de la presente investigación, esto con la finalidad de trazar la ruta de actividades que son clave para el acopio de registros y datos y que bien pudiera guiar el trabajo de otras investigaciones.



**Figura 4.4.1** Esquema metodológico

**Nota:** Elaboración propia a partir del diseño de investigación planteado.

## Capítulo 5: Análisis de información e interpretación de resultados

Como se ha comentado previamente se han recuperado datos de instituciones y organizaciones oficiales que cuentan con bases globales (53 países) y nacionales (32 entidades federativas). Tras un análisis y reflexión eficiente y competente de los datos obtenidos, se ha tomado como punto de partida datos de las dimensiones económica, social, ambiental y su interacción, que dan cuenta del calentamiento global y del impacto negativo sobre la salud y los asuntos sociales de los habitantes.

Retomando los planteamientos iniciales, se tienen como variables dependientes bienestar de los ciudadanos y calidad ambiental, y como independientes, generación de residuos y desperdicios y uso de combustibles fósiles. La tabla 5.1, presenta el catálogo de los 23 indicadores globales construidos para 53 países (38 miembros de la OCDE y 15 países fuera de la OCDE). De forma similar en la tabla 5.2, presenta el catálogo de los 39 índices sociales, ambientales y económicos para las 32 entidades federativas de México.

A partir de gráficos como histogramas y mapas, se analizan los indicadores globales y nacionales, mismos que se presentan en la siguiente sección de la investigación.



**Tabla 5.1** | *Catálogo de indicadores económicos, sociales y ambientales globales 2008-2017*

N°	Nombre de Registro	Unidad	Clave de Indicador	Propuesta Indicador	Método de cálculo
1	Población histórica	Habitantes	IGA-01	Emisiones de miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e por cada 1,000 habitantes	(Emisiones de GEI totales / Habitantes totales) x 1,000
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
2	Emisiones de GEI por país, por actividades con demanda energética	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-02	Proporción de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales	Emisiones de GEI por actividades con demanda energética / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
3	Emisiones de GEI por país, por actividades de industria eléctrica por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-03	Proporción de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales	Emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
4	Emisiones de GEI por país, por RSU	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-04	Proporción de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales	Emisiones de GEI por RSU / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
5	Emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-05	Proporción de CO <sub>2</sub> respecto de GEI totales	Emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
6	Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-06	Proporción de CH <sub>4</sub> respecto de GEI totales	Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
7	Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-07	Proporción de N <sub>2</sub> O respecto de GEI totales	Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
8	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-08	Proporción de emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos respecto de GEI totales	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
9	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-09	Proporción de emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos respecto de GEI totales	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
10	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e	IGA-10	Proporción de emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales	Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos / Emisiones de GEI totales
	Emisiones de GEI totales por país	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> e			
11	Población histórica	Habitantes	IGA-11	Generación de RSU totales per cápita	RSU generados totales / Habitantes totales
	RSU generados totales	Miles de toneladas			
12	Población histórica	Habitantes	IGA-12	Extracciones anuales de agua dulce per cápita	Extracciones anuales de agua dulce / Habitantes
	Extracciones anuales de agua dulce, total	miles de millones de m <sup>3</sup>			
13	RSU generados en hogares	Miles de toneladas	IGS-01	Proporción de generación de RSU por hogares respecto de RSU totales	RSU generados en hogares / RSU generados totales
	RSU generados totales	Miles de toneladas			
14	RSU eliminados	Miles de toneladas	IGS-05	Proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales	RSU eliminados / RSU generados totales
	RSU generados totales	Miles de toneladas			
15	RSU recuperados	Miles de toneladas	IGS-02	Proporción de RSU recuperados respecto de RSU totales	RSU recuperados / RSU generados totales
	RSU generados totales	Miles de toneladas			
16	Extracción anual de agua dulce, agricultura	miles de millones de m <sup>3</sup>	IGS-03	Proporción de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total	Extracción anual de agua dulce para agricultura / Extracciones anuales de agua dulce total
	Extracciones anuales de agua dulce, total	miles de millones de m <sup>3</sup>			
17	Extracción anual de agua dulce, industria	miles de millones de m <sup>3</sup>	IGS-04	Proporción de extracción de agua dulce para industria respecto de extracción de agua dulce total	Extracción anual de agua dulce para Industria / Extracciones anuales de agua dulce total
	Extracciones anuales de agua dulce, total	miles de millones de m <sup>3</sup>			
18	Extracciones anuales de agua dulce, uso doméstico	miles de millones de m <sup>3</sup>	IGS-06	Proporción de extracción de agua dulce para uso doméstico respecto de extracción de agua dulce total	Extracciones anuales de agua dulce para uso doméstico / Extracciones anuales de agua dulce total
	Extracciones anuales de agua dulce, total	miles de millones de m <sup>3</sup>			
19	Población histórica	Habitantes	IGS-07	Producción de energía eléctrica renovable per cápita	Producción de electricidad a partir de fuentes renovables, excluida hidroeléctrica / Habitantes totales
	Producción de electricidad a partir de fuentes renovables, excluida hidroeléctrica	kWh			
20	Población Histórica	Habitantes	IGE-01	Consumo de energía eléctrica per cápita	Consumo de energía eléctrica / Habitantes totales
	Consumo de energía eléctrica	KWh			
21	Población histórica	Habitantes	IGE-02	Gasto corriente en salud per cápita	Gasto corriente en salud / Habitantes totales
	Gasto corriente en salud	US\$ actuales			
22	Población histórica	Habitantes	IGE-03	Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente per cápita	Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente totales / Habitantes totales
	Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente (Totales)	US\$ actuales			
23	Población histórica	Habitantes	IGE-04	Ingreso nacional neto per cápita	Ingreso nacional neto ajustado / Habitantes totales
	Ingreso nacional neto ajustado	US\$ actuales			

**Nota:** Elaboración propia.

**Tabla 5.2** | *Catálogo de indicadores económicos, sociales y ambientales nacionales 2012-2018*

N°	Nombre de Registro	Unidad	Clave de Indicador	Propuesta Indicador	Método de cálculo
1	Población total por entidad	Personas	INS-01	Tasa de natalidad por cada 1,000 habitantes	$(\text{Nacimientos registrados} / \text{Población total por entidad}) * 1,000$
	Nacimientos registrados	Nacimientos			
2	Población total por entidad	Personas	INS-02	Tasa de mortalidad por cada 1,000 habitantes	$(\text{Nacimientos registrados} / \text{Población total por entidad}) * 1,000$
	Defunciones registradas	Defunciones			
3	Adolescentes de 15 a 19 años	Mujeres 15 a 19 Años	INS-03	Tasa de fecundidad en adolescentes de 15 a 19 años por cada 1,000 mujeres de ese grupo de edad	$(\text{Total de hijos nacidos vivos en las adolescentes de 15 a 19 años} / \text{Adolescentes de 15 a 19 años}) * 1,000$
	Total de hijos nacidos vivos en las adolescentes de 15 a 19 años	Nacimientos			
4	Nacidos vivos	Nacimientos	INS-04	Razón de mortalidad materna por cada 100 mil nacidos vivos	$(\text{Defunciones de mujeres mientras se encuentran embarazadas} / \text{Nacidos vivos}) * 100,000$
	Defunciones de mujeres mientras se encuentran embarazadas o dentro de los 42 días siguientes a la terminación del embarazo	Defunciones			
5	Total de partos atendidos	Partos	INS-05	Proporción de partos atendidos por personal sanitario calificado	Partos atendidos con asistencia de personal sanitario calificado / Total de partos atendidos
	Partos atendidos con asistencia de personal sanitario calificado	Partos			
6	Población total por entidad	Habitantes	INS-06	Proporción de la población que presenta carencia por acceso a la seguridad social	Población que vive por debajo del umbral internacional de la pobreza / Población total por entidad
	Población sin acceso a la seguridad social	Habitantes			
7	Población media de un año de edad	Niños	INS-07	Proporción de la población menor a un año de edad con esquema básico completo de vacunación	Población de un año de edad que recibió el esquema básico de vacunación en el año / Población media de un año de edad
	Población de un año de edad que recibió el esquema básico de vacunación en el año	Niños			
8	Población total por Entidad	Habitantes	INS-08	Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza	Población que vive por debajo del umbral internacional de la pobreza / Población total por entidad
	Población que vive por debajo del umbral internacional de la pobreza	Habitantes			
9	Población total de 15 a 24 años	Personas de 15 a 24 años	INS-09	Proporción de población de 15 a 24 años alfabeta.	Población alfabeta de 15 a 24 años / Población total de 15 a 24 años
	Población alfabeta de 15 a 24 años	Personas de 15 a 24 años alfabeta			
10	Total de escuelas	Escuelas	INS-10	Proporción de escuelas con acceso a electricidad	Escuelas con energía eléctrica / Total de escuelas
	Escuelas con energía eléctrica	Escuelas con EE			
11	Total de escuelas	Escuelas	INS-11	Proporción de escuelas con acceso a internet	Escuelas con acceso a internet / Total de escuelas
	Escuelas con conexión a internet	Escuelas con internet			
12	Total de escuelas	Escuelas	INS-12	Proporción de escuelas con equipos de cómputo en funcionamiento	Escuelas con equipos de cómputo en funcionamiento / Total de escuelas
	Escuelas con equipos de cómputo en funcionamiento	Escuelas con computadoras			
13	Total de escuelas	Escuelas	INS-13	Proporción de escuelas con infraestructura para discapacitados	Escuelas con infraestructura para discapacitados / Total de escuelas
	Escuelas con infraestructura para discapacitados	Escuelas infraestructura para discapacidad			
14	Total de escuelas	Escuelas	INS-14	Proporción de escuelas con agua potable	Escuelas con agua potable / Total de escuelas
	Escuelas con agua potable	Escuelas con agua potable			
15	Población mayor 18 años que habita en áreas urbanas de más de cien mil habitantes	Personas mayores 18 años	INS-15	Proporción de población mayor 18 años satisfecha con el servicio de recolección de basura	Personas mayores 18 años satisfecha con el servicio de recolección de basura / Personas mayores 18 años
	Población mayor 18 años satisfechas con el servicio de recolección de basura	Personas mayores 18 años satisfechas			
16	Población total por entidad	Habitantes	INA-01	Incidencia de tuberculosis pulmonar por cada 100 mil habitantes - Por calidad del aire	$(\text{Número de casos confirmados de tuberculosis pulmonar} / \text{Población total por entidad}) * 100,000$
	Número de casos confirmados de tuberculosis pulmonar	No casos			
17	Población total por entidad	Habitantes	INA-02	Incidencia de paludismo por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	$(\text{Número de casos confirmados de paludismo} / \text{Población total por entidad}) * 100,000$
	Número de casos confirmados de paludismo	No casos			
18	Población total por entidad	Habitantes	INA-03	Incidencia de enfermedades cerebrovasculares por cada 100 mil habitantes - Por calidad del aire	$(\text{Número de casos confirmados de enfermedades cerebrovasculares} / \text{Población total por entidad}) * 100,000$
	Casos nuevos reportados de enfermedades cerebrovasculares	No casos			
19	Población total por entidad	Habitantes	INA-04	Incidencia de enfermedad isquémica del corazón por cada 100 mil habitantes - Por calidad del aire	$(\text{Número de casos confirmados de enfermedad isquémica del corazón} / \text{Población total por entidad}) * 100,000$
	Casos nuevos reportados de enfermedad isquémica del corazón	No casos			
20	Población total por entidad	Habitantes	INA-05	Incidencia de asma por cada 100 mil habitantes - Por calidad del aire	$(\text{Número de casos confirmados de asma} / \text{Población total por entidad}) * 100,000$
	Casos nuevos reportados de asma	No casos			

**Nota:** Elaboración propia.

**Tabla 5.2 continuación** | Catálogo de indicadores económicos, sociales y ambientales nacionales 2012-2018

N°	Nombre de Registro	Unidad	Clave de Indicador	Propuesta Indicador	Método de cálculo
21	Población total por entidad	Habitantes	INA-06	Incidencia de neumonías y bronconeumonías (por cada 100 mil habitantes) - Por calidad del aire	Número de casos confirmados de neumonías y bronconeumonía / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de neumonías y bronconeumonías	No casos			
22	Población total por entidad	Habitantes	INA-07	Incidencia de infecciones respiratorias agudas por cada 100 mil habitantes - Por calidad del aire	Número de casos confirmados de infecciones respiratorias aguda / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de Infecciones respiratorias agudas	No casos			
23	Población total por entidad	Habitantes	INA-08	Incidencia de amebiasis por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de amebiasis / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de amebiasis	No casos			
24	Población total por entidad	Habitantes	INA-09	Incidencia de fiebre tifoidea por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de fiebre tifoidea / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de fiebre tifoidea	No casos			
25	Población total por entidad	Habitantes	INA-10	Incidencia de paratifoidea y otras salmonelosis por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de paratifoidea y otras salmonelosis / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de paratifoidea y otras salmonelosis	No casos paratifoidea y otras salmonelosis			
26	Población total por entidad	Habitantes	INA-11	Incidencia de intoxicaciones alimentarias bacterianas por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de Intoxicaciones alimentarias bacterianas / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de Intoxicaciones alimentarias bacterianas	No casos intoxicaciones alimentarias bacterianas			
27	Población total por entidad	Habitantes	INA-12	Incidencia de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	No casos infecciones intestinales por otros organismos y las mal definida			
28	Población total por entidad	Habitantes	INA-13	Incidencia de conjuntivitis por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de conjuntivitis / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de conjuntivitis	No casos conjuntivitis			
29	Población total por entidad	Habitantes	INA-14	Incidencia de fiebre por dengue por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de fiebre por dengue / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de fiebre por dengue	No casos fiebre por dengue			
30	Población total por entidad	Habitantes	INA-15	Incidencia de hepatitis A por cada 100 mil habitantes - Por calidad del agua	Número de casos confirmados de hepatitis A / Población total por entidad) * 100,000
	Casos nuevos reportados de hepatitis A	No casos hepatitis A			
31	Población total por entidad	Habitantes	INA-16	Generación estimada de RSU per cápita	Generación estimada de RSU / Población total por entidad
	Generación estimada de RSU	Kg			
32	Población total por entidad	Personas	INA-17	Volumen de extracción de agua per cápita	Volúmenes de extracción de acuíferos / Población total por entidad
	Volúmenes de extracción de acuíferos	metros cúbicos por año			
33	Población total por entidad	Personas	INE-01	Demanda de combustóleo por cada 100 habitantes	(Demanda Interna de combustóleo / Población total por entidad) * 100
	Demanda interna de combustóleo	Barriles			
34	Población total por entidad	Personas	INE-02	Demanda de gasolinas automotrices por cada 100 habitantes	(Demanda Interna de combustóleo / Población total por entidad) * 100
	Demanda interna de gasolinas automotrices	Barriles			
35	Población total por entidad	Personas	INE-03	Demanda de energía eléctrica per cápita	Demanda de energía eléctrica / Población total por entidad
	Demanda de energía eléctrica	KWh			
36	Total de unidades económicas	Negocios	INE-04	Prevalencia delictiva en unidades económicas	Total de unidades económicas víctimas de por lo menos un delito / Total de unidades económicas
	Total de unidades económicas víctimas de por lo menos un delito	Negocios víctimas de delito			
37	Población económicamente activa	Personas económicamente activas	INE-05	Proporción de desocupación de personas económicamente activas	Población desocupada / Población económicamente activa
	Población desocupada	Personas desocupadas			
38	Población total por entidad	Personas	INE-06	Gasto per cápita por desastres naturales	Gasto federal autorizado FONDEN / Población total por entidad
	Gasto federal autorizado FONDEN	Millones de pesos			
39	Población total por entidad	Personas	INE-07	PIB per cápita	PIB por entidad / Población total por entidad
	PIB de las actividades económicas por entidad federativa - total nacional	Millones de pesos			

**Nota:** Elaboración propia

## 5.1 Análisis de tendencias de indicadores globales

Para una mejor comprensión de los indicadores a continuación expuestos se recomienda consultar y tener presente la tabla 5.1 mostrada en la sección anterior.

***Emisiones de miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada 1,000 habitantes (IGA-01).*** En este análisis se puede apreciar que el país que más aporta es Australia con un promedio anual de 23.54 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada mil habitantes. En contraposición el país que menos aportación tiene al respecto es la India con un promedio anual de 1.9 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada mil habitantes. Para Sudáfrica no se tuvo información disponible, razón por la que adquiere valores de cero CO<sub>2</sub>e (Se recomienda esta misma interpretación para todos los países que obtengan valor cero). México se encuentra en la posición 35 dentro de los 53 países bajo estudio con una aportación promedio anual de 6.3 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada mil habitantes. Así mismo se puede observar que países como Estados Unidos, Luxemburgo y Canadá son los que mayor aportación tienen con cifras superiores a 20 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada mil habitantes.

***Proporción de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales (IGA-02).*** En este análisis se puede apreciar que el país que mayor aportación presenta es Japón con un valor promedio anual del 89.18% de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto a emisiones de GEI totales. De forma contraria, Islandia es el país que menos aportación tiene al respecto con un promedio anual del 40.15% de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto a emisiones de GEI totales. Para Sudáfrica el valor es cero, en tanto, México se encuentra en la posición 43 dentro de los 53 países bajo estudio con una aportación promedio anual del 67.26% de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales. Así mismo, Estonia, Luxemburgo, Corea, Alemania y Malta son de los países que mayor proporción tienen con cifras superiores al 85% de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales.

***Proporción de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales (IGA-03).*** En este análisis se puede apreciar que el país que mayor aportación presenta es Estonia con un valor promedio anual del 67.65% de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales. En contraposición, Islandia es el país que menos aportación tiene con un promedio anual del 0.12% de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales. De nueva cuenta, para Sudáfrica no se contó con información, mientras México se encuentra en la posición 30 dentro de los 53 países bajo estudio con una aportación promedio anual

del 25.24% de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales. Malta e Israel son los países que mayor proporción tienen, con cifras superiores al 50% de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales.

**Proporción de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales (IGA-04).** En la figura 5.1.1 se aprecia que Costa Rica tiene un valor promedio anual del 14.92% de emisiones de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales. En contraposición, Liechtenstein es el país que menos aportación tiene con un promedio anual del 0.75%. México se encuentra en la octava posición dentro de los 53 países analizados con una aportación promedio anual del 6.36% de emisiones de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales. Indonesia y Colombia son de los países que mayor proporción tienen con cifras superiores al 10% de emisiones de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales.

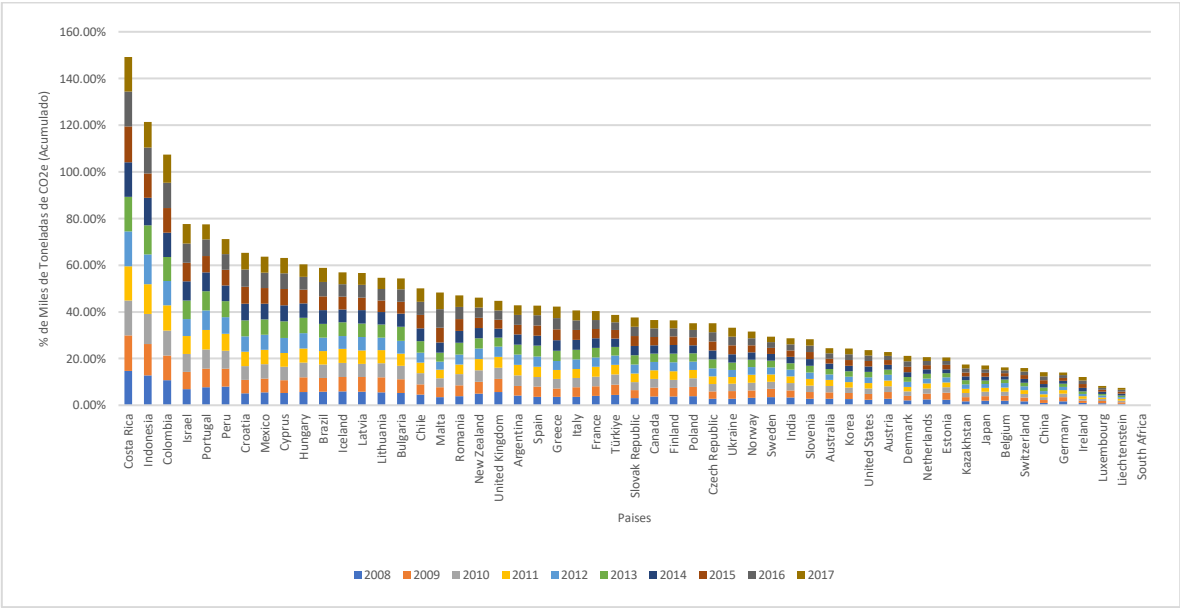


Figura 5.1.1 Proporción de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales (IGA-04)

Nota: Elaboración propia.

**Proporción de CO<sub>2</sub> respecto de GEI totales (IGA-05).** El país que mayor aportación presenta es Japón con un valor promedio anual del 93.11% de emisiones CO<sub>2</sub> respecto de GEI totales. En contraste Nueva Zelanda es el país que menos aportación tiene con un promedio anual del 44.48%. México se encuentra en la posición 41 dentro de los 53 países bajo estudio con una aportación promedio anual del 69.71%, de igual forma, Luxemburgo y Corea tienen cifras superiores al 90%.

**Proporción de CH<sub>4</sub> respecto de GEI totales (IGA-06).** La mayor aportación es de Nueva Zelanda con un valor promedio anual del 43.85% de emisiones CH<sub>4</sub> respecto de GEI totales. Japón, por su parte, es el que menos aportación tiene con un promedio anual del 2.3%. México se encuentra en la séptima posición con una aportación promedio anual del 23%. Así mismo, Colombia es de los países que mayor proporción tiene con cifras superiores al 40%.

**Proporción de N<sub>2</sub>O respecto de GEI totales (IGA-07).** La mayor aportación la presenta Brasil, con un valor promedio anual del 16.93% de emisiones N<sub>2</sub>O respecto de GEI totales. En contraste, Japón es el que menos aportación tiene al respecto con un promedio anual del 1.67% y México se encuentra en la posición 26 con 5.33%. Así mismo, Lituania y Perú son de los países que mayor proporción tienen con cifras superiores al 15% de emisiones de N<sub>2</sub>O respecto de GEI totales.

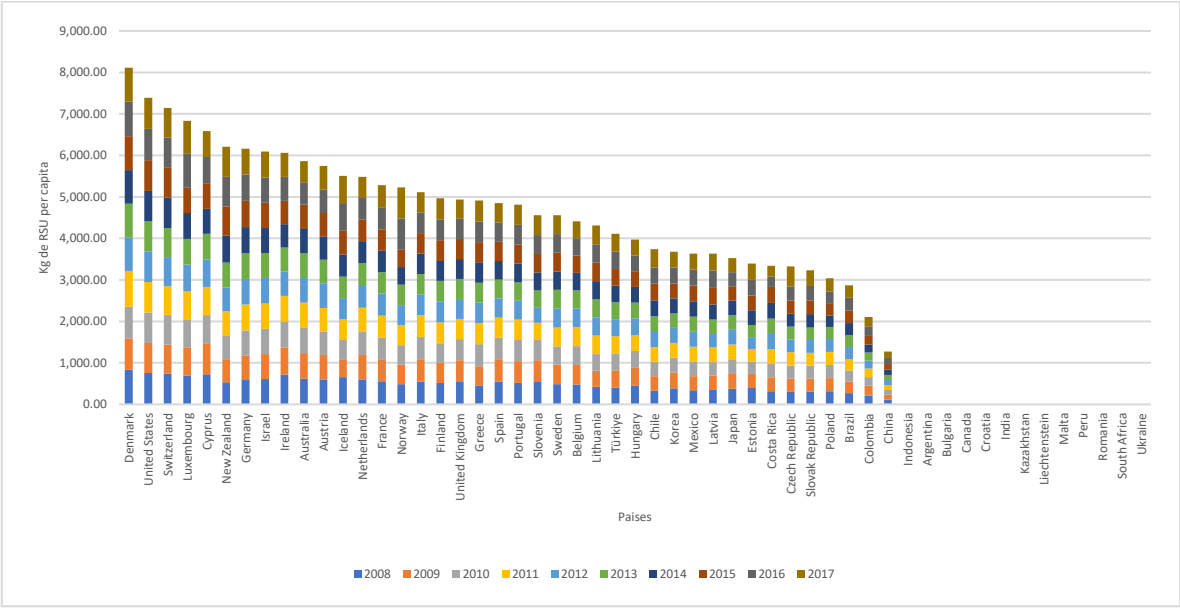
**Proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos respecto de GEI totales (IGA-08).** Países Bajos aporta con un valor promedio anual del 38.21% de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos respecto de GEI totales. China es el que menos aportación tiene con 2.43%, desafortunadamente, para Costa Rica, Chipre, Islandia, Malta y Sudáfrica, no se tuvo información disponible, por lo que sus valores son cero. México se encuentra en la posición 21 con 18.49%, Hungría es de los que mayor proporción tienen con cifras superiores al 30%.

**Proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos respecto de GEI totales (IGA-09).** Malta presenta un promedio anual del 82.47% de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos respecto de GEI totales. En contraste, Estonia tiene la menor proporción con 5.47%, en esta ocasión, para Liechtenstein y Sudáfrica no se tuvo información disponible, por ello los valores son cero. México se encuentra en la posición 17 con una proporción promedio anual del 66.77%, en tanto, Chipre es de los que mayor proporción tienen con cifras superiores al 70%.

**Proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales (IGA-10).** En este análisis se aprecia que, el país que mayor proporción presenta es Estonia con un promedio anual del 73.61% de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales. Por su parte, Chipre tiene la menor proporción con 0.30%. Para Liechtenstein, Malta y Sudáfrica no se encontró información. México se encuentra en la posición 41 con promedio anual del 6.48% y China es de los que mayor proporción tiene con valores superiores al 60%.

**Generación de RSU totales per cápita (IGA-11).** En la figura 5.1.2, la mayor generación es para Dinamarca con 811.74 Kg de RSU totales per cápita anual y China es el que menos generación tiene al ubicarse en 127.06 Kg de RSU totales per cápita. Para Argentina, Bulgaria, Canadá, Croacia,

India, Indonesia, Kazajstán, Liechtenstein, Malta, Perú, Rumania, Sudáfrica y Ucrania, no se tuvo información (valores de cero). México se encuentra en la posición 30 con una aportación promedio anual de 363.39 Kg de RSU totales per cápita. De forma similar, Estados Unidos y Suiza son los que mayor proporción tienen con cifras superiores a 700 Kg de RSU totales per cápita.



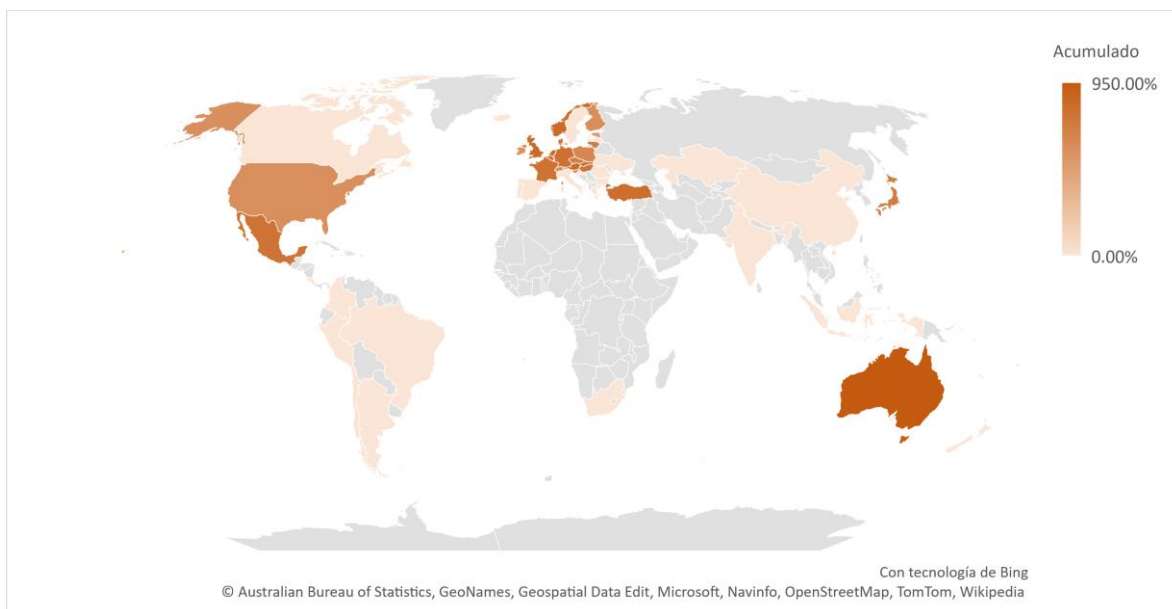
**Figura 5.1.2** Generación de RSU totales per cápita (IGA-11)

**Nota:** Elaboración propia.

**Extracciones anuales de agua dulce per cápita (IGA-12).** El país que mayor extracción presenta es Chile con 2.02 metros cúbicos de extracción anual de agua dulce per cápita. Luxemburgo tiene menos extracción con 0.09 metros cúbicos de extracciones anuales de agua dulce per cápita. De Liechtenstein no se encontró información por lo que su valor es de cero y México se encuentra en la posición 15 con 0.71, así mismo, Nueva Zelanda es de los que mayor extracción tiene con cifras superiores a 1.5 metros cúbicos.

**Proporción de generación de RSU por hogares respecto de RSU totales (IGS-01).** En la figura 5.1.3, se observa que el promedio anual de generación de RSU por hogares respecto de RSU totales de Australia es 95% (color oscuro). Estonia, por su parte, es el que menor proporción tiene con 49.19% de promedio anual. Para Argentina, Brasil, Bulgaria, Canadá, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Croacia, Chipre, Grecia, Islandia, India, Indonesia, Israel, Italia, Kazajstán, Letonia, Liechtenstein, Malta, Nueva Zelanda, Perú, Rumania, Sudáfrica, España, Suecia y Ucrania, no se

encontró información, por esta razón en el mapa se aprecia un tono claro. México se encuentra en la posición 12 dentro de los 53 países bajo estudio con una proporción promedio anual del 77% (tono menos oscuro). También se tiene que Holanda, Corea, Reino Unido y Luxemburgo presentan cifras superiores al 85%.

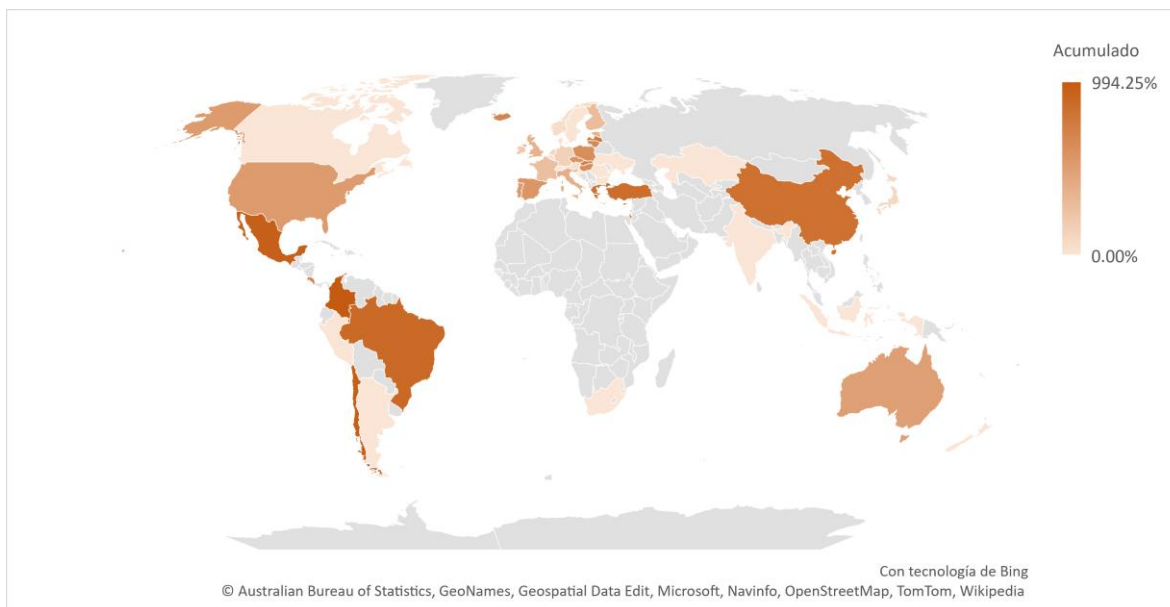


**Figura 5.1.3** Proporción de generación de RSU por Hogares respecto de RSU totales (IGS-01)

**Nota:** Elaboración propia.

**Proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05).** En la figura 5.1.4, el país que mayor proporción presenta es Colombia con un valor promedio anual del 99.43% de RSU eliminados respecto de RSU totales. En contraposición, Suecia es el país con la menor proporción con 0.99% de RSU eliminados respecto de RSU totales. De Argentina, Bulgaria, Canadá, Croacia, India, Indonesia, Kazajstán, Liechtenstein, Malta, Nueva Zelanda, Perú, Rumania, Sudáfrica, Suiza y Ucrania, no se tuvo información disponible (tono claro en el mapa). México se encuentra en la posición tres con 94.98% y Chile es de los países que mayor proporción presenta con 95% de promedio anual.





**Figura 5.1.4** Proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05)

**Nota:** Elaboración propia.

**Proporción de RSU recuperados respecto de RSU totales (IGS-02).** El mayor valor es para Suiza con un promedio anual del 100% de RSU recuperados respecto de RSU totales, en contraste, China es el país con la menor proporción con 1.08%. De Argentina, Brasil, Bulgaria, Canadá, Croacia, India, Indonesia, Kazajstán, Liechtenstein, Malta, Nueva Zelanda, Perú, Rumania, Sudáfrica y Ucrania no se encontró información. México se encuentra en la posición 33 con una proporción promedio anual del 5.12%, así mismo, Suecia, Dinamarca y Bélgica son de los países que mayor proporción tienen con cifras superiores al 90% de RSU recuperados respecto de RSU totales.

**Proporción de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total (IGS-03).** El que mayor extracción presenta es Turquía con un valor promedio anual del 98.30% de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total. Por su parte, el promedio de Estonia es del 0.29% y de Liechtenstein no se tuvo información disponible. México se encuentra en la octava posición con 79.52%, mientras que Indonesia, Grecia e India son de los países que mayor proporción tienen con cifras superiores al 90%.

**Proporción de extracción de agua dulce para industria respecto de extracción de agua dulce total (IGS-04).** El mayor valor es para Estonia con 89.25% de extracción de agua dulce para industria respecto de extracción de agua dulce total. De otra parte, Grecia tiene la menor proporción

con 1.97% y de Liechtenstein no se tuvo información. México se encuentra en la posición 42 con 9.04% de promedio anual y Eslovenia, Países Bajos e Islandia presentan cifras superiores al 80%.

**Proporción de extracción de agua dulce para uso doméstico respecto a la extracción de agua dulce total (IGS-06).** Luxemburgo presenta la mayor proporción con un valor promedio anual del 86.51% de extracción de agua dulce para uso doméstico respecto a la extracción de agua dulce total. En contraste Estonia es el país que menor proporción tiene con 3.48% y México se encuentra en la posición 35 con un promedio anual del 15.71%. Así mismo, Irlanda es de los que mayor proporción tiene con un valor promedio superior al 80%.

**Producción de energía eléctrica renovable per cápita (IGS-07).** Islandia presenta un valor promedio anual de 15,646 KWH de energía eléctrica renovable per cápita y en contraste, Ucrania tiene la menor producción con 23 KWH. México se encuentra en la posición 42 con 199 KWH. De igual forma, Dinamarca y Finlandia son de los que mayor generación aportan con cifras superiores a 2,500 KWH.

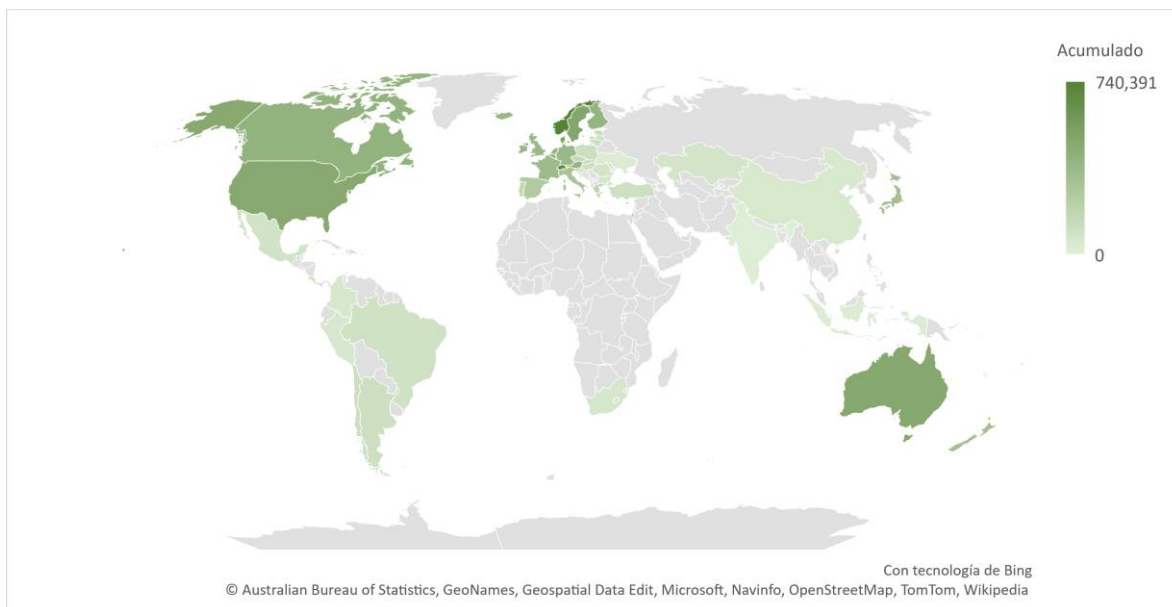
**Consumo de energía eléctrica per cápita (IGE-01).** El valor más alto es para Islandia con un promedio anual de 54,455 KWH de consumo de energía eléctrica per cápita. En contraposición, India presenta el menor valor con 791 KWH, mientras que México se encuentra en la posición 47 con un valor promedio anual de 2,315 KWH. Así mismo, Noruega es de los países que mayor consumo presenta con valores superiores a 20,000 KWH.

**Gasto corriente en salud per cápita (IGE-02).** Suiza tiene el mayor valor promedio anual de US\$ 9,241 de gasto corriente en salud per cápita. En contraste, India tiene el menor gasto con un promedio anual de US\$ 54, en tanto, México se encuentra en la posición 42 con US\$ 588. De forma similar, Estados Unidos, Noruega y Luxemburgo presentan valores superiores a los US\$ 7,000.

**Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente per cápita (IGE-03).** Dinamarca presenta un valor promedio anual de US\$ 2,385 de ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente per cápita. En contraste, India tiene el menor promedio anual (US\$ 16) y en esta ocasión, México ocupa la última posición por una aportación promedio anual nula, ya que se han presentado años en los que en lugar de presentar ingresos han existido egresos (en este caso representan débitos para empresas). Así mismo, Luxemburgo y Noruega son de los países que mayor ingreso tienen con cifras superiores a los US\$ 2,000.

**Ingreso nacional neto per cápita (IGE-04).** En figura 5.1.5, se aprecia que el valor más alto es para Luxemburgo con US\$ 74,034 de ingreso nacional neto per cápita. Por su parte, India tiene el valor más bajo con US\$ 1,358 y de Liechtenstein y Malta no se encontró información (tono claro).

México se encuentra en la posición 41 con US\$ 8,114, en tanto, Noruega, Suiza y Dinamarca son los países que mayor ingreso nacional neto per cápita tienen con valores superiores a los US\$ 50,000.



**Figura 5.1.5** Ingreso nacional neto per cápita (IGE-04)

**Nota:** Elaboración propia.

Con el análisis de tendencias de los indicadores globales, se puede observar que México (asociado a la OCDE) está mejor posicionado ante otros países, ya que presenta relativamente un menor impacto en algunos indicadores negativos hacia el medio ambiente, como los son: IGA-01 (posición 35/53), IGA-02 (posición 43/53), IGA-03 (posición 30/53), IGA-05 (posición 41/53), IGA-10 (posición 10/53), IGA-11 (posición 30/53), IGS-02 (posición 33/53), IGS-04 (posición 42/53), IGS-06 (posición 35/53), IGS-07 (posición 42/53) e IGE-01 (posición 47/53).

También se puede observar que México presenta un impacto alto respecto a los países analizados en algunos indicadores como son: IGA-04 (posición 8/53), IGA-06 (posición 7/53), IGS-01 (posición 12/53), IGS-05 (posición 03/53), indicadores relacionados directamente con la generación y gestión de RSU y las emisiones de metano, que para fines del desarrollo y la aplicación de la presente investigación sirven de punto de apoyo para demostrar la existencia de una oportunidad en la mejora de la gestión y aprovechamiento de los RSU y la mitigación de emisiones de GEI.

Otros razonamientos surgen a raíz del análisis de indicadores en los cuales México está cercano a los valores medios de los países analizados, tales como: IGA-07 (posición 26/53), IGA-08 (posición 21/53) e IGA-09 (posición 17/53), indicadores asociados a las emisiones de óxido nitroso y el consumo de combustibles fósiles, indicadores en los que se puede tener una mejora con la implementación del modelo sostenible que se propone, toda vez que se presentaría una disminución a la dependencia de combustibles fósiles para la generación de energía térmica o eléctrica.

Así mismo se puede observar que México tiene una gran oportunidad para mejorar en los indicadores económico (IGE-02, IGE-03 e IGE-04), ya que ocupa las últimas posiciones. Estos indicadores son relevantes ya que con su mejora se tendría un impacto positivo para el bienestar en el país.

De forma similar se puede observar que los países que no están asociados a la OCDE (Argentina, Brasil, Bulgaria, China, Croacia, Chipre, India, Indonesia, Kazajistán, Liechtenstein, Malta, Perú, Rumania, Sudáfrica y Ucrania), no presentan cifras más o menos alentadoras que los demás países analizados, ya que se observa un comportamiento regional y cultural.

## 5.2 Análisis de tendencias de indicadores nacionales

A continuación, se presentarán los resultados para cada uno de los 39 indicadores de sostenibilidad aplicados para las 32 entidades federativas, su comprensión se logra con la consulta de la tabla 5.2 mostrada al inicio del capítulo.

**Tasa de natalidad por cada 1,000 habitantes (INS-01).** Los estados de Chiapas y Guerrero son los que presentan el más alto valor promedio por cada 1,000 habitantes anual, con 27.77 y 24.49 respectivamente. En contraposición, se observa que Ciudad de México y Baja California Sur son los que menos nacimientos promedio presentan con 15.22 y 16.31 correspondientemente. Es muy posible que la brecha existente obedezca a diferencias en las preferencias reproductivas de las mujeres, del nivel educativo, de la incorporación a la vida económica, de la cultura y del acceso a información en materia de planificación familiar, así como a los servicios de salud reproductiva.

**Tasa de mortalidad por cada 1,000 habitantes (INS-02).** En este análisis revela que Ciudad de México, Veracruz y Chihuahua presentan los valores promedio más altos, arriba de seis defunciones por cada 1,000 habitantes. En contraste, Baja California Sur y Quintana Roo, presentan menores valores: 4.06 y 3.39 defunciones por cada 1,000 habitantes. Las principales causas de

mortalidad en el país son las enfermedades crónicas (diabetes mellitus, enfermedades isquémicas del corazón y tumores malignos) y las transmisibles (influenza y neumonía), además del progresivo ascenso en los accidentes, así como en las muertes por agresiones.

**Tasa de fecundidad en adolescentes de 15 a 19 años por cada 1,000 mujeres de dicho grupo poblacional (INS-03).** Se observan valores de 102.36 nacimientos para Coahuila, 90.90 para Chiapas y 90.68 nacimientos para Nayarit por cada 1,000 mujeres de 15 a 19 años. En contraste, se observa la Ciudad de México con el menor valor (46.62 nacimientos). Se supone que este comportamiento es causado por las circunstancias demográficas, sociales y de etnia.

**Razón de mortalidad materna por cada 100 mil nacidos vivos (INS-04).** Se aprecia que los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca presentan arriba de 50 defunciones maternas promedio anual por cada 100,000 mil nacidos vivos. En contraste, se observa que Baja California Sur presenta el valor promedio más bajo con 20.86 defunciones, esto posiblemente por las condiciones sociales y económicas de las entidades y la falta de atención médica adecuada durante los periodos de gestación y posparto, temas a tratar más adelante.

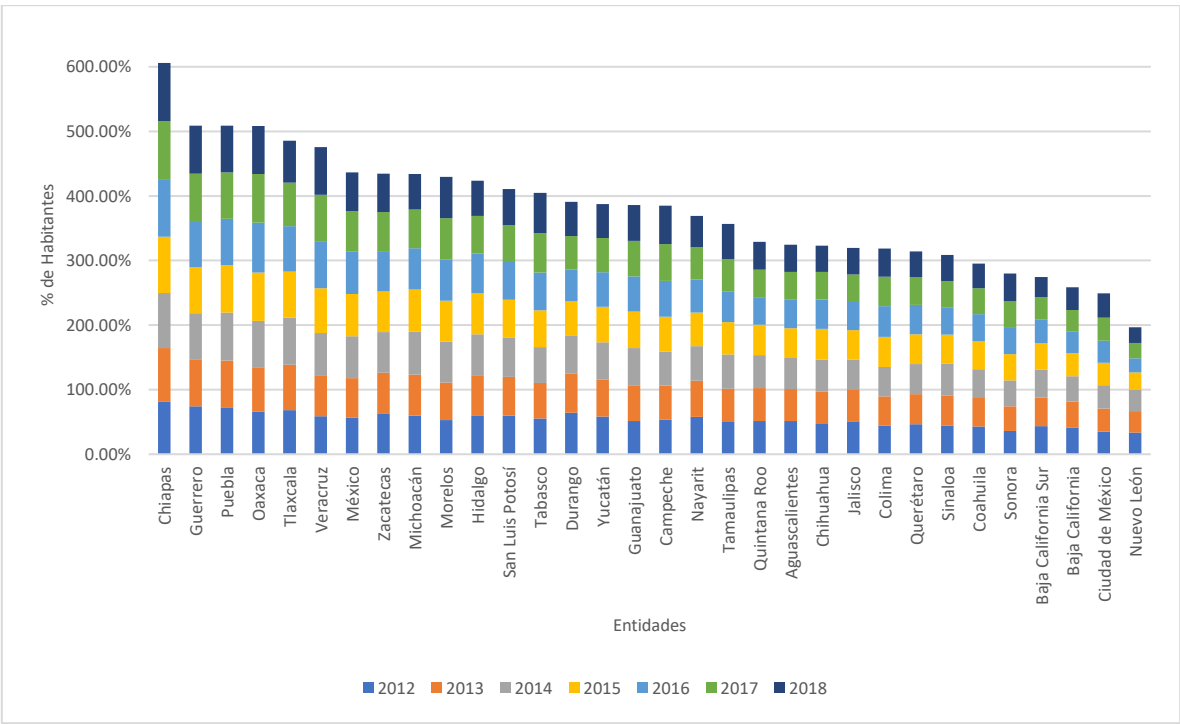
**Proporción de partos atendidos por personal sanitario calificado (INS-05).** La gran mayoría de estados gozan de una cobertura superior al 98% de partos atendidos por personal sanitario calificado, salvo los estados de Quintana Roo, Chihuahua, San Luis Potosí, Campeche, Puebla, Oaxaca, Tabasco y Veracruz que presentan una proporción de atención de partos entre el 93% y 98%. Lamentablemente, en Guerrero se presenta un valor promedio anual del 84.84% de partos atendidos por personal sanitario calificado, pero, las alarmas las emite Chiapas ya que su cobertura solo es del 64.04%. Este indicador está asociado con el indicador previo, por tanto, se puede asumir que hay una relación directamente proporcional a la atención médica por personal calificado durante los partos y a la mortalidad materna.

**Proporción de la población que presenta limitaciones para acceder a la seguridad social (INS-06).** Chiapas presenta la mayor proporción de la población con limitaciones para acceder a la seguridad social, con un promedio anual del 90.94% de habitantes. En contraposición, Nuevo León y Coahuila tienen promedios menores, pero no más alentadores al presentar cifras del 38.47% y 35.46% respectivamente. Este indicador tiene relación con los dos indicadores previos, ya que la relación de acceso a la seguridad social impacta en la atención médica que incide de forma directa sobre las personas más vulnerables.

**Proporción de la población menor a un año de edad con esquema básico completo de vacunación (INS-07).** Aguascalientes presenta el valor más alto de porcentaje promedio de

población menor a un año de edad con esquema básico completo de vacunación (96.76%). De otra parte, Yucatán cuenta con el promedio más bajo (80.13%), es de mencionar que en general, México presenta altas coberturas de vacunación; sin embargo, las entidades más vulnerables no son alcanzadas por los programas de vacunación.

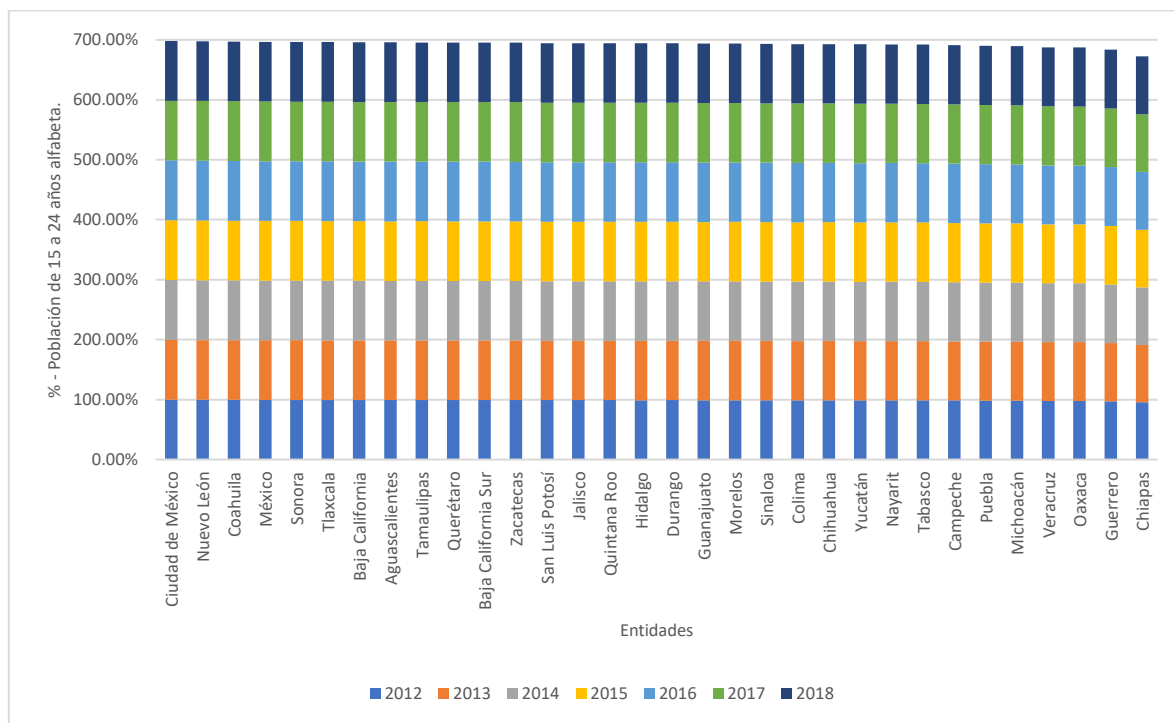
**Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (INS-08).** En la figura 5.2.1, se observa que Chiapas presenta el valor más alto de porcentaje promedio de población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (86.56%). Al respecto, anotar que este estado, concentra altas proporciones de población en zonas improductivas, sin presencia de métodos de producción modernos, derivando en baja productividad. En consecuencia, no se acumulan activos que produzcan retornos significativos. En este contexto, también afectan los niveles de escolaridad, experiencia, capital o inclusive formalidad. En contraposición, Nuevo León cuenta con el promedio más bajo (28.10%).



**Figura 5.2.1** Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (INS-08)

**Nota:** Elaboración propia.

**Proporción de población de 15 a 24 años alfabeta (INS-09).** En la figura 5.2.2 se aprecia que la Ciudad de México es la que presenta el valor más alto de porcentaje promedio de población de 15 a 24 años alfabeta (99.74%). Esto, muy posible por el desarrollo económico, social y cultural de la entidad, por el contrario, Chiapas cuenta con el promedio más bajo (96.05%).



**Figura 5.2.2** Proporción de población de 15 a 24 años alfabeta (INS-09)

**Nota:** Elaboración propia.

**Proporción de escuelas con acceso a electricidad (INS-10).** Ciudad de México presenta el valor más alto de porcentaje promedio de escuelas con acceso a electricidad (99.62%). Esto, muy posiblemente debido al desarrollo económico y social de la entidad, por el contrario, Chiapas, Oaxaca y Michoacán tienen un promedio anual por debajo del 50%.

**Proporción de escuelas con acceso a internet (INS-11).** Morelos presenta el valor más alto de porcentaje promedio de escuelas con acceso a internet (77.76%), en tanto, Chiapas, Oaxaca y Michoacán ostentan el promedio anual más bajo (23%).

**Proporción de escuelas con equipos de cómputo en funcionamiento (INS-12).** Sonora, México y Baja California presentan el más alto porcentaje promedio de escuelas con equipos de

cómputo en funcionamiento, superando el 80%. En contraposición Chiapas, Oaxaca y Michoacán tienen el promedio anual más bajo con cifras inferiores al 30%.

**Proporción de escuelas con infraestructura para discapacitados (INS-13).** Colima, Nuevo León, Quintana Roo y Baja California Sur presentan el más alto de porcentaje promedio de escuelas con infraestructura para discapacitados, por arriba del 50%. Sin embargo, Chiapas, Oaxaca y Michoacán tienen promedios anuales por debajo del 6%.

**Proporción de escuelas con agua potable (INS-14).** Ciudad de México, Baja California y Morelos son los que presentan el valor más alto de porcentaje promedio de escuelas con agua potable, con valores por encima del 90%. De otra parte, Chiapas y Michoacán presentan un promedio anual de tan solo 21.27% y 29.54% de escuelas con agua potable respectivamente.

**Proporción de población mayor 18 años satisfecha con el servicio de recolección de basura (INS-15).** Nuevo León presenta la más alta satisfacción con el servicio de recolección de basura entre la población mayor de 18 años con un valor promedio anual del 90.70%. Guerrero, por su parte, presenta la satisfacción más baja (33.68%).

**Incidencia de tuberculosis pulmonar por cada 100 mil habitantes (INA-01).** Baja California ofrece el valor más alto de incidencia de tuberculosis pulmonar por cada 100 mil habitantes (49.73 casos promedio al año). De otra parte, Aguascalientes presenta la incidencia más baja (tres casos). Estas cifras evidencian, el impacto de las actividades antropogénicas en la mala calidad del aire.

**Incidencia de paludismo por cada 100 mil habitantes (INA-02).** Campeche presenta la mayor incidencia de paludismo por cada 100 mil habitantes (7.59 casos de promedio anual), Jalisco, de otra parte, presenta la menor incidencia con 0.02 casos. Esta afección se atribuye a la mala calidad del agua alterada por las actividades antropogénicas, sumado a las condiciones de climas húmedos y calurosos. Se puede afirmar que en México el paludismo se ha erradicado, en la medida que 20 entidades no presentaron casos de paludismo durante el periodo de estudio.

**Incidencia de enfermedades cerebrovasculares por cada 100 mil habitantes (INA-03).** Sinaloa presenta el valor más alto de incidencia de enfermedades cerebrovasculares por cada 100 mil habitantes, con un promedio anual de 68.35 casos. Chiapas observa el promedio anual más bajo (12.26 casos). Ya varios estudios han demostrado la relación entre la contaminación atmosférica y las enfermedades cerebrovasculares.

**Incidencia de enfermedad isquémica del corazón por cada 100 mil habitantes (INA-04).** Chihuahua presenta el valor más alto de incidencia de enfermedad isquémica del corazón por cada 100 mil habitantes (68.35 casos). En contraposición, Chiapas ostenta el promedio anual más bajo

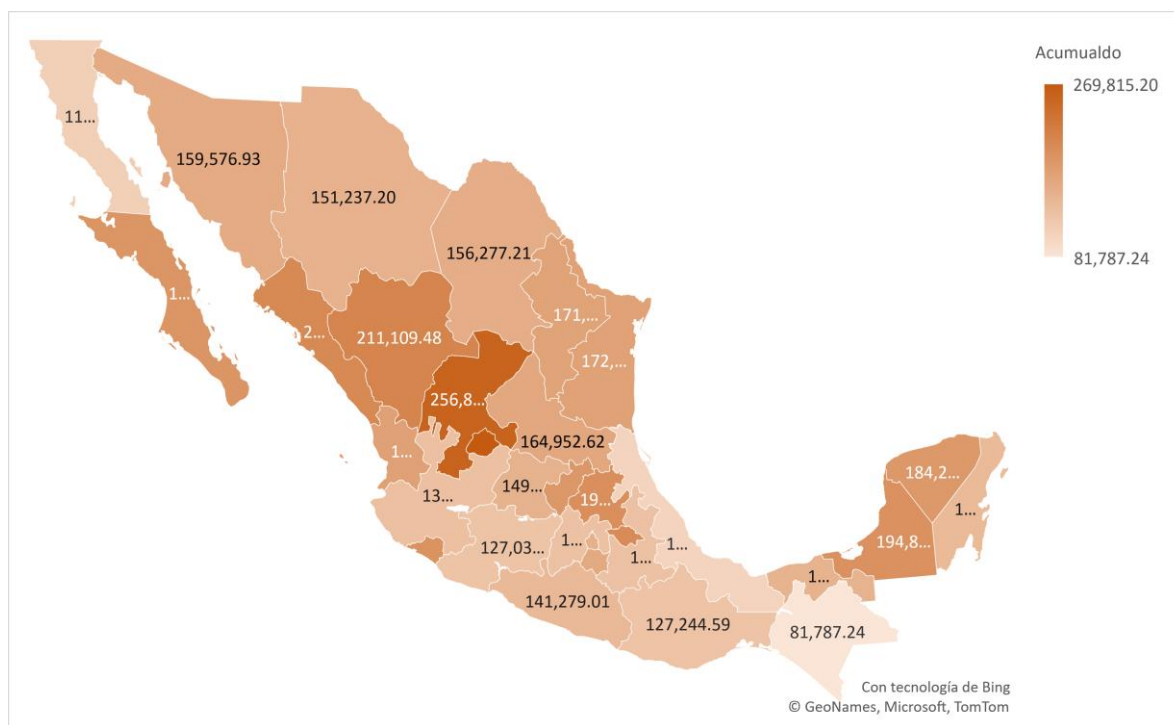


(14.38 casos). Ya los estudios han demostrado la relación entre la contaminación atmosférica y las enfermedades cardiovasculares.

**Incidencia de asma por cada 100 mil habitantes (INA-05).** Tamaulipas presenta el valor más alto de incidencia de asma por cada 100 mil habitantes con un promedio anual de 4,684.89 casos. Tlaxcala sorprende al presentar el promedio anual más bajo (318.10 casos) y es que muchas afecciones respiratorias pudieran atribuirse a la cercanía con el volcán Popocatepetl.

**Incidencia de neumonías y bronconeumonía por cada 100 mil habitantes (INA-06).** Sonora presenta la mayor incidencia de neumonías y bronconeumonía por cada 100 mil habitantes (299.68 casos promedio al año). Estado de México ofrece la menor incidencia (51.70 casos).

**Incidencia de infecciones respiratorias agudas por cada 100 mil habitantes (INA-07).** Aguascalientes presenta la mayor incidencia de infecciones respiratorias aguda por cada 100 mil habitantes (figura 5.2.3), con 38,545 casos en promedio al año. Chiapas ofrece la menor incidencia con 11,683 casos.



**Figura 5.2.3** Incidencia de infecciones respiratorias aguda (INA-07)

**Nota:** Elaboración propia.

***Incidencia de amebiasis por cada 100 mil habitantes (INA-08).*** Nayarit tiene la mayor incidencia de amebiasis por cada 100 mil habitantes, con un valor promedio anual de 589 casos. Baja California, por su parte, presenta la incidencia más baja con 57 casos.

***Incidencia de fiebre tifoidea por cada 100 mil habitantes (INA-09).*** Sinaloa presenta el valor más alto de incidencia de fiebre tifoidea por cada 100 mil habitantes, con un valor promedio anual de 371 casos, en tanto, Quintana Roo tiene el promedio anual más bajo (un caso)

***Incidencia de paratifoidea y otras salmonelosis por cada 100 mil habitantes (INA-10).*** Chiapas presenta el valor más alto de incidencia de paratifoidea y otras salmonelosis por cada 100 mil habitantes con 455 casos y Durango tiene la incidencia más baja con dos casos.

***Incidencia de intoxicaciones alimentarias bacterianas por cada 100 mil habitantes (INA-11).*** Chihuahua presenta el valor más alto de incidencia de intoxicaciones alimentarias bacterianas por cada 100 mil habitantes (88 casos promedio al año) y Quintana Roo el más bajo (un caso).

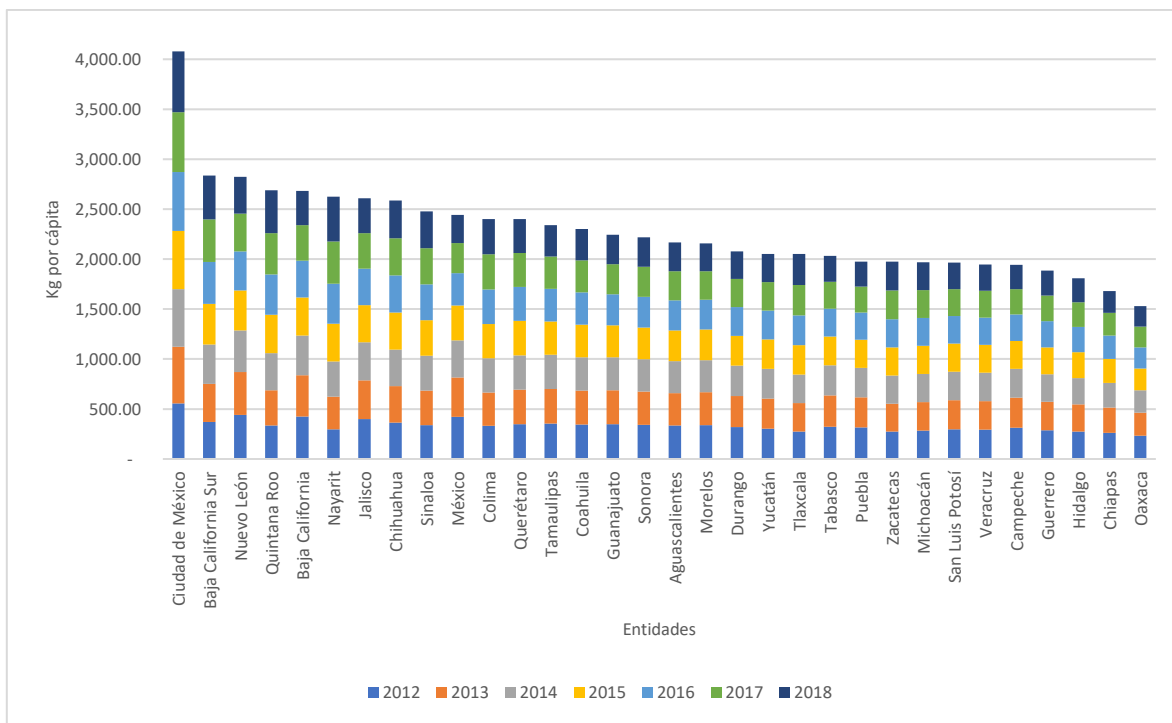
***Incidencia de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas por cada 100 mil habitantes (INA-12).*** Aguascalientes presenta el valor más alto de incidencia de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas por cada 100 mil habitantes (7,910 casos) y Veracruz el más bajo (3,249 casos en promedio al año).

***Incidencia de conjuntivitis por cada 100 mil habitantes (INA-13).*** Quintana Roo esta vez ofrece el valor más alto de incidencia de conjuntivitis por cada 100 mil habitantes con 1,778 casos en promedio al año, mientras que Chiapas el más bajo (362 casos).

***Incidencia de fiebre por dengue por cada 100 mil habitantes (INA-14).*** Colima presenta el valor más alto de incidencia de fiebre por dengue por cada 100 mil habitantes, (310 casos promedio anual), mientras que Querétaro, Aguascalientes y Chihuahua presentan los más bajos (por debajo de un caso promedio al año). En Ciudad de México y Tlaxcala no se reportaron casos.

***Incidencia de hepatitis A por cada 100 mil habitantes (INA-15).*** Yucatán tiene el valor más alto de incidencia de hepatitis A por cada 100 mil habitantes (31 casos) y Nuevo León el más bajo (dos casos).

***Generación estimada de RSU per cápita (INA-16).*** Ciudad de México presenta el valor más alto de generación estimada de RSU per cápita (figura 5.2.4) con un promedio anual de 582 Kg., y Oaxaca el más bajo con 218 Kg anuales en promedio.

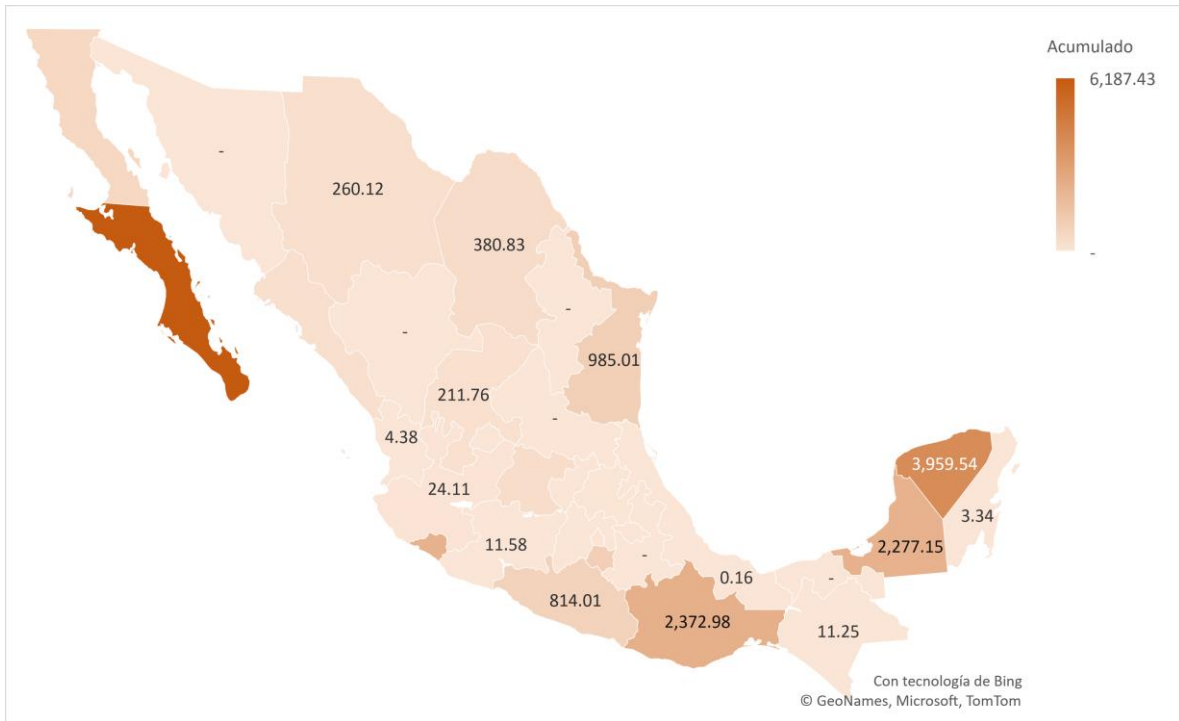


**Figura 5.2.4** Generación estimada de RSU per cápita (INA-16)

**Nota:** Elaboración propia.

**Volumen de extracción de agua per cápita (INA-17).** Chihuahua y Sonora presentan el valor más alto de volumen de extracción de agua per cápita con un promedio anual de 911 y 903 metros cúbicos respectivamente. No se descarta que esto sea causado por el tipo de clima de las entidades federativas y la actividad económica desarrollada. Por su parte, Campeche presenta el promedio anual más bajo (0.55 metros cúbicos).

**Demanda de combustóleo por cada 100 habitantes (INE-01).** En la figura 5.2.5 se observa que Baja California y Yucatán presentan una demanda promedio anual más alta (833.92 y 565.65 barriles), es muy posible que esto tenga relación con el hecho que aún generan energía eléctrica a partir de este combustible fósil. De otra parte, Quintana Roo, Veracruz y México son los que menor demandan este energético (por debajo de 0.5 barriles per cápita), advirtiendo que, para Durango, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sonora y Tabasco no se encontraron datos.



**Figura 5.2.5** Evolución demanda de combustóleo por cada 100 habitantes (INE-01)

**Nota:** Elaboración propia.

***Demanda de gasolinas automotrices por cada 100 habitantes (INE-02).*** Colima tiene la demanda promedio anual más alta con 1,019.63 barriles de gasolinas automotrices por cada 100 habitantes. A pesar de ser una entidad federativa pequeña, su consumo se presume multifactorial (depende de ingreso, actividades productivas y mercados ilícitos) al no registrar compra ilícita de gasolina. De otra parte, el Estado de México es el que menor demanda de este energético presenta (113.11 barriles), a pesar de tener una alta cantidad de vehículos a gasolina, pero asociada al alto índice de compra ilícita. Advirtiéndose que no se encontraron datos para Quintana Roo y Tlaxcala.

***Demanda de energía eléctrica per cápita (INE-03).*** El norte del país (Sonora, Coahuila, Nuevo León y Chihuahua) presenta la mayor demanda anual promedio de energía eléctrica per cápita, con valores superiores a los 3,000 KWh, no se descarta que estas cifras se atribuyan a circunstancias climatológicas (temperaturas extremas) y al desarrollo social. Chiapas, por su parte, es el que menor demanda tiene (546 KWH per cápita), nada extraño considerando los niveles de marginación y áreas aún sin cobertura de infraestructura eléctrica.

***Prevalencia delictiva en unidades económicas (INE-04).*** Baja California, Aguascalientes y Michoacán presentan mayor incidencia delictiva en unidades económicas (superior al 40%). No

menos grave es el caso de Yucatán con 24.91% de incidencia, pero, no se puede desconocer que es la cifra más baja de la república.

**Proporción de desocupación de personas económicamente activas (INE-05).** Tabasco tiene la mayor proporción de desocupación de personas económicamente activas con un promedio anual del 6.74%, mientras que Guerrero presenta el valor promedio más bajo (1.93%). Aunque la brecha del indicador no es abismal, el desempleo es una realidad por lo que fomenta la ocupación informal y en muchas ocasiones hasta la delincuencia.

**Gasto per cápita por desastres naturales (INE-06).** Baja California Sur, Guerrero, Tabasco y Oaxaca presentan el mayor gasto per cápita en desastres con \$9,945.18, \$5,779.72, \$3,739.11 y \$3,402.95 respectivamente. Es de mencionar que en Baja California Sur y Tabasco constantemente ocurren ciclones tropicales, y en Guerrero y Oaxaca se presentan las principales fallas y brechas que provocan los sismos. Aguascalientes y Yucatán ejercen menores gastos por concepto de desastres naturales.

**PIB per Cápita (INE-07).** Campeche sobresale al tener el PIB más elevado del país, desempeño atribuido a la actividad petrolera (80% de la actividad económica del estado), el PIB per cápita promedio anual es de \$697,488.11, en el otro extremo se encuentra Chiapas con un PIB per cápita de \$53,766.08.

Con el análisis de los indicadores nacionales, se puede observar que México presenta un desbalance social, teniendo mayor desarrollo social en las zonas del centro, norte y noroeste del país, y presentando desafortunadamente una deficiencia en la región sur y sureste, esto se nota tras analizar los indicadores INS-01, INS-02, INS-03, INS-04, INS-05, INS-06, INS-07 (referentes a temas de natalidad, mortalidad y servicios médicos), así mismo se presenta una situación similar para el comportamiento del indicador INS-08 (referente a la pobreza), y no muy alejado del comportamiento de los indicadores INS-09, INS-10, INS-11, INS-12, INS-13, INS-14 (referentes a los servicios educativos), que tienen una relación directa con el desarrollo social de las entidades. De este modo se logra notar que los estados menos favorecidos son: Chiapas, Oaxaca, Guerrero de manera recurrente, y los estados con un mejor desempeño en estos indicadores son: Ciudad de México, Morelos, Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Baja California Norte, con una mayor frecuencia.

De igual forma se puede observar que existe un sesgo respecto a las enfermedades relacionadas con temas ambientales que son evaluadas con los indicadores INA-01, INA-02, INA-03, INA-04, INA-05, INA-06, INA-07, INA-09, INA-11, INA-12, donde las entidades más afectadas son

Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Baja California Norte y para el caso de los indicadores INA-08, INA-10, INA-13, INA-15, los estados más afectados son: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, y en algunos casos Yucatán y Quintana Roo.

De forma similar respecto a los indicadores INS-15 e INA-16, referentes a la generación de RSU y la satisfacción de la población referente a la recolección de RSU, se observa que hay una mayor generación de RSU en los estados más desarrollados pero presentan un índice de satisfacción mejor respecto a su gestión, caso contrario se advierte en los estados menos favorecidos donde aun cuando la generación de RSU es menor, se tiene una mala percepción respecto a su recolección. Derivado de esto, la presente investigación cobra relevancia ya que la propuesta del modelo sostenible supone una mejora integral en la gestión y aprovechamiento de los RSU.

Así mismo, al observar y analizar el comportamiento de los indicadores INE-02 e INE-03, referentes la demandan de gasolina y de energía eléctrica nuevamente se presenta el sesgo del desarrollo social y económico en el país, ya que las entidades que presentan valores más elevados son del Norte y Noroeste del país (por su alto nivel de industrialización), y las entidades con cifras menores son del sur y sureste del país. En este punto es importante recalcar la importancia del proyecto ya que aunado a los indicadores de generación de RSU y su mejora en la gestión para el aprovechamiento de generación de energía eléctrica, se disminuiría la dependencia de los combustibles fósiles, favoreciendo la transición energética en el país, promoviendo una de las energías limpias.

### 5.3 Los indicadores a la luz de las hipótesis

Retomando las hipótesis planteadas y la relación entre las variables identificadas, a continuación, se seleccionan aquellos indicadores que contribuyen a su aprobación o rechazo.

1. La generación de residuos y desperdicios determina el bienestar de los ciudadanos. En la medida que se aprovechen los residuos y desperdicios para la obtención de biogás, disminuirán las enfermedades (respiratorias, cardiacas, neurológicas, gastrointestinales, bacterianas, etc.). Significa que a mayor producción de biogás; menores tasas de morbilidad. Los indicadores construidos en la presente investigación que orientan y confirman esta hipótesis son:

**A nivel global:** Generación de RSU totales per cápita (IGA-11), proporción de generación de RSU por hogares respecto de RSU totales (IGS-01), proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05) y proporción de RSU recuperados respecto de RSU totales (IGS-02).

**A nivel nacional:** Proporción de población mayor 18 años satisfecha con el servicio de recolección de basura (INS-15), Generación estimada de RSU per cápita (INA-16), Tasa de mortalidad por cada 1,000 habitantes (INS-02) y Volumen de extracción de agua per cápita (INA-17).

2. La generación de residuos y desperdicios determina la calidad ambiental. En la medida que se aprovechen los residuos y desperdicios para la obtención de biogás, disminuirá la contaminación (atmosférica, hídrica y de suelos). Implica que a mayor producción de biogás; menor proporción de contaminantes (atmosféricos, hídricos y de suelos). Los indicadores construidos en la presente investigación que soportan y confirman esta hipótesis son:

**A nivel global:** Emisiones de GEI totales per cápita (IGA-01), proporción de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales (IGA-04) y proporción de CH<sub>4</sub> respecto de GEI totales (IGA-06).

**A nivel nacional:** Incidencia de enfermedades cerebrovasculares (INA-03), Incidencia de enfermedad isquémica del corazón (INA-04), Incidencia de asma (INA-05), Incidencia de intoxicaciones alimentarias bacterianas (INA-11), Incidencia de hepatitis A (INA-15) y Gasto per cápita por desastres naturales (INE-06).

3. El uso de combustibles fósiles es un determinante del bienestar de los ciudadanos. En la medida que se aumente la producción de combustibles fósiles aumentarán las enfermedades (respiratorias, cardíacas, neurológicas, gastrointestinales, bacterianas, etc.). Se tiene que a mayor producción de energía fósil; mayores tasas de morbilidad. Los indicadores construidos en la presente investigación que sustentan y confirman esta hipótesis son:

**A nivel global:** Producción de energía eléctrica renovable per cápita (IGS-07), consumo de energía eléctrica per cápita (IGE-01) e ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente per cápita (IGE-03).

**A nivel nacional:** Incidencia de paludismo (INA-02), incidencia de enfermedades cerebrovasculares (INA-03), incidencia de enfermedad isquémica del corazón (INA-04), incidencia de asma (INA-05), incidencia de fiebre tifoidea (INA-09), incidencia de intoxicaciones alimentarias bacterianas (INA-11), incidencia de fiebre por dengue (INA-14), incidencia de hepatitis A (INA-15),

prevalencia delictiva en unidades económicas (INE-04) y proporción de desocupación de personas económicamente activas (INE-05).

4. El uso de combustibles fósiles es un determinante de la calidad ambiental. En la medida que se aumente la producción de combustibles fósiles aumentará la contaminación atmosférica. Significa que a mayor producción de energía fósil; mayores emisiones GEI. Los indicadores construidos en la presente investigación que orientan y confirman esta hipótesis son:

**A nivel global:** Proporción de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales (IGA-02), proporción de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales (IGA-03), proporción de CO<sub>2</sub> respecto de GEI totales (IGA-05), proporción de N<sub>2</sub>O respecto de GEI totales (IGA-07), proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles gaseosos respecto de GEI totales (IGA-08), proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos respecto de GEI totales (IGA-09) y proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales (IGA-10).

**A nivel nacional:** Demanda de combustóleo por cada 100 habitantes (INE-01), demanda de gasolinas automotrices por cada 100 habitantes (INE-02) y demanda de energía eléctrica per cápita (INE-03).

En términos más explícitos las cuatro hipótesis se aprueban encontrando en los siguientes párrafos, los respectivos argumentos.

El incremento de RSU está relacionado de forma directa con el aumento poblacional y el estilo de vida actual, causado por un mayor consumo de bienes y servicios. Esta tendencia hace necesario prestar mayor atención a los temas relacionados con la recolección, manejo y disposición final de los residuos, ya que, al no tener una gestión adecuada, se configuran en factor que detona efectos negativos en la salud de las personas a causa de la contaminación de suelos, aire y agua.

Los sitios de disposición final de RSU son importantes generadores de biogases, que en su mayoría son GEI generadores de problemas ambientales de diversa índole, que van desde olores desagradables hasta la contribución al aumento de la temperatura global. Además, los gases como CH<sub>4</sub>, el CO y el CO<sub>2</sub> tienen un efecto directo nocivo sobre la salud humana. Por lo que el aprovechamiento de biogás disminuirá las emisiones de GEI y se tendrá una disminución de enfermedades originadas por problemas medioambientales.

La gestión inadecuada de los RSU genera lixiviados en exceso, su composición y cantidad suele representar un riesgo de contaminación para el suelo y los cuerpos de agua adyacentes, tanto



superficiales como subterráneos, y provocan problemas de toxicidad y acidificación, por lo que gestionar de forma correcta su flujo superficial e infiltración es de vital importancia.

Los RSU acumulados y mal gestionados actúan como refugio para diversas plagas (roedores e insectos), que son nocivos para la salud humana al ser fuente directa de infecciones o al ser vectores de los organismos que las provocan. Insectos como moscas, cucarachas, pulgas y mosquitos son transmisores de enfermedades como diarrea, tifoidea, paludismo, giardiasis y dengue. Además, los roedores pueden transmitir peste, tifus y leptospirosis.

Con el aprovechamiento adecuado del biogás se puede tener un gran potencial para contribuir a reducir las emisiones GEI, es decir, si se aprovechan, en vez de dejar que la materia orgánica se descomponga a cielo abierto se ayuda al medio ambiente. Algunas de las ventajas del aprovechamiento de biogás son: no se emite dióxido de azufre (principal causante de la lluvia ácida) y permite reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles.

Una gestión adecuada de los RSU aprovecha lo que hasta hace poco tiempo se consideraba desecho, y se otorga un valor económico como materia prima para la generación de un bien económicamente rentable como es el biogás (se evita un mal público para generar un bien público).

La producción de biogás no se disminuye, su producción no está limitada por las condiciones climáticas (como en otros sistemas de generación limpia), favoreciendo la producción de la materia prima para la obtención de biogás. De momento, los residuos y sus gases se consideran inagotables, hasta tanto la población no tome conciencia y disminuya su generación, un hecho bastante lejano. Sumado a que la gestión adecuada de los RSU y el uso de biogás fomentan el empleo, ya que estas actividades necesitarán de personas para su operación, cuidado y mantenimiento, disminuyendo de paso la inseguridad (delitos del fuero común) en las entidades federativas.

#### 5.4 Análisis del posicionamiento de países y de entidades federativas.

En el presente apartado se muestran mapas de posicionamiento, con esta técnica visual se logra mostrar la ubicación de pares de indicadores asociados, tanto para el ámbito global (53 países) y a nivel de entidad federativa (México). Para la creación de estos mapas de posicionamiento (usando SPSS) se ha implementado el formato de presentación más común, empleando dos indicadores determinantes: en el eje X para la representación de la variable independiente y en el eje Y para la variable dependiente.

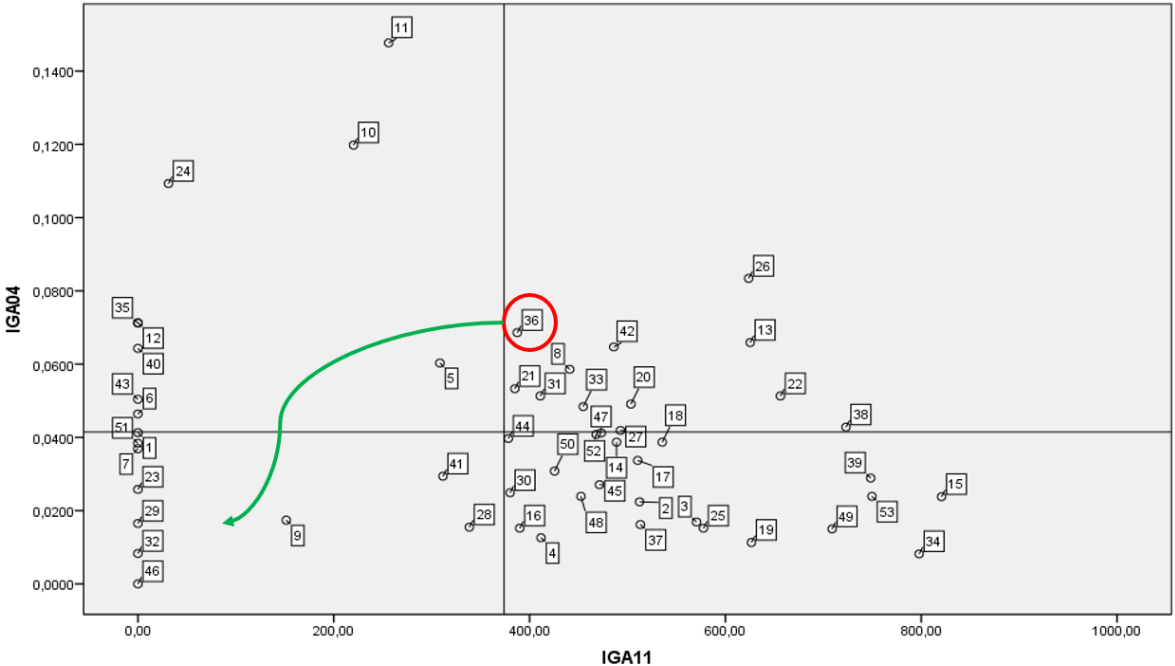
Estos mapas tienen como objetivo demostrar la correlación que tienen los indicadores. Al mapear los indicadores, en realidad, se traza el comportamiento y la correlación de los indicadores analizados con atributos determinantes y de impacto significativo dentro de la investigación. Es oportuno aclarar que los mapas de posicionamiento se construyen para un año en particular: 2017, y que se deciden dos indicadores socioambientales: uno independiente (eje X) y otro dependiente (eje Y); ubicando cuatro cuadrantes, el real en el que se encuentra un país (para el caso que nos ocupa México) o una entidad federativa (o agrupación de estas) y el cuadrante al que se aspira ascender y que obliga la implementación de una serie de estrategias de mejora para la mitigación de perjuicios. Los indicadores mapeados para el nivel global son: IGA-04 Proporción de GEI por generación de RSU respecto de GEI totales y el IGA-11 Generación de RSU totales per cápita. Los valores mapeados se presentan en la tabla 5.4.1 donde se pueden observar los datos correspondientes a los 53 países analizados.

**Tabla 5.4.1** | *Tabulado de posicionamiento de correlación de indicadores globales determinantes IGA-04 e IGA-11*

Cons	País -/- Clave Índice	IGA-04	IGA-11	Cons	País -/- Clave Índice	IGA-04	IGA-11
1	Argentina	0.0413	0.00	28	Japón	0.0155	338.53
2	Australia	0.0224	512.37	29	Kazajistán	0.0165	0.00
3	Austria	0.0169	570.50	30	Corea	0.0249	380.12
4	Bélgica	0.0126	411.65	31	Letonia	0.0513	410.96
5	Brasil	0.0603	308.41	32	Liechtenstein	0.0083	0.00
6	Bulgaria	0.0464	0.00	33	Lituania	0.0484	454.83
7	Canadá	0.0369	0.00	34	Luxemburgo	0.0082	797.92
8	Chile	0.0586	440.95	35	Malta	0.0712	0.00
9	China	0.0174	151.45	36	México	0.0686	387.42
10	Colombia	0.1198	220.26	37	Países Bajos	0.0162	513.21
11	Costa Rica	0.1477	256.09	38	Nueva Zelanda	0.0428	723.16
12	Croacia	0.0713	0.00	39	Noruega	0.0289	748.39
13	Chipre	0.0659	625.34	40	Perú	0.0643	0.00
14	República Checa	0.0387	488.83	41	Polonia	0.0294	311.50
15	Dinamarca	0.0238	820.73	42	Portugal	0.0647	486.06
16	Estonia	0.0152	389.89	43	Rumania	0.0504	0.00
17	Finlandia	0.0337	510.44	44	República Eslovaca	0.0397	378.32
18	Francia	0.0387	535.52	45	Eslovenia	0.0271	471.45
19	Alemania	0.0113	626.57	46	Sudáfrica	0.0000	0.00
20	Grecia	0.0491	503.50	47	España	0.0412	473.17
21	Hungría	0.0533	384.96	48	Suecia	0.0239	452.48
22	Islandia	0.0513	656.22	49	Suiza	0.0150	708.96
23	India	0.0258	0.00	50	Turquía	0.0308	425.50
24	Indonesia	0.1093	31.12	51	Ucrania	0.0384	0.00
25	Irlanda	0.0152	577.58	52	Reino Unido	0.0408	468.08
26	Israel	0.0834	623.72	53	Estados Unidos	0.0239	749.64
27	Italia	0.0419	492.85				

**Nota:** Elaboración propia.

A partir de la tabla 5.4.1, se traza en SPSS, el mapa de posicionamiento de los indicadores IGA-04 e IGA-11 (figura 5.4.1), allí se observa que frente una mayor generación de residuos sólidos urbanos hay una mayor presencia de gases de efecto invernadero. México (36) está en un cuadrante que no es el deseado, ya que presenta un alto índice de generación de residuos sólidos urbanos, y por ende, un alto índice de gases de efecto invernadero, por lo que urgen estrategias para mitigar el impacto de los RSU (fomentar el reciclaje, creación composta, aprovechamiento de los RSU y los gases que se generan de ellos, etc.). Generando así, beneficios de la disminución de la emisión de GEI, cambiando la posición dentro del mapa para poderse equiparar con países como China (9), Japón (28) o Polonia (41) que se encuentra dentro del cuadrante de baja producción de RSU y baja emisión de GEI en el año analizado (2017).



**Figura 5.4.1** Mapa de posicionamiento de correlación de indicadores globales determinantes IGA-04 e IGA-11  
**Nota:** Elaboración propia.

Cabe señalar que los cortes de los cuadrantes están ubicados en los valores promedios de cada indicador para los 53 países analizados, en el caso del indicador IGA-04, el valor promedio es 0.0415 y para el indicador IGA-011 es 373.9369.

Para los indicadores mapeados del nivel nacional se consideraron: el INA-07 Incidencia de infecciones respiratorias agudas por cada 100 mil habitantes por mala calidad del aire y el INA-16

Generación estimada de RSU per cápita. Los valores mapeados se presentan en la tabla 5.4.2 donde se observan los datos correspondientes a las 32 entidades federativas de México.

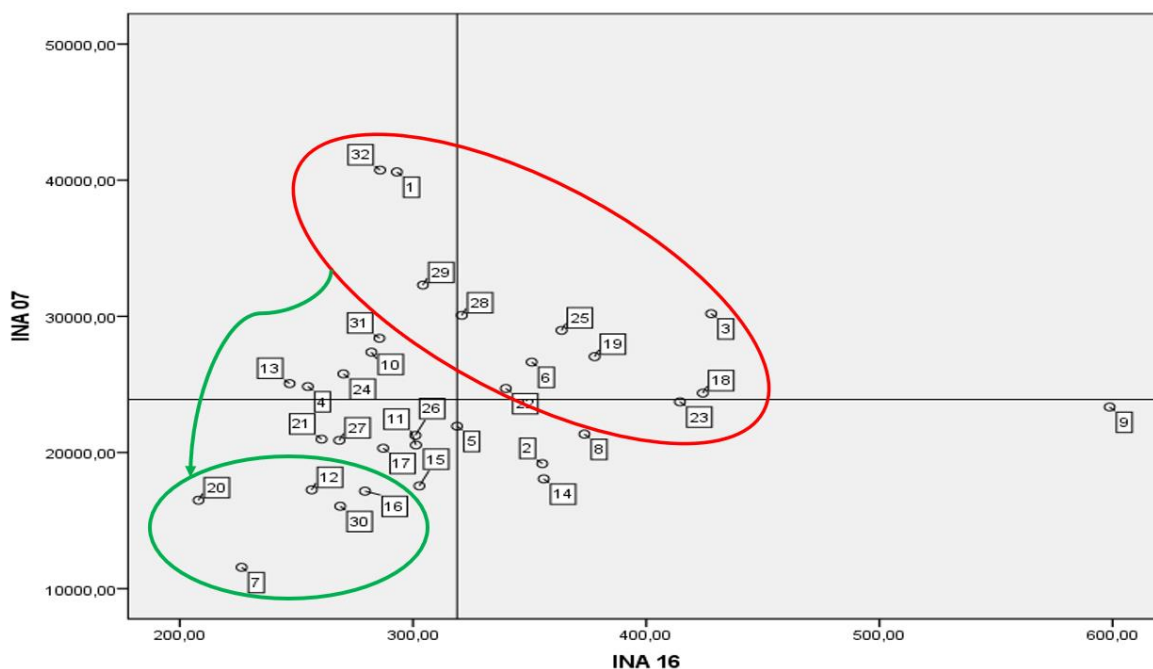
**Tabla 5.4.2** | *Tabulado de posicionamiento de correlación de indicadores nacionales determinantes  
INA-07 e INA-16*

Cons	Entidad -/- Clave Índice	INA-07	INA-16	Cons	Entidad -/- Clave Índice	INA-07	INA-16
1	Aguascalientes	40,604.75	293.05	17	Morelos	20,314.07	287.20
2	Baja California	19,179.80	355.43	18	Nayarit	24,361.14	424.27
3	Baja California Sur	30,194.18	427.85	19	Nuevo León	27,039.40	377.87
4	Campeche	24,844.76	254.89	20	Oaxaca	16,493.87	208.01
5	Coahuila	21,930.00	318.88	21	Puebla	20,974.45	260.81
6	Colima	26,639.89	350.89	22	Querétaro	24,702.19	339.82
7	Chiapas	11,564.90	226.50	23	Quintana Roo	23,723.55	414.47
8	Chihuahua	21,347.27	373.50	24	San Luis Potosí	25,772.19	270.14
9	Ciudad de México	23,340.24	598.73	25	Sinaloa	28,969.86	363.69
10	Durango	27,368.58	282.15	26	Sonora	21,259.74	301.01
11	Guanajuato	20,545.62	301.26	27	Tabasco	20,890.36	268.41
12	Guerrero	17,254.53	256.54	28	Tamaulipas	30,076.44	320.92
13	Hidalgo	25,060.52	247.07	29	Tlaxcala	32,301.71	304.25
14	Jalisco	18,059.74	356.06	30	Veracruz	16,054.53	268.79
15	México	17,545.67	302.74	31	Yucatán	28,389.10	285.61
16	Michoacán	17,160.35	279.41	32	Zacatecas	40,743.55	285.88

**Nota:** Elaboración propia. Los indicadores tabulados son: INA-07 e INA-16.

A partir de la tabla 5.4.2, se traza con el software SPSS, el mapa de posicionamiento de los indicadores INA-07 e INA-16 (figura 5.4.2), en él se observa que frente a una mayor generación de residuos sólidos urbanos se presenta un número mayor de casos por infecciones respiratorias. Entidades federativas como Zacatecas (32), Aguascalientes (1), Tlaxcala (29), Tamaulipas (28), Sinaloa (25), Nuevo León (19), Baja California Sur (3), Colima (6), Nayarit (18) y Querétaro (22), están en un cuadrante que no es el deseado. Esto al revelar un alto índice de generación de residuos sólidos urbanos y por ende una alta incidencia en las infecciones respiratorias agudas por cada 100 mil habitantes. Situación causada por la mala calidad del aire, por lo que urgen estrategias que mitiguen el impacto de la generación de los RSU (fomentar el reciclaje, creación composta, etc.), con lo que se disminuirían las infecciones respiratorias. En otras palabras, de lo que se trata es de cambiar la posición dentro del mapa para poderse equiparar con entidades federativas como Chiapas (7), Guerrero (12), Michoacán (16), Oaxaca (20) y Veracruz (30), ubicados en el cuadrante de baja producción de RSU y baja incidencia por infecciones respiratorias agudas en el año analizado (2017).

Cabe señalar que los cortes de los cuadrantes están posicionados en los valores promedios de cada indicador para las 32 entidades federativas analizadas, en el caso del indicador INA-07, el valor promedio es 23,897.09 y para el indicador INA-17, es 318.94.



**Figura 5.4.2** Mapa de posicionamiento de correlación de indicadores nacionales determinantes INA-07 e INA-16

**Nota:** Elaboración propia a partir de tabla 5.4.2 analizados en el paquete estadístico SPSS.

Para el desarrollo del análisis de posicionamiento es oportuno mencionar que se seleccionaron indicadores relevantes que permiten notar la causa y efecto negativo que se tiene por una gestión inadecuada de los RSU, como se describe a continuación:

**Indicadores globales mapeados (IGA-04 e IGA-11):** Se puede observar que la causa del problema es la generación de residuos sólidos urbanos y por su elevada producción y mala gestión, hay una mayor presencia de GEI. Lo que lleva a asegurar que con la implementación del modelo de negocio sostenible basado en la gestión adecuada de los RSU y el aprovechamiento de la biomasa para la generación de biogás y generar energía eléctrica limpia (planteada en la presente investigación), se puede aportar de forma positiva a la mitigación de los gases de efecto invernadero. Con lo que cualquier país o entidad puede mejorar su posicionamiento en estos indicadores.

**Indicadores nacionales mapeados (INA-07 e INA-16):** Se puede observar que la causa del problema es la generación de residuos sólidos urbanos y por su elevada producción y mala gestión, hay una mayor presencia de infecciones respiratorias agudas. Lo que lleva a afirmar que con la implementación de un modelo de negocio sostenible propuesto, se puede aportar de forma positiva a la mejora de la salud de las personas y por ende en su bienestar.

Cabe señalar que, en el mapeo de los indicadores globales, los resultados están directamente relacionados con las emisiones de GEI, que es coincidente con los resultados del análisis de componentes principales, como se muestra en la sección siguiente de la presente investigación.

Para el caso del mapeo de los indicadores nacionales no se ven reflejados como componentes principales en el análisis desarrollado en las siguientes secciones, pero, se desarrollaron para denotar que todos los indicadores construidos y analizados tienen influencia negativa o positiva (según sus características) en pro del medio ambiente y la sociedad y son susceptibles de mejora con la implementación del modelo de negocio sostenible propuesto.

## 5.5 Análisis de componentes principales

De momento, la investigación proporciona una visión más clara del comportamiento de las diferentes variables identificadas y relacionadas con las dimensiones del desarrollo sostenible (ambiental, económica y social). Corresponde ahora identificar aquellos indicadores que soportarán la propuesta de un modelo de negocio sostenible que aporte a la mitigación del cambio climático y contribuya a la mejora de la calidad de vida y salud de la sociedad.

Se procede, entonces, a la aplicación de técnicas multivariadas para obtener una base común de evidencias e información cuantitativa, selecta, procesada, descrita y contextualizada. Así, se facilita la externalización de los procesos considerados pertinentes a la hora de evaluar decisiones e intervenciones. En otras palabras, los indicadores ahora fungen como herramientas de objetivación de los procesos, y en este caso aplicable a la sostenibilidad.

El primer análisis desarrollado es el análisis de componentes principales (ACP) que es una prueba estadística multivariada que permite la simplificación de uso de variables, que para la presente investigación asciende a 23 indicadores globales y 39 nacionales. De manera que, este análisis permite transformar un conjunto de variables correlacionadas entre sí, en un conjunto sintético de variables denominados componentes principales o factores (Restrepo, Noguera y

Posada, 2012). Es importante señalar que en el ACP, las variables no son jerarquizadas y el resultado muestra la combinación de las variables originales tomando como referencia la dispersión de la muestra original, las relaciones y correlaciones entre variables. Ello, en espacios de menor dimensión (reducción), de forma general en el primer plano factorial, el segundo factor sería aquel que explica la mayor parte de la varianza restante, es decir, de la que no explicaba el primer factor y así sucesivamente con los factores siguientes (González, Conde y Ochoa, 2021; Urrutia y Palomino, 2010).

El ACP permite explicar la mayor parte de la variabilidad total de un conjunto de variables con el menor número de componentes, por lo tanto, cada componente explica una proporción de la variabilidad total (González, Conde y Ochoa, 2021). Por lo anterior, para el análisis del modelo desarrollado en la presente investigación se utilizó la herramienta de ACP, que permite reducir el conjunto de variables correlacionadas para cada índice estudiado (ambiental, social y económico) de alcance global y nacional a un número de componentes principales que explican el mayor porcentaje de variabilidad total.

Para la aplicación del ACP en la presente investigación, se ha optado por realizarlo sobre los resultados de los indicadores del año 2017, tanto para el ámbito global como para el nacional, ya que es el año coincidente en el espacio temporal seleccionado en el estudio.

Los datos obtenidos se analizaron con la prueba multivariada de componentes principales, tomando en cuenta las variables ya señaladas. Los datos analizados se compilan en la tabla 5.5.1, cifras de los 23 indicadores para los 53 países estudiados (38 miembros de la OCDE y 15 países fuera de la OCDE) correspondientes al año 2017. De forma similar, en la tabla 5.5.2, se acopian los 39 indicadores de las 32 entidades federativas de la república mexicana, también para el año 2017. Los análisis estadísticos se corrieron con el paquete estadístico R, versión 4.2.1 y su complemento Rcmdr, para un tratamiento ágil, aprovechado que el software brinda herramientas de generación de graficas basadas en el manejo de múltiples variables.

El ACP recae para el análisis global en 23 indicadores (ahora pasan a ser las variables bajo análisis estadístico), mismos que se han agrupado en 12 variables ambientales (IGA-01 a IGA-12), siete variables sociales (IGS-01 a IGS-07) y cuatro variables económicas (IGE-01 a IGE-04). En cada uno de los indicadores se ha procurado mantener una linealidad en la relación de las unidades y metodología de cálculo, tal como se muestra en la tabla 5.5.1.

**Tabla 5.5.1** Cifras de indicadores globales correspondiente al año 2017 de 53 países bajo estudio.

N°	País / Índice	IGA-01	IGA-02	IGA-03	IGA-04	IGA-05	IGA-06	IGA-07	IGA-08	IGA-09	IGA-10	IGA-11	IGA-12	IGS-01	IGS-05	IGS-02	IGS-03	IGS-04	IGS-06	IGS-07
1	Argentina	7.73	60.10%	0.00%	4.13%	62.82%	18.00%	10.78%	29.85%	26.54%	1.15%	0	0.8557	0.00%	0.00%	0.00%	77.20%	11.22%	16.41%	86.42
2	Australia	22.39	78.09%	39.65%	2.24%	75.22%	19.06%	3.76%	14.00%	22.58%	28.47%	512.37	0.6481	95.00%	51.02%	39.09%	63.75%	16.01%	20.40%	1,124.91
3	Austria	9.3	68.47%	13.34%	1.69%	85.08%	7.65%	4.39%	18.80%	36.62%	13.94%	570.5	0.3968	86.14%	2.05%	96.48%	2.20%	76.60%	20.46%	1,274.43
4	Bélgica	10.32	72.38%	16.82%	1.26%	84.65%	6.31%	5.03%	26.24%	42.74%	8.74%	411.65	0.3519	74.01%	1.68%	97.47%	0.77%	53.22%	12.25%	1,575.67
5	Brasil	5.29	44.23%	10.11%	6.03%	50.22%	32.25%	16.54%	7.46%	31.17%	7.09%	308.41	0.3176	0.00%	91.16%	0.00%	60.40%	14.92%	26.26%	409.37
6	Bulgaria	8.95	71.08%	43.68%	4.64%	75.11%	10.04%	7.88%	9.13%	17.82%	36.58%	0	0.7996	0.00%	0.00%	0.00%	13.89%	64.57%	14.45%	573.67
7	Canadá	19.84	81.87%	26.50%	3.69%	78.83%	15.33%	4.16%	29.63%	35.01%	7.94%	0	0.9777	0.00%	0.00%	0.00%	6.73%	69.84%	12.16%	1,452.95
8	Chile	6.04	78.13%	31.61%	5.86%	78.23%	12.93%	5.79%	9.61%	40.18%	27.18%	440.95	1.9202	0.00%	98.08%	1.92%	83.03%	13.39%	3.58%	584.04
9	China	9.72	74.13%	33.61%	1.74%	84.09%	8.28%	4.93%	3.20%	10.27%	56.87%	151.45	0.4165	0.00%	92.44%	0.95%	65.63%	22.98%	13.67%	250.01
10	Colombia	3.47	51.87%	13.02%	11.98%	50.44%	40.36%	7.43%	14.09%	28.74%	11.15%	220.26	0.2759	0.00%	95.12%	4.88%	53.98%	32.28%	30.20%	67.49
11	Costa Rica	2.93	55.13%	0.44%	14.77%	59.79%	29.06%	6.75%	0.00%	46.09%	2.11%	256.09	0.6456	0.00%	91.82%	8.20%	72.07%	51.30%	20.41%	668.26
12	Croacia	6.18	68.21%	17.63%	7.13%	73.56%	14.77%	6.53%	18.05%	29.55%	9.61%	0	0.1631	0.00%	0.00%	0.00%	10.92%	26.52%	65.58%	308.82
13	Chipre	10.47	73.78%	36.67%	6.59%	83.64%	10.06%	2.72%	0.00%	58.36%	-0.29%	625.34	0.2513	0.00%	78.73%	16.40%	63.71%	6.48%	41.90%	665.8
14	República Checa	12.33	77.32%	41.11%	3.87%	82.53%	9.57%	4.76%	11.39%	14.56%	45.99%	488.83	0.1539	72.82%	45.57%	50.05%	2.43%	49.75%	31.71%	963.76
15	Dinamarca	8.69	70.57%	23.63%	2.38%	72.49%	14.53%	11.83%	11.59%	30.66%	10.82%	820.73	0.1286	70.90%	1.02%	98.98%	52.30%	5.58%	64.66%	3,953.59
16	Estonia	15.91	88.65%	69.08%	1.52%	89.49%	5.22%	4.17%	3.93%	2.72%	77.12%	389.89	1.3542	54.97%	19.22%	76.56%	0.26%	95.92%	3.31%	1,473.41
17	Finlandia	10	74.31%	31.81%	3.37%	80.97%	8.38%	8.59%	7.69%	37.80%	28.87%	510.44	1.1913	65.00%	0.92%	99.08%	2.68%	75.90%	21.42%	2,766.79
18	Francia	7.02	68.99%	11.34%	3.87%	75.37%	12.24%	8.58%	16.03%	35.87%	7.45%	535.52	0.3953	78.00%	21.88%	78.12%	10.44%	59.69%	17.02%	632.43
19	Alemania	10.72	84.73%	35.16%	1.13%	88.70%	6.07%	3.50%	16.76%	27.90%	34.88%	626.57	0.2957	73.90%	2.05%	97.95%	0.98%	62.94%	13.98%	2,293.98
20	Grecia	8.89	73.50%	41.78%	4.91%	78.29%	10.56%	4.54%	7.15%	29.81%	20.03%	503.5	1.0451	0.00%	80.06%	19.94%	92.77%	2.15%	20.56%	984.13
21	Hungría	6.61	72.26%	21.40%	5.33%	76.50%	12.91%	7.39%	23.84%	25.07%	12.89%	384.96	0.4596	77.55%	48.43%	51.14%	9.76%	62.16%	11.56%	299.18
22	Islandia	13.91	39.05%	0.05%	5.13%	75.40%	12.78%	6.73%	0.00%	33.61%	7.60%	656.22	0.8445	0.00%	66.98%	33.02%	0.13%	89.68%	36.24%	17,866.93
23	India	2.21	75.53%	42.65%	2.58%	79.16%	13.87%	5.12%	3.48%	20.99%	55.20%	0	0.4837	0.00%	0.00%	0.00%	85.02%	2.06%	6.79%	73.81
24	Indonesia	3.65	71.49%	0.00%	10.93%	0.00%	0.00%	0.00%	9.35%	24.97%	14.05%	31.12	0.8518	0.00%	0.00%	0.00%	108.53%	5.44%	14.17%	49.39
25	Irlanda	12.95	59.72%	19.04%	1.52%	62.96%	23.90%	11.14%	13.76%	26.21%	12.65%	577.58	0.158	54.92%	22.50%	75.89%	21.24%	6.10%	75.44%	1,713.08
26	Israel	8.94	80.88%	48.77%	8.34%	83.29%	9.40%	2.35%	22.92%	26.94%	29.48%	623.72	0.1375	0.00%	77.60%	22.40%	48.73%	2.76%	37.69%	184.86
27	Italia	7.22	80.73%	24.24%	4.19%	81.37%	10.07%	4.40%	24.19%	25.47%	11.64%	492.85	0.5674	0.00%	24.29%	66.84%	50.28%	22.85%	28.15%	1,426.82
28	Japón	10.18	88.25%	39.66%	1.55%	92.16%	2.25%	1.63%	19.77%	34.87%	35.11%	338.53	0.641	69.66%	6.03%	93.92%	66.08%	14.04%	18.64%	704.11
29	Kazajistán	20.9	83.27%	37.80%	1.65%	84.54%	10.37%	4.68%	17.97%	11.53%	36.84%	0	1.2364	0.00%	0.00%	0.00%	62.42%	28.47%	9.57%	14.9
30	Corea	13.84	86.61%	37.96%	2.49%	91.48%	3.92%	1.96%	14.93%	24.47%	46.51%	380.12	0.5685	84.15%	15.04%	84.96%	58.93%	16.43%	24.64%	176.54
31	Letonia	5.53	67.40%	14.43%	5.13%	67.22%	17.02%	13.17%	22.31%	32.64%	1.36%	410.96	0.0932	0.00%	64.90%	27.50%	27.55%	11.73%	43.92%	517.14
32	Liechtenstein	5.08	81.78%	1.10%	0.83%	80.52%	9.63%	4.64%	24.01%	0.00%	0.00%	0	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0
33	Lituania	7.26	56.06%	12.53%	4.84%	66.11%	15.63%	14.78%	21.32%	33.62%	3.94%	454.83	0.0916	70.00%	32.71%	66.42%	3.74%	3.63%	6.80%	512.14
34	Luxemburgo	17.21	85.79%	2.47%	0.82%	90.25%	5.73%	3.26%	15.21%	65.51%	1.47%	797.92	0.0765	66.53%	4.48%	95.52%	0.84%	3.28%	89.48%	741.8
35	Malta	4.31	76.01%	35.61%	7.12%	75.86%	8.81%	2.60%	0.00%	79.45%	0.00%	0	0.0919	0.00%	0.00%	0.00%	44.91%	1.80%	67.29%	320.09
36	México	6.1	65.95%	26.44%	6.86%	69.74%	22.58%	5.10%	20.52%	34.09%	6.59%	387.42	0.7081	76.99%	93.52%	6.48%	83.20%	8.57%	17.91%	159.6
37	Países Bajos	11.12	83.50%	33.18%	1.62%	85.27%	9.42%	4.33%	33.77%	33.38%	20.90%	513.21	0.4663	89.16%	2.47%	97.54%	0.35%	67.22%	5.75%	854.03
38	Nueva Zelanda	16.6	40.62%	5.99%	4.28%	44.67%	43.08%	10.32%	12.65%	24.16%	5.86%	723.16	2.0515	0.00%	0.00%	0.00%	101.42%	40.93%	28.00%	2,848.39
39	Noruega	10.01	70.97%	29.01%	2.89%	83.73%	9.45%	4.52%	22.55%	45.98%	5.91%	748.39	0.51	49.93%	3.49%	96.51%	29.05%	36.09%	26.13%	651.58
40	Perú	3.17	56.43%	16.11%	6.43%	58.61%	28.00%	13.40%	18.82%	31.27%	3.15%	0	0.5201	0.00%	0.00%	0.00%	81.35%	6.96%	94.29%	72.68
41	Polonia	10.79	82.74%	39.91%	2.94%	81.50%	11.53%	5.55%	8.05%	14.40%	45.11%	311.5	0.2623	83.31%	43.43%	56.57%	8.63%	59.06%	17.03%	655.74
42	Portugal	6.87	73.18%	30.12%	6.47%	78.03%	12.91%	4.59%	12.57%	31.16%	16.26%	486.06	0.8879	0.00%	46.64%	48.89%	78.43%	13.39%	8.18%	1,829.37
43	Rumania	6	68.19%	23.16%	5.04%	68.60%	19.98%	9.51%	16.49%	18.91%	15.90%	0	0.3457	0.00%	0.00%	0.00%	22.18%	62.23%	15.40%	565.37
44	República Eslovaca	7.76	67.38%	18.04%	3.97%	85.54%	8.16%	4.51%	19.74%	18.76%	29.04%	378.32	0.1023	66.80%	60.56%	39.43%	4.65%	33.83%	42.95%	493.08
45	Eslovenia	8.58	80.97%	27.77%	2.71%	82.48%	11.29%	4.12%	7.78%	35.02%	21.07%	471.45	0.4508	59.55%	13.94%	65.37%	0.42%	81.16%	18.15%	324.97
46	Sudáfrica	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0	0.3401	0.00%	0.00%	0.00%	85.98%	31.28%	29.67%	76.71
47	España	7.28	76.38%	24.06%	4.12%	81.17%	11.25%	5.29%	14.74%	35.84%	13.03%	473.17	0.671	0.00%	51.16%	48.84%	57.07%	16.89%	13.84%	1,866.92
48	Suecia	5.28	69.94%	17.50%	2.39%	80.42%	8.30%	9.05%	3.27%	56.00%	14.75%	452.48	0.2361	0.00%	0.45%	99.55%	2.88%	51.40%	36.50%	3,178.59
49	Suiza	5.65	76.44%	6.90%	1.50%	79.95%	9.94%	6.41%	14.09%	51.70%	0.95%	708.96	0.2052	56.01%	0.00%	100.00%	7.42%	29.09%	42.13%	423.23
50	Turquía	6.58	72.38%	29.78%	3.08%	81.43%	10.75%	6.74%	18.38%	17.99%	27.74%	425.5	0.7472	82.30%	84.39%	9.16%	112.98%	6.82%	14.15%	265.16
51	Ucrania	7.65	67.42%	28.00%	3.84%	69.07%	19.78%	10.83%	16.56%	8.43%	34.43%	0	0.2045	0.00%	0.00%	0.00%	21.32%	23.10%	15.48%	47.48
52	Reino Unido	7.16	78.75%	21.71%	4.08%	82.03%	10.50%	4.34%	27.82%	33.48%	16.72%	468.08	0.1275	86.50%	19.69%	80.58%	14.23%	12.00%	74.00%	1,367.96
53	Estados Unidos	20	82.65%	29.38%	2.39%	80.16%	10.21%	6.84%	23.74%	31.73%	20.00%	749.64	1.3669	54.30%	52.29%	47.71%	39.66%	46.66%	12.99%	1,234.94

**Nota:** Elaboración propia.



**Tabla 5.5.1 Continuación**

*Cifras de indicadores globales correspondiente al año 2017 de 53 países bajo estudio.*

N°	País / Índice	IGE-01	IGE-02	IGE-03	IGE-04
1	Argentina	3,532.84	\$1,686.87	\$334.21	\$13,778.09
2	Australia	11,355.64	\$6,182.96	\$336.02	\$48,613.60
3	Austria	9,010.35	\$5,221.45	\$1,199.25	\$40,509.32
4	Bélgica	8,090.24	\$5,072.43	\$996.67	\$38,487.48
5	Brasil	3,089.50	\$1,023.19	\$86.30	\$9,329.34
6	Bulgaria	4,546.13	\$589.80	\$234.00	\$6,583.86
7	Canadá	16,810.39	\$5,347.69	\$654.57	\$40,635.10
8	Chile	4,656.47	\$1,504.57	\$191.47	\$13,007.74
9	China	4,839.56	\$451.03	\$82.16	\$6,926.13
10	Colombia	1,595.09	\$538.76	\$39.03	\$5,837.87
11	Costa Rica	2,238.89	\$968.08	\$284.72	\$12,284.04
12	Croacia	3,528.50	\$863.84	\$557.96	\$10,824.41
13	Chipre	4,679.00	\$2,625.18	\$799.76	\$24,738.44
14	República Checa	6,315.49	\$1,499.23	\$503.04	\$15,522.99
15	Dinamarca	5,839.32	\$6,091.75	\$2,110.28	\$51,612.11
16	Estonia	6,864.21	\$1,330.48	\$620.40	\$16,431.21
17	Finlandia	15,635.18	\$4,388.69	\$1,372.67	\$39,108.68
18	Francia	7,204.23	\$4,593.23	\$974.44	\$34,038.55
19	Alemania	7,009.38	\$5,089.50	\$724.00	\$37,924.69
20	Grecia	4,601.10	\$1,462.01	\$751.72	\$15,030.01
21	Hungría	3,846.05	\$961.23	\$393.67	\$11,316.79
22	Islandia	58,877.19	\$6,647.80	\$1,581.13	\$62,948.17
23	India	1,022.84	\$64.17	\$23.58	\$1,933.09
24	Indonesia	1,147.53	\$125.26	\$0.67	\$3,412.33
25	Irlanda	5,557.93	\$5,370.32	\$1,178.33	\$41,025.00
26	Israel	7,868.48	\$3,717.69	\$1,054.59	\$42,004.19
27	Italia	4,978.80	\$2,872.62	\$1,086.38	\$27,427.25
28	Japón	7,609.63	\$4,085.26	\$517.24	\$30,292.63
29	Kazajistán	6,760.09	\$317.84	\$76.00	\$7,508.45
30	Corea	12,234.81	\$2,363.70	\$925.94	\$27,112.59
31	Lettonia	3,316.69	\$831.82	\$579.09	\$10,829.81
32	Liechtenstein	0	\$ -	\$ -	\$ -
33	Lituania	3,239.53	\$958.03	\$341.11	\$12,466.25
34	Luxemburgo	16,118.56	\$6,972.19	\$1,823.49	\$80,405.69
35	Malta	5,530.53	\$2,917.12	\$731.52	\$ -
36	México	2,596.34	\$572.88	\$109.15	\$8,238.72
37	Países Bajos	6,863.84	\$5,140.32	\$1,701.51	\$42,515.96
38	Nueva Zelanda	9,582.26	\$4,452.67	\$556.43	\$39,954.93
39	Noruega	25,339.66	\$8,649.71	\$1,697.82	\$67,908.01
40	Perú	1,642.42	\$372.02	\$32.23	\$6,190.73
41	Polonia	4,141.25	\$906.21	\$333.58	\$11,635.56
42	Portugal	4,472.32	\$1,949.26	\$556.68	\$16,840.03
43	Rumania	2,473.73	\$529.46	\$211.45	\$8,330.96
44	República Eslovaca	5,205.03	\$1,196.17	\$354.64	\$14,250.12
45	Eslovenia	7,066.51	\$1,966.68	\$1,041.01	\$18,846.76
46	Sudáfrica	4,644.49	\$612.28	\$170.19	\$6,296.54
47	España	5,173.32	\$2,560.24	\$519.24	\$24,117.52
48	Suecia	14,120.55	\$6,368.42	\$1,146.75	\$49,752.49
49	Suiza	8,091.37	\$10,616.47	\$1,379.33	\$70,596.61
50	Turquía	3,505.69	\$505.32	\$330.87	\$10,087.02
51	Ucrania	3,536.06	\$182.78	\$61.18	\$2,173.47
52	Reino Unido	5,179.13	\$4,237.74	\$960.27	\$36,393.77
53	Estados Unidos	13,603.49	\$10,801.72	\$424.75	\$55,048.77

**Nota:** Elaboración propia.

**Tabla 5.5.2** | Cifras de indicadores nacionales correspondiente al año 2017 de 32 entidades (México).

N°	Entidad / Índice	INS-01	INS-02	INS-03	INS-04	INS-05	INS-06	INS-07	INS-08	INS-09	INS-10	INS-11	INS-12	INS-13	INS-14	INS-15	INA-01	INA-02	INA-03	INA-04	INA-05
1	Aguascalientes	20.3	4.6	83.9	23.6	99.65	47.4	95.6	43.2	99.5	90.7	63.6	75.6	42.1	90.2	78.6	3	-	37	65	174
2	Baja California	17.2	5.3	66.5	35.7	99.82	50.9	69.4	34	99.4	97.6	78.1	80.3	49.4	94.1	65	51	-	41	52	341
3	Baja California Sur	15.4	4.7	77.5	8.6	99.63	54.2	87.8	34.2	99.4	87.5	60	70.4	53.9	84.8	82.4	28	-	44	78	402
4	Campeche	18.1	4.9	83.3	29.4	97.08	69.6	86.7	57.4	98.9	81.7	47.4	71.4	33.5	71.8	82.5	16	1	26	44	307
5	Coahuila	19.2	5.5	100.7	38.3	99.81	34.2	100	40.2	99.6	96	59.1	62.5	50.2	87.5	78.4	19	-	38	66	243
6	Colima	15.6	6.1	72.8	8	99.95	57.4	79.3	45.6	99.1	91.9	55.7	73.2	60.8	89.3	85.7	23	-	38	25	289
7	Chiapas	24.4	5	89.8	56.6	64.3	93	65.6	89.6	96.3	61.8	16.2	23.5	4.3	32.6	53.7	25	10	12	17	145
8	Chihuahua	16.7	6.3	79	46.1	97.82	45.5	80.8	43	98.9	77.4	43	61.9	30.8	67.8	77.3	16	6	55	200	430
9	Ciudad de México	13.5	7	43.3	30.8	99.66	47	89.4	35.8	99.7	99.6	75.6	79.2	37	97.8	65.1	6	-	53	73	234
10	Durango	21	5.2	73.4	28.2	99.34	53.6	87.5	51.4	99.3	69.4	25.5	59.3	19.6	57.2	78	10	-	50	64	291
11	Guanajuato	19.7	5.9	71	33.4	99.26	60.6	95.6	55	99.2	88.7	43.9	62.6	31.2	82.2	69.4	4	-	28	27	106
12	Guerrero	21.9	5.5	74.4	55.7	81.61	79.7	71	73.1	97.9	78.8	25.1	51.9	8	46.3	25.9	31	-	25	18	145
13	Hidalgo	17	5.3	71.8	33.1	98.92	80.7	90.7	58.1	99.3	79.2	27.1	53.9	15.4	68.5	66.2	5	-	37	50	183
14	Jalisco	18.7	5.7	68.4	26.8	99.6	55.6	84.1	42.5	99.2	86.4	52.4	58.6	27.5	82	72.1	10	-	52	85	292
15	México	16.4	4.8	64	31.7	98.81	66.2	71.6	62.8	99.5	93.1	61.8	80.4	27.8	85.7	51.1	4	-	23	30	101
16	Michoacán	20.4	5.9	76.6	32.1	99.05	74.3	79.3	59.5	98.6	57.4	20.5	35	8.2	48	43.5	6	-	16	17	176
17	Morelos	16.8	6.3	71.2	23.9	98.83	72.2	83.6	64	99.1	97	72.4	73.1	27.1	90.5	66.5	8	-	33	65	242
18	Nayarit	17	5.5	86.4	34.6	99.13	67	73.6	49.8	98.9	74.7	30.4	55.7	17.3	71	76.5	23	0	23	33	419
19	Nuevo León	17	5.1	70.8	28.8	99.88	39.2	100	23.4	99.7	91.7	51	54.8	53.7	83.5	90.2	27	-	41	65	315
20	Oaxaca	19.3	6.1	68.7	47.6	98.2	82.3	79.1	75.7	98.4	42.8	13.2	18.7	3.4	59.9	40.8	16	-	24	17	109
21	Puebla	21.5	6	80.5	27.8	96.92	77.9	93.4	72.1	98.8	85.8	33.4	60.8	16.1	74.2	66.2	7	-	26	29	68
22	Querétaro	19	5	65.1	21.7	99.57	58.6	96.6	42.8	99.4	72.6	36	57.6	22.2	67.8	72.3	5	-	16	36	101
23	Quintana Roo	17.5	3.8	75.7	32.1	98.07	66.5	81.7	42.8	99.2	88.4	55.2	60.4	53.2	84.7	46.2	27	2	26	25	378
24	San Luis Potosí	17.3	5.8	67.7	30.9	98.54	60.9	95.5	57.2	99.3	76.8	24.3	58.6	15.9	54.5	71	11	0	35	42	253
25	Sinaloa	17	5.4	73.8	15	99.89	49	81.7	41.1	99.1	79.5	37.4	47.9	25.5	68	80	30	0	71	113	413
26	Sonora	15.2	5.5	70.7	33	99.52	47	86.2	41.7	99.5	94.9	67	79.2	45	87.9	74	35	-	43	76	513
27	Tabasco	20	5.3	75.3	39.7	95.58	75.2	90	60.6	98.9	84.6	22.3	35.4	25.5	57.7	68	32	1	32	31	443
28	Tamaulipas	15.8	5.4	70.2	38.7	99.78	48	86.8	50.7	99.4	91.6	52.6	66.2	31.1	80	61.3	33	-	65	91	784
29	Tlaxcala	20.2	5	78.2	32.3	99.38	76.5	93.1	67.4	99.5	87.8	67.1	78.1	29.1	85.3	55.3	2	-	9	27	37
30	Veracruz	15.5	6.5	73.6	30.2	92.22	73.1	80.3	72.9	98.4	85.6	29.1	39.4	13.4	58.7	59.2	26	-	36	51	172
31	Yucatán	16.1	5.8	64.7	13.6	98.62	61.9	69	53.1	99.1	86.8	57.5	63.6	35.4	82.1	69.9	11	-	31	65	502
32	Zacatecas	21.5	5.9	73	27	99.77	66.7	90.1	60.9	99.4	84.4	36.9	69.4	19.7	76	63.5	4	-	31	46	172

**Nota:** Elaboración propia.

**Tabla 5.5.2 Continuación**

*Cifras de indicadores nacionales correspondiente al año 2017 de 32 entidades (México).*

N°	Entidad / Índice	INA-06	INA-07	INA-08	INA-09	INA-10	INA-11	INA-12	INA-13	INA-14	INA-15	INA-16	INA-17	INE-01	INE-02	INE-03	INE-04	INE-05	INE-06	INE-07
1	Aguascalientes	168	40,605	261	23	101	3	8,542	1,912	0	0	293	408	-	312.56	2,084.21	44.19%	3.64%	\$ -	\$163,396.17
2	Baja California	132	19,180	35	35	44	53	5,055	824	0	2	355	274	63.27	392.63	2,879.38	41.02%	2.88%	\$2.78	\$153,756.76
3	Baja California Sur	119	30,194	217	14	50	59	8,735	2,006	8	12	428	455	873.54	401.89	2,804.80	36.70%	4.36%	\$1,087.24	\$181,667.13
4	Campeche	60	24,845	398	29	82	5	5,994	4,605	40	1	255	1	-	228.6	1,380.82	46.13%	3.80%	\$137.40	\$572,916.42
5	Coahuila	119	21,930	77	84	202	78	4,927	1,068	39	3	319	603	105.75	212.5	3,293.59	21.90%	4.38%	\$25.33	\$197,956.90
6	Colima	139	26,640	271	3	24	1	5,774	1,348	27	17	351	355	539.79	1,057.77	2,506.91	32.23%	3.62%	\$537.68	\$135,803.24
7	Chiapas	40	11,565	448	61	470	10	4,320	603	17	7	226	64	0.29	107.1	553.51	30.47%	2.62%	\$593.68	\$51,401.51
8	Chihuahua	174	21,347	79	20	116	193	5,572	1,039	1	4	374	955	9.03	324.82	3,203.90	31.96%	2.70%	\$40.35	\$145,439.12
9	Ciudad de México	145	23,340	75	2	5	10	5,068	1,179	-	5	599	71	-	406.4	1,488.21	40.04%	4.62%	\$166.56	\$346,021.95
10	Durango	56	27,369	97	2	1	2	4,722	1,224	37	14	282	359	-	415.92	1,681.17	28.64%	3.78%	\$187.35	\$110,613.35
11	Guanajuato	92	20,546	55	10	20	7	3,521	743	237	7	301	666	-	249.89	1,976.19	33.47%	3.54%	\$0.17	\$118,924.15
12	Guerrero	77	17,255	330	34	59	25	3,868	765	18	6	257	72	204.19	145.14	792.27	35.36%	1.62%	\$934.25	\$64,819.95
13	Hidalgo	98	25,061	320	1	9	4	3,437	1,402	16	15	247	138	1.36	326.7	1,282.60	27.05%	2.87%	\$23.68	\$91,383.77
14	Jalisco	283	18,060	106	6	46	88	4,730	829	57	4	356	183	0.12	188.31	1,595.78	32.04%	2.86%	\$19.05	\$144,624.53
15	México	60	17,546	98	1	11	8	3,882	753	5	2	303	99	-	110.29	984.84	36.21%	4.02%	\$64.95	\$89,330.90
16	Michoacán	53	17,160	78	15	51	2	3,813	604	11	8	279	228	1.12	219.38	1,602.00	41.47%	2.58%	\$30.00	\$88,910.63
17	Morelos	53	20,314	207	17	15	20	5,946	913	52	22	287	203	6.94	264.04	1,353.19	32.56%	2.09%	\$1,153.77	\$103,072.81
18	Nayarit	100	24,361	544	9	170	15	6,112	1,052	58	8	424	175	-	117.9	1,184.04	29.71%	3.57%	\$ -	\$94,910.46
19	Nuevo León	98	27,039	58	27	14	63	5,248	1,298	84	1	378	149	-	331.82	3,175.04	29.17%	3.79%	\$ -	\$248,861.49
20	Oaxaca	74	16,494	470	10	43	12	4,340	975	12	11	208	76	391.62	136.83	635.25	28.72%	2.18%	\$1,426.28	\$61,584.00
21	Puebla	73	20,974	282	4	104	10	4,527	803	18	2	261	180	-	147.18	1,172.88	38.08%	2.76%	\$263.98	\$93,059.60
22	Querétaro	100	24,702	63	3	12	12	5,309	1,027	5	14	340	299	-	332.16	2,435.13	34.08%	4.34%	\$ -	\$190,748.34
23	Quintana Roo	69	23,724	344	0	207	1	7,733	8,270	16	2	414	80	2.07	-	2,780.91	38.89%	3.11%	\$241.40	\$162,249.68
24	San Luis Potosí	171	25,772	211	14	42	68	5,316	1,202	5	4	270	278	-	200.31	2,006.75	37.25%	2.33%	\$ -	\$126,291.67
25	Sinaloa	132	28,970	435	338	172	55	5,386	1,421	8	17	364	359	4.09	325.48	2,231.42	24.18%	3.66%	\$63.77	\$125,237.55
26	Sonora	302	21,260	78	5	27	15	5,212	989	7	11	301	879	-	285.86	3,336.99	43.18%	3.73%	\$98.25	\$190,538.82
27	Tabasco	67	20,890	455	109	489	25	5,634	2,162	8	4	268	80	-	125.4	1,322.57	32.91%	7.00%	\$13.95	\$208,940.24
28	Tamaulipas	142	30,076	250	308	130	52	8,470	1,966	46	5	321	85	192.29	354.53	2,343.31	23.86%	4.11%	\$36.60	\$137,154.13
29	Tlaxcala	115	32,302	226	8	64	3	7,027	1,331	-	1	304	196	-	-	1,382.67	32.40%	3.73%	\$62.98	\$72,532.23
30	Veracruz	47	16,055	225	54	192	15	3,875	1,227	24	4	269	70	0.01	229.84	1,154.19	26.78%	3.54%	\$298.90	\$94,873.66
31	Yucatán	106	28,389	448	3	56	1	8,850	4,549	11	12	286	555	545.9	491.18	1,646.01	22.43%	2.03%	\$ -	\$115,748.32
32	Zacatecas	215	40,744	338	236	90	69	8,181	1,548	-	9	286	675	-	161.94	1,364.99	35.19%	2.75%	\$ -	\$98,288.68

**Nota:** Elaboración propia.

Para el ACP de índices nacionales se tienen los 39 indicadores, que del mismo modo, se agrupan de la siguiente manera: 15 variables sociales (INS-01 a INS-15), 17 variables ambientales (INA-01 a INA-17) y siete variables económicas (INE-01 a INE-07), de forma similar al tratamiento global, en cada uno de los indicadores se ha procurado mantener una linealidad en la relación de las unidades y metodología de cálculo, tal como se muestra en la tabla 5.5.2 mostrada previamente.

En los siguientes apartados se muestran los resultados de la aplicación del análisis de componentes principales a los indicadores construidos y comentados previamente.

5.5.1 Resultados de ACP a índices globales de la esfera ambiental correspondiente a 2017 con cifras de 53 países. El análisis global ambiental parte de 12 variables y el ACP las reduce a cinco componentes principales, que explican un 79.24% de la varianza total, estos componentes lo explican con el 30.42%, 15.80%, 12.78%, 10.83% y el 9.38% respectivamente. La suma de la variabilidad total se muestra en la tabla 5.5.1.1. Los demás componentes, al ser menores que la unidad, dejan de ser considerados según el criterio de *Kaiser* para la extracción de factores.

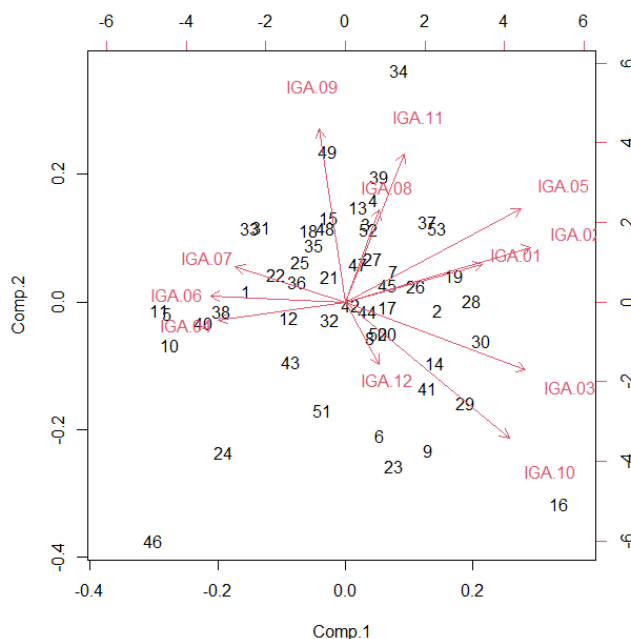
**Tabla 5.5.1.1** | Resultados del ACP de índices globales de la esfera ambiental de 2017.

Componente	Varianza Dimensión BD Global Ambiental					
	Autovalores iniciales			Sumas de la saturación al cuadrado de la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% Varianza	% Acumulado
Componente 1	3.6509	0.3042	0.3042	3.6509	0.3042	0.3042
Componente 2	1.8967	0.1581	0.4623	1.8967	0.1581	0.4623
Componente 3	1.8967	0.1279	0.5902	1.8967	0.1279	0.5902
Componente 4	1.3008	0.1084	0.6986	1.3008	0.1084	0.6986
Componente 5	1.1261	0.0938	0.7924	1.1261	0.0938	0.7924
Componente 6	0.8986	0.0749	0.8673			
Componente 7	0.4679	0.0390	0.9063			
Componente 8	0.4159	0.0347	0.9410			
Componente 9	0.2365	0.0197	0.9607			
Componente 10	0.2267	0.0189	0.9795			
Componente 11	0.1444	0.0120	0.9916			
Componente 12	0.1010	0.0084	1.0000			

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Es relevante señalar que el componente principal uno está asociado de forma positiva con dos proporciones de emisiones de GEI respecto de emisiones de GEI totales: por actividad de demanda energética y por actividades de industria eléctrica. El componente dos muestra relación positiva para la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles líquidos respecto de GEI totales y guarda una relación negativa con la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales. Lo antes mencionado se puede observar de forma gráfica en la figura 5.5.1 donde se muestran los valores de datos multivariantes de dos componentes para la dimensión ambiental, donde los vectores muestran las asociaciones positiva o negativa que

depende de la dirección de los vectores al respecto de los ejes y el punto de origen de las variables, así mismo la longitud de los vectores representa las magnitudes de influencia sobre los componentes.



**Figura 5.5.1** Resultados del ACP de índices globales de la esfera ambiental de 2017.

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Con el apoyo de la representación gráfica de los componentes ambientales se observa que de los 12 indicadores el impacto de cinco de ellos es más representativo en conjunto con sus relaciones subyacentes que son: emisiones de miles de toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada 1,000 habitantes (IGA-01), proporción de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales (IGA-02), proporción de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales (IGA-03), proporción de CO<sub>2</sub> respecto de GEI totales (IGA-05) y proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales (IGA-10).

5.5.2 Resultados de ACP a índices globales de la esfera social correspondiente a 2017 con cifras de 53 países. El ACP corrido para los índices globales de la dimensión social de siete variables (índices) se reduce a tres componentes principales, que explican un 71.95% de la varianza total, cada uno de los componentes explican el 36.81%, 19.14% y el 15.99% respectivamente, el valor de variabilidad total y acumulada se muestra en la tabla 5.5.2.1. Los componentes del cuatro al siete son descartados al ser menores que la unidad, según el criterio de *Kaiser* para la extracción de factores.

**Tabla 5.5.2.1** | Resultados del ACP de índices globales de la esfera social de 2017.

Componente	Varianza Dimensión BD Global Social					
	Autovalores iniciales			Sumas de la saturación al cuadrado de la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% Varianza	% Acumulado
Componente 1	2.5772	0.3682	0.3682	2.5772	0.3682	0.3682
Componente 2	1.3399	0.1914	0.5596	1.3399	0.1914	0.5596
Componente 3	1.1200	0.1600	0.7196	1.1200	0.1600	0.7196
Componente 4	0.9614	0.1373	0.8569			
Componente 5	0.5147	0.0735	0.9305			
Componente 6	0.2850	0.0407	0.9712			
Componente 7	0.2018	0.0288	1.0000			

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

En este punto cabe señalar que el componente principal uno está asociado de forma positiva con la variable de proporción de generación de RSU por hogares respecto de RSU totales y con proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales; y relacionado de forma negativa con la proporción de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total. Para el componente dos se observa una relación negativa con proporción de extracción de agua dulce para industria respecto de extracción de agua dulce total. La figura 5.5.2 ilustra lo antes dicho, haciendo notar los valores de datos multivariantes de dos componentes para la dimensión social, donde los vectores que apuntan a la derecha confirman la asociación positiva y los orientados a la izquierda la asociación negativa, siendo más extensos los vectores con mayor influencia sobre los componentes.



**Figura 5.5.2** Resultados del ACP de índices globales de la esfera social de 2017.

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

En la figura 5.5.2 se aprecia que en los componentes sociales de los siete indicadores el impacto de tres de ellos es más representativo con sus relaciones subyacentes que son: proporción de generación de RSU por hogares respecto de RSU totales (IGS-01), proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05) y proporción de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total (IGS-03).

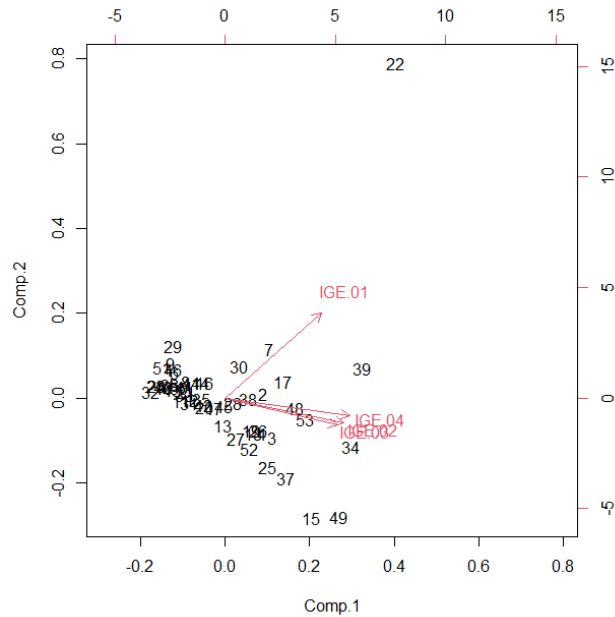
5.5.3 Resultados de ACP A índices globales de la esfera económica correspondiente a 2017 con cifras de 53 países. El ACP corrido para los índices globales de la dimensión económica cuenta con cuatro variables y se reduce a un único componente, que explica el 77.86% de la varianza total. El valor de variabilidad total y acumulada se muestra en la tabla 5.5.3.1, siendo esta única componente suficiente para explicar la máxima variabilidad. El resto de los componentes, al ser menores que la unidad, dejan de ser considerados según el criterio de *Kaiser* para la extracción de factores.

**Tabla 5.5.3.1** | Resultados del ACP de índices globales de la esfera económica de 2017.

Componente	Varianza dimensión BD Global Económicos					
	Autovalores iniciales			Sumas de la saturación al cuadrado de la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% Varianza	% Acumulado
Componente 1	3.1144	0.7786	0.7786	3.1144	0.7786	0.7786
Componente 2	0.5414	0.1354	0.9140			
Componente 3	0.2983	0.0746	0.9885			
Componente 4	0.0458	0.0115	1.0000			

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

En este análisis se puede observar que el único componente principal está asociado de forma positiva con el ingreso nacional neto per cápita. La representación gráfica se observa en la figura 5.5.3 donde se muestran los valores de datos multivariantes de dos componentes para la dimensión económica, notando que los vectores muestran las asociaciones positiva o negativa dependiente de la dirección de los vectores al respecto de los ejes y punto de origen de las variables además de que la longitud de los vectores representa la magnitud de influencia sobre los componentes.



**Figura 5.5.3** Resultados del ACP de índices globales de la esfera económica de 2017.

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Soportado en la representación gráfica de los componentes económicos se aprecia que de las cuatro variables el impacto de un solo indicador es más representativo que es: ingreso nacional neto per cápita (IGE-04).

En la sección siguiente se muestran de forma similar los resultados de la aplicación del ACP para los indicadores nacionales de la esfera social.

5.5.4 Resultados de ACP a índices nacionales de la esfera social correspondiente a 2017 con cifras de 32 entidades. El ACP para los índices nacionales de la dimensión social se integra de 15 indicadores y se reduce a tres componentes principales, que explican un 74.94% de la varianza total, cada uno de los componentes explican el 51.44%, 14.55% y el 8.95% respectivamente. El valor de variabilidad total y acumulada se muestra en la tabla 5.5.4.1, y los demás componentes, al ser menores que la unidad, no se consideran para la extracción de factores, según el criterio de *Kaiser*.

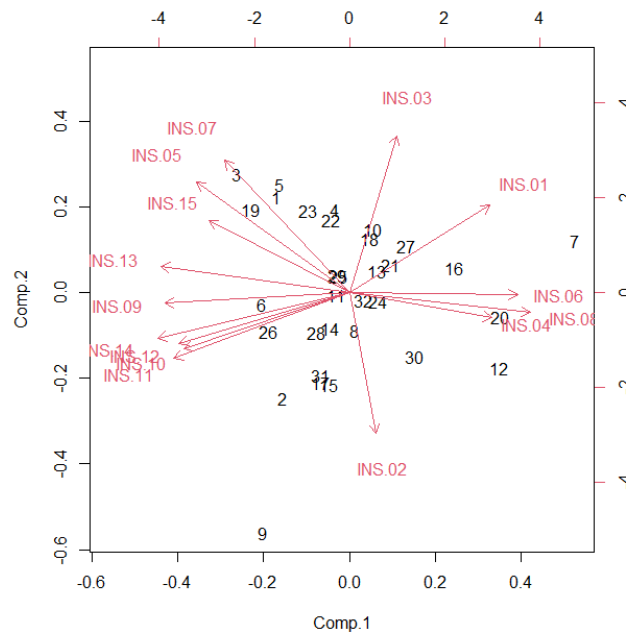


**Tabla 5.5.4.1** | Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera social de 2017.

Varianza Dimensión BD Nacionales Social						
	Autovalores iniciales			Sumas de la saturación al cuadrado de la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% Varianza	% Acumulado
Componente 1	7.7159	0.5144	0.5144	7.7159	0.5144	0.5144
Componente 2	2.1829	0.1455	0.6599	2.1829	0.1455	0.6599
Componente 3	1.3432	0.0895	0.7495	1.3432	0.0895	0.7495
Componente 4	0.9363	0.0624	0.8119			
Componente 5	0.7375	0.0492	0.8611			
Componente 6	0.5658	0.0377	0.8988			
Componente 7	0.4286	0.0286	0.9273			
Componente 8	0.2740	0.0183	0.9456			
Componente 9	0.2633	0.0176	0.9632			
Componente 10	0.1733	0.0116	0.9747			
Componente 11	0.1204	0.0080	0.9827			
Componente 12	0.0982	0.0065	0.9893			
Componente 13	0.0726	0.0048	0.9941			
Componente 14	0.0594	0.0040	0.9981			
Componente 15	0.0287	0.0019	1.0000			

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Posterior al análisis realizado se observa que el componente principal uno está asociado de forma positiva a la proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza y proporción de población de 15 a 24 años alfabeta. Por otra parte, está asociado de forma negativa con proporción de escuelas con agua potable. Esto se puede observar de forma gráfica en la figura 5.5.4 donde la dirección de los vectores muestra las asociaciones positiva o negativa al respecto de los ejes y el punto de origen de las variables, así mismo la longitud de los vectores representa las magnitudes de influencia sobre los componentes.



**Figura 5.5.4** Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera social de 2017.

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Con el apoyo de la representación gráfica de los componentes sociales se observa que de los 15 indicadores el impacto de tres de ellos es más representativo en conjunto con sus relaciones subyacentes que son: proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (INS-08), proporción de población de 15 a 24 años alfabeta (INS-09) y proporción de escuelas con agua potable (INS-14).

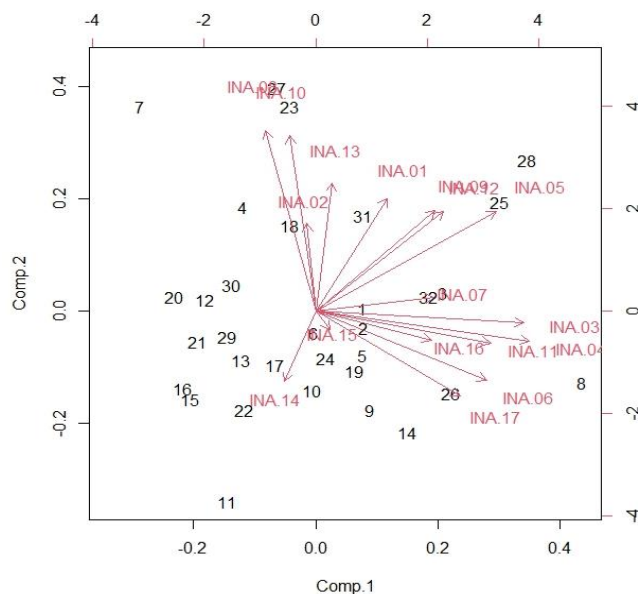
5.5.5 Resultados de ACP a índices nacionales de la esfera ambiental correspondiente a 2017 con cifras de 32 entidades. El ACP para los índices nacionales de la dimensión ambiental se configura con 17 variables y se reduce a cinco componentes principales, que explican un 70.69% de la varianza total, estos componentes explican el 24.89%, 16.36%, 13.13%, 8.22% y el 8.08% respectivamente. La variabilidad total y acumulada de los 17 componentes se muestra en la tabla 5.5.5.1. Los demás componentes, al ser menores que la unidad, no se consideran, según el criterio de *Kaiser* para la extracción de factores.

**Tabla 5.5.5.1** | Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera ambiental de 2017.

Componente	Varianza Dimensión BD Nacionales Ambiental					
	Autovalores iniciales			Sumas de la saturación al cuadrado de la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% Varianza	% Acumulado
Componente 1	4.2324	0.2490	0.2490	4.2324	0.2490	0.2490
Componente 2	2.7823	0.1637	0.4126	2.7823	0.1637	0.4126
Componente 3	2.2311	0.1312	0.5439	2.2311	0.1312	0.5439
Componente 4	1.3989	0.0823	0.6262	1.3989	0.0823	0.6262
Componente 5	1.3738	0.0808	0.7070	1.3738	0.0808	0.7070
Componente 6	0.9845	0.0579	0.7649			
Componente 7	0.9528	0.0560	0.8209			
Componente 8	0.7833	0.0461	0.8670			
Componente 9	0.5639	0.0332	0.9002			
Componente 10	0.4189	0.0246	0.9248			
Componente 11	0.3186	0.0187	0.9436			
Componente 12	0.2728	0.0160	0.9596			
Componente 13	0.2309	0.0136	0.9732			
Componente 14	0.1997	0.0117	0.9849			
Componente 15	0.1332	0.0078	0.9928			
Componente 16	0.0757	0.0045	0.9972			
Componente 17	0.0471	0.0028	1.0000			

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Con base en el análisis realizado se aprecia que el componente principal uno está asociado de forma positiva con la incidencia de enfermedad isquémica del corazón y con incidencia de enfermedades cerebrovasculares. El componente dos se relacionada de forma positiva con la incidencia de amebiasis. Lo antes dicho, se aprecia de forma gráfica en la figura 5.5.5 donde se muestran los valores de datos multivariantes de dos componentes para la dimensión ambiental, y los vectores revelan la magnitud y la asociación positiva o negativa de las principales variables.



**Figura 5.5.5** Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera ambiental de 2017.

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Tomando como referencia la figura 5.5.5 de los componentes ambientales se aprecia que de 17 indicadores existe relevancia de tres indicadores en las dos componentes más representativas y sus relaciones subyacentes que son: incidencia de enfermedades cerebrovasculares por cada 100 mil habitantes - por calidad del aire (INA-03), incidencia de enfermedad isquémica del corazón por cada 100 mil habitantes - por calidad del aire (INA-04) e incidencia de amebiasis por cada 100 mil habitantes - por calidad del agua (INA-08).

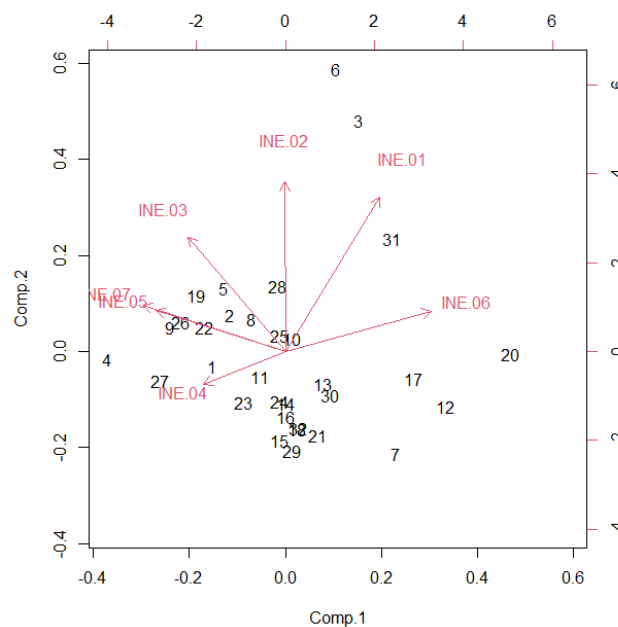
5.5.6 Resultados de ACP a índices nacionales de la esfera económica correspondiente a 2017 con cifras de 32 entidades. El ACP de los índices nacionales de la dimensión económica se estructura con siete variables y se reduce a tres componentes principales, que explican un 71.59% de la varianza total, estos componentes explican el 29.28%, 25.52% y el 16.79% respectivamente, y la variabilidad total y acumulada de los siete componentes se muestra en la tabla 5.5.6.1. Los demás componentes, según el criterio de Kaiser para la extracción de factores, al ser menores que la unidad, se dejan de lado.

**Tabla 5.5.6.1** | Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera económica de 2017.

Componente	Varianza Dimensión BD Nacionales Económico					
	Autovalores iniciales			Sumas de la saturación al cuadrado de la extracción		
	Total	% de Varianza	% Acumulado	Total	% Varianza	% Acumulado
Componente 1	2.0496	0.2928	0.2928	2.0496	0.2928	0.2928
Componente 2	1.7864	0.2552	0.5480	1.7864	0.2552	0.5480
Componente 3	1.1750	0.1679	0.7159	1.1750	0.1679	0.7159
Componente 4	0.8269	0.1181	0.8340			
Componente 5	0.5154	0.0736	0.9076			
Componente 6	0.3943	0.0563	0.9639			
Componente 7	0.2524	0.0361	1.0000			

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Tras el ACP realizado se observa que el primer componente está asociado de forma positiva con el gasto per cápita por desastres naturales y de forma negativa con la proporción de desocupación de personas económicamente activas, el segundo componente se relaciona con la demanda de gasolinhas automotrices y de combustóleos. Así mismo en la figura 5.5.6 se observan los valores de datos multivariantes de dos componentes para la dimensión económica, y los vectores revelan la magnitud y la asociación positiva o negativa dependiendo de la dirección de estos.



**Figura 5.5.6** Resultados del ACP de índices nacionales de la esfera económica de 2017.

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

Tomando como referencia la figura 5.5.6 de los componentes económicos se aprecia la relevancia de cuatro indicadores en las dos componentes más representativas y sus relaciones subyacentes que son: demanda de combustóleo por cada 100 habitantes (INE-01), demanda de

gasolinas automotrices por cada 100 habitantes (INE-02), proporción de desocupación de personas económicamente activas (INE-05) y gasto per cápita por desastres naturales (INE-06).

Tras realizar la aplicación de un método estadístico como lo es el análisis de componentes principales, se ha logrado simplificar la cantidad de variables (indicadores) con la finalidad de disminuir la complejidad del espacio muestral (indicadores sociales, ambientales y económicos tanto globales como nacionales) con el que se contaba, pero a la vez se logra conservar la información. Así mismo con el ACP se ha logrado encontrar un número de factores subyacentes que logra explicar de forma aproximada lo mismo que con todas las variables originales. Dicho lo anterior se muestra un resumen de como quedaron reducidas todas las variables y sus asociaciones subyacentes:

**Análisis global ambiental:** Se parte de 12 variables y el ACP las reduce a cinco componentes principales, que explican un 79.24% de la varianza total, estos componentes lo explican con el 30.42%, 15.80%, 12.78%, 10.83% y el 9.38% respectivamente como se explicó en la sección 5.5.1. En este análisis de 12 indicadores ambientales globales se observa el impacto de cinco indicadores en los componentes más representativos y sus relaciones subyacentes que son: IGA-01, IGA-02, IGA-03, IGA-05 e IGA-10.

**Análisis global social:** Se parte de siete variables y el ACP las reduce a tres componentes principales, que explican un 71.95% de la varianza total, cada uno de los componentes explican el 36.81%, 19.14% y el 15.99% respectivamente como se explicó en la sección 5.5.2. En este análisis se reduce de siete indicadores sociales a solo tres indicadores y sus relaciones subyacentes que son: IGS-01, IGS-05 e IGS-03.

**Análisis global económico:** Se parte de cuatro variables y el ACP las reduce a un único componente principal, que explica el 77.86% de la varianza total como se explicó en la sección 5.5.3. En este análisis se reduce a un solo indicador que es: IGE-04.

**Análisis nacional social:** Se parte de 15 variables y el ACP las reduce a tres componentes principales, que explican un 74.94% de la varianza total como se explicó en la sección 5.5.4. En este análisis se reduce de 15 indicadores sociales a solo tres indicadores en los dos componentes más representativos y sus relaciones subyacentes que son: INS-08, INS-09 e INS-14.

**Análisis nacional ambiental:** Se parte de 17 variables y el ACP las reduce a cinco componentes principales, que explican un 70.69% de la varianza total como se explicó en la sección 5.5.5. En este análisis de 17 indicadores ambientales se observa la relevancia de tres indicadores en

los dos componentes más representativos y sus relaciones subyacentes que son: INA-03, INA-04 e INA-08.

**Análisis nacional económico:** Se parte de siete variables y el ACP las reduce a tres componentes principales, que explican un 71.58% de la varianza total como se explicó en la sección 5.5.6. En este análisis de siete indicadores económicos se observa la relevancia de cuatro indicadores en los dos componentes más representativos y sus relaciones subyacentes que son: INE-01, INE-02, INE-05 e INE-06.

Es oportuno señalar que aun cuando con el análisis de componentes principales se logra reducir el espacio muestral de todos los indicadores construidos y analizados, ni quiere decir que los demás sean menos importantes para gestionar actividades que ejerzan una mejora en ellos.

Destacable que el método de ACP ha permitido condensar la información aportada por las múltiples variables en solo unos pocos componentes. Esto derivado de que es un método muy útil de aplicar previa utilización de otras técnicas estadísticas tales como regresión, *clustering*, entre otros, para dar continuidad en futuros análisis (no se desarrollará en la presente investigación derivado de los alcances planteados en la metodología y el tiempo con el que se cuenta para el desarrollo y conclusión del trabajo de investigación). Aun así, no se debe de olvidar que sigue siendo necesario disponer del valor de las variables originales para calcular los componentes.

## 5.6 Análisis factorial y puntuaciones factoriales.

El análisis factorial, es similar al ACP ya que es una prueba estadística multivariada, ambas presentan diferencias que radican principalmente en la varianza explicada. El análisis factorial se utiliza para identificar los valores que reflejen aquello que comparten en común las variables, la variabilidad común (Tapia y García, 2001). Por otra parte, este análisis permite confirmar si los factores fijados son adecuados (López-Roldán y Fachelli, 2015). El análisis factorial puede emprenderse por diferentes métodos, que tienen como objetivo identificar la relación que se establece entre los factores y las variables.

El análisis implica la rotación de los ejes factoriales obtenidos en la extracción inicial lo que facilita la interpretación de los datos (Tapia y García, 2001). La rotación de los ejes factoriales pueden ser ortogonal u oblicua, para la primera y más utilizada, el cálculo estadístico más utilizado es el *Varimax*, este método minimiza el número de variables que tienen un componente de

saturación sobre una variable, acentuando así las que tienen más peso (Tapia y García, 2001; López-Roldán y Fachelli, 2015).

Por último, se realiza el cálculo de puntuaciones factoriales por método de regresión para cada unidad considerada, es decir, para los ejes o variables factoriales que se fijaron para tomar en cuenta (López-Aguado y Gutiérrez-Provecho, 2018). Los nuevos valores calculados llamados puntuaciones factoriales podrán ser considerados para un análisis posterior denominado tipo clúster o de clasificación (no se desarrollará en la presente investigación derivado de los alcances planteados en la metodología y el tiempo con el que se cuenta para el desarrollo y conclusión del trabajo de investigación).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del análisis factorial y puntuaciones factoriales que permiten confirmar los valores de variabilidad del ACP, aunado a esto el análisis revalidó el número de factores fijados para el estudio nacional y global de los tres aspectos, social, ambiental y económico. Para la rotación de los ejes se empleó el método Varimax y se obtuvieron las puntuaciones factoriales por método de regresión para cada variable. Para las puntuaciones factoriales solo se consideraron los dos primeros factores bajo la hipótesis de que dos factores son suficientes, excepto para la dimensión económica del ámbito global que se reduce a un único factor. Los factores sugeridos por el análisis estadístico y que se apoya en la herramienta de R y su complemento Rcmdr. Las puntuaciones factoriales obtenidas para el estudio global y nacional para cada aspecto (social, ambiental y económico) se muestran en la tabla 5.6.1 y 5.6.2.

Dicho lo anterior, al realizar el análisis factorial se logran identificar las variables subyacentes, o factores, que explican la configuración de las correlaciones dentro del conjunto de indicadores construidos y analizados. El análisis factorial se ha utilizado con la finalidad de reducir la muestra y para identificar un número menor de factores que explique la mayoría de la varianza observada en el total de variables analizadas.

Así mismo tras el desarrollo del análisis factorial se logra comparar y comprobar los resultados del análisis de componentes principales realizado en la sección previa, ya que se puede observar aquellos indicadores principales y coincidentes en los análisis estadísticos realizados, mismos que se mencionan a continuación:

**Indicadores globales ambientales:** Proporción de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales (IGA-02), proporción de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales (IGA-03) y proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales (IGA-10).

**Indicadores globales sociales:** Proporción de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total (IGS-03) e Proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05).

**Indicadores globales económicos:** Ingreso nacional neto per cápita (IGE-04).

**Indicadores nacionales ambientes:** Incidencia de enfermedades cerebrovasculares por cada 100 mil habitantes - por calidad del aire (INA-03), incidencia de enfermedad isquémica del corazón por cada 100 mil habitantes - por calidad del aire (INA-04) e incidencia de amebiasis por cada 100 mil habitantes - por calidad del agua (INA-08).

**Indicadores nacionales sociales:** Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (INS-08) y proporción de población de 15 a 24 años alfabeta (INS-09).

**Indicadores nacionales económicos:** INE-01, INE-02, INE-05 e INE-06.

Con estos resultados, se obtienen los 15 indicadores más representativos dentro de toda la muestra analizada (de los 23 indicadores globales y los 39 nacionales), sin que esto signifique que son los más importantes, en otras palabras, solamente son los que revelan una mayor carga explicativa.



**Tabla 5.6.1** | Resultados del análisis factorial y puntuaciones factoriales de índices globales de 2017.

TIPO	Variable	Factor 1	Factor 2
Social	IGS.01	0.704	
	IGS.02	0.997	
	<b>IGS.03</b>	<b>-0.537</b>	<b>-0.44</b>
	IGS.04	0.296	0.953
	<b>IGS.05</b>	<b>-0.306</b>	<b>-0.102</b>
	IGS.06	0.115	-0.374
	IGS.07	0.153	0.335
Ambiental	IGA.01	0.463	
	<b>IGA.02</b>	<b>0.83</b>	<b>0.218</b>
	<b>IGA.03</b>	<b>0.774</b>	<b>-0.301</b>
	IGA.04	-0.377	
	<b>IGA.05</b>	<b>0.818</b>	<b>0.317</b>
	IGA.06	-0.416	
	IGA.07	-0.308	
	IGA.08	0.113	0.394
	IGA.09	0.694	
	<b>IGA.10</b>	<b>0.717</b>	<b>-0.694</b>
	IGA.11	0.219	0.374
	IGA.12	-0.227	
Económica	IGE.01	0.63	
	IGE.02	0.939	
	IGE.03	0.815	
	<b>IGE.04</b>	<b>0.998</b>	

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

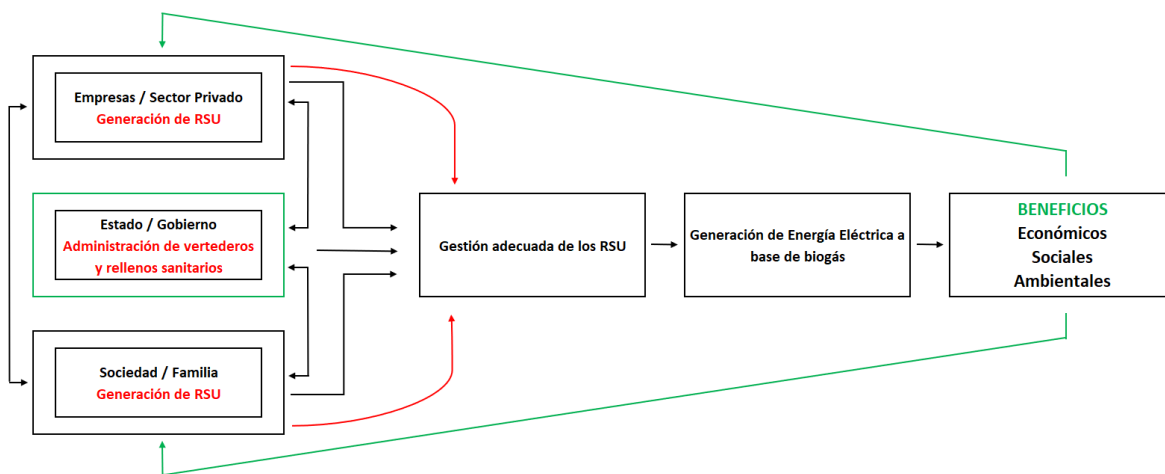
**Tabla 5.6.2** | Resultados del análisis factorial y puntuaciones factoriales de índices nacionales de 2017.

TIPO	Variable	Factor 1	Factor 2
Social	INS.01	-0.504	-0.326
	INS.02	-0.283	
	INS.03	-0.31	0.104
	INS.04	-0.298	-0.605
	INS.05	0.2	0.851
	INS.06	-0.475	-0.562
	INS.07	0.787	
	<b>INS.08</b>	<b>-0.457</b>	<b>-0.682</b>
	<b>INS.09</b>	<b>0.546</b>	<b>0.624</b>
	INS.10	0.818	0.221
	INS.11	0.961	0.187
	INS.12	0.827	0.259
	INS.13	0.672	0.569
	<b>INS.14</b>	<b>0.867</b>	<b>0.392</b>
	INS.15	0.186	0.697
Ambiental	INA.01	0.162	
	INA.02	0.153	-0.107
	<b>INA.03</b>	<b>0.779</b>	
	<b>INA.04</b>	<b>0.955</b>	
	INA.05	0.506	0.428
	INA.06	0.506	0.184
	INA.07	0.144	0.735
	<b>INA.08</b>	<b>-0.323</b>	<b>0.325</b>
	INA.09	0.299	0.242
	INA.10	-0.104	
	INA.11	0.8	
	INA.12	0.136	0.988
	INA.13	-0.14	0.556
	INA.14	-0.237	
	INA.15		
	INA.16	0.348	0.196
	INA.17	0.535	0.132
Económica	<b>INE.01</b>	<b>0.994</b>	
	<b>INE.02</b>	<b>0.471</b>	<b>0.437</b>
	INE.03	0.653	
	INE.04	-0.197	
	<b>INE.05</b>	<b>-0.104</b>	<b>0.472</b>
	<b>INE.06</b>	<b>0.573</b>	<b>-0.492</b>
	INE.07	-0.111	0.459

**Nota:** Elaboración propia a partir de resultados generados en el paquete estadístico R versión 4.2.1 y complemento Rcmdr.

## 5.7 Propuesta de modelo de negocio sostenible basado en el aprovechamiento de biogás.

Todos los capítulos previos tienen la finalidad de proponer un modelo conceptual de negocio sostenible capaz de justificar la necesidad y conveniencia de emprendimientos para la generación de energía a partir de biomasa y su subsecuente conversión a biogás, mismo que identifica como grupo meta a gobernantes, inversionistas internacionales así como pequeños emprendedores organizados en torno a la labor de acopio, almacenamiento, selección, y recuperación de residuos sólidos urbanos (no calificados) y más puntualmente a su aprovechamiento para la generación directa de biogás (calificados). Por lo que Finalmente, es la figura 5.7, la que recoge la propuesta de modelo sostenible para la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de biogás. El diseño del modelo de negocio tiene como premisa la búsqueda de una mejora integral de la gestión antropogénica actual y que con su implementación se obtenga una aportación sustancial positiva en la mitigación del calentamiento global y el cambio climático, y que se tenga una mejora en el bienestar de los habitantes de la casa común.



**Figura 5.7** Modelo sostenible

**Nota:** Elaboración propia.

El modelo incluye las partes interesadas (Estado, empresas y sociedad), su interacción y su contribución frente a la creciente generación de los RSU, así mismo, la vía indicada para la generación de la materia prima (biomasa) para la obtención de energía eléctrica basada en el aprovechamiento del biogás. Sin duda, la propuesta generaría beneficios económicos, sociales y ambientales para las partes interesadas.

Como se puede apreciar las partes interesadas corresponden a los arreglos institucionales, involucrados con el desafío de la sostenibilidad que se ve amenazada por el aumento de la producción de bienes y servicios, y con ello, el uso de mayores recursos (materias primas, insumos y materiales) y la generación de mayores desechos y residuos. Significa que al no existir una adecuada gestión de recursos y desechos, se enfrenta el primer gran obstáculo para garantizar una gobernanza para la sostenibilidad.

Considerando que la gobernanza en pro de la sostenibilidad ambiental hace referencia a los procesos de toma de decisiones relacionados con los bienes públicos donde existe intervención del Estado, las empresas y la sociedad civil, que intervienen en el establecimiento de marcos regulatorios para la conservación, establecimiento de límites y restricciones sobre el uso de los recursos naturales y los ecosistemas. El enfoque está basado en la idea de que la gestión de los servicios del ecosistema, no son una función exclusiva del Estado, sino de todos los actores interesados que practican un control, propiedad y hacen uso de ellos (Cassio y Sánchez, 2018)

La gobernanza ambiental cobra relevancia ya que es un proceso que implica la cooperación, la acción colectiva y la voluntad de todos los actores públicos y privados para lograr propósitos comunes que guíen los esfuerzos hacia el uso sustentable de los recursos naturales, siendo eje primordial la participación ciudadana. Así mismo, demanda un liderazgo fuerte y comprometido, además de una serie de acciones e instituciones que deben acompañar a las asociaciones civiles para su creación y fortalecimiento con asesoría, diagnóstico, planeación estratégica y financiamiento, entre otras (Cassio y Sánchez, 2018).

El modelo evidencia no solo problemas ambientales, también los sociales, atribuibles, en primera instancia, a la actuación de las organizaciones, así como a la magnitud y correspondencia de espacio-tiempo, sin desconocer, las prácticas hiperconsumistas de los individuos. En la actualidad, es notable el uso insostenible de los recursos naturales, que permanecerá en tanto no se trabaje una adecuada gestión de los recursos explotados y el aprovechamiento de lo que se considera desechos. Desde una óptica crítica, la interacción ideal para la generación de energía eléctrica basada en el aprovechamiento de biogás sucederá en la medida que cada actor cumpla con su responsabilidad.

- Estado/gobierno:
  - Entregar concesiones de forma transparente a empresas del sector privado acordes con la gestión de RSU y energías limpias.

- Garantizar la regulación medioambiental teniendo presente las metas de prevención y mitigación estipulados por las instituciones globales.
- Hacer cumplir las leyes imponiendo multas por contaminación, sobreexplotación y desacato de medidas medioambientales de prevención y mitigación.
- Fomentar e incentivar proyectos basados en la gestión de RSU y energías limpias.
- Exigir la certificación y acreditación a empresas/sector privado y sus colaboradores a que dé lugar.
- Realizar la recaudación justa de impuestos al sector empresarial y social.
- Condicionar a las universidades para que cuenten con planes de estudio relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales y el cuidado medioambiental.
- Invertir en proyectos de gestión adecuada de RSU para la generación de energía eléctrica basada en el aprovechamiento de biogás u otras fuentes no fósiles.
- Promover la conciencia medioambiental.
- Empresas/sector privado:
  - Pagar salarios dignos y justos a sus empleados, especialmente a aquellos que realizan actividades de acopio, selección y clasificación de residuos sólidos.
  - Pagar impuestos de forma oportuna.
  - Promover la mejora continua de procesos garantizando un uso razonado de materias primas y el reciclaje y reutilización de residuos y desechos.
  - Invertir en proyectos de aprovechamiento de RSU y de reprocesamiento de materiales.
  - Cumplir las leyes y estándares medioambientales de prevención y mitigación.
  - Invertir en la capacitación de colaboradores para mejorar los procesos y la gestión medio ambiental.
  - Tener conciencia medioambiental.
- Sociedad/familias:
  - Pagar impuestos de forma oportuna.
  - Cumplir con la normativa para la clasificación y descarte de residuos sólidos.
  - Practicar el reciclaje y la reutilización.
  - Alcanzar una conciencia medioambiental.

La actuación e interacción coordinada de las tres partes podría llevar a la planeación y ejecución de proyectos de generación de energía eléctrica basada en el aprovechamiento de biogás, esto en la medida que tome lugar una gestión adecuada de los residuos sólidos urbanos. Para lograrlo cada etapa deberá garantizar lo siguiente:

- Diseño e implementación del proyecto.
  - Basadas en la normativa nacional vigente y la derivada de instituciones internacionales.
  - Diseñadas por personal calificado dentro de las empresas o por empresas especializadas del ramo.
- Gestión adecuada de los RSU.
  - Basada en la normatividad vigente.
  - Cultura empresarial y social para la separación y disposición final dentro de las empresas y hogares.
  - Recolección adecuada para la disposición en los centros de acopio, recuperación y reciclaje.
- Procesos dentro del centro de acopio, recuperación y reciclaje. Centrados en la separación adecuada de:
  - Materiales recuperables susceptibles de reciclaje.
  - Material no recuperable y de manejo especial.
  - Materia orgánica para disposición final en sistemas de biodigestión.
- Gestión de la disposición final de los desechos orgánicos.
  - Manejo de lixiviados
  - Protección de aire, agua y suelos
  - Captación de metano
  - Mitigación de otros GEI
  - Control de plagas
  - Disposición final de sitio
- Generación de energía eléctrica: Obtención de energía limpia a partir de residuos considerados desechos.

Con la implementación de proyectos de esta envergadura, las externalidades serían positivas, tal es el caso de:

- Disminución de la dependencia de energía eléctrica cara y fósil.
- Beneficio económico ya que la energía eléctrica se puede vender o se puede utilizar para usos propios.
- Disminución de costos de la energía eléctrica y aumento de los ingresos.
- Reducción de la explotación de recursos naturales.
- Disminución del impacto ambiental.
- Mitigación del calentamiento global y cambio climático.
- Diminución de enfermedades (respiratorias, cardíacas, neurológicas, gastrointestinales, bacterianas, etc.).
- Mejora del bienestar social.

Bajo este esquema, es evidente que los desajustes derivados de la interacción de las partes interesadas estarían relacionados, en primer lugar, con el diseño, funcionamiento y el desarrollo de las capacidades de cada institución, y adicionalmente, con la naturaleza compleja y dinámica de los sistemas socio-ecológicos. Una interacción institucional ideal surge como respuesta al problema de la gobernanza que se requiere a niveles internacionales y que en el mundo contemporáneo presenta debilidad y se muestra dispersa.

En el marco del modelo de negocio descrito, los resultados del ACP y los resultados del análisis factorial, se pueden asociar con los indicadores identificados como principales:

**Indicadores globales ambientales:** Proporción de emisiones de GEI por actividad de demanda energética respecto emisiones de GEI totales (IGA-02), Proporción de emisiones de GEI por actividades de industria eléctrica respecto de GEI totales (IGA-03) y Proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles sólidos respecto de GEI totales (IGA-10), relacionados directamente con el modelo ya que estos indicadores denotan el problema que se busca mitigar y que son causados por la gestión antropogénica insostenible que prevalece actualmente. Así mismo con la implementación del modelo, se presentaría un beneficio en la disminución de emisiones de GEI y se aportaría energía limpia en el sector eléctrico con lo que se promueve una transición energética soberana.

**Indicadores globales sociales:** Proporción de extracción de agua dulce para agricultura respecto de extracción de agua dulce total (IGS-03), que hace notar el uso indiscriminado de la industria agroalimentaria sobre el agua, relacionado directamente por el consumismo de la sociedad en general, situación que afecta de forma directa sobre los ecosistemas ya que la demanda

rebasando la capacidad natural de regeneración de los ecosistemas y el otro indicador que es la proporción de RSU eliminados respecto de RSU totales (IGS-05), que hace notar la mala gestión de estos y que al estar presente como un factor principal, implica que se debe trabajar en la mejora de su gestión, recuperación y aprovechamiento, lo que implica trabajo de todas partes interesadas con actividades tales como: regulación ambiental, incentivos a proyectos de este tipo, recaudación justa de impuestos, implementación de multas por sobreexplotación y contaminación, conciencia medioambiental, reciclaje, etc., mismos que con el paso del tiempo representarían una mejora socioambiental y económica, que permitiría la sostenibilidad y que promueve la participación social en la preparación de políticas públicas.

**Indicadores globales económicos:** Ingreso nacional neto per cápita (IGE-04), desafortunadamente todo parte de lo económico, y nada de esto es posible si no se mejora en este punto, ya que se torna más complicado el implementar proyectos de este tipo si no existe salarios justos para todos, y eso conlleva a que las empresas puedan tener personal con mayor posibilidad de capacitación, un mejor nivel de preparación y una mejor conciencia medioambiental, así mismo se promueve el pago de impuestos y con estos el gobierno contará con capital para promover inversión en proyectos en vías del bienestar ambiental y social.

**Indicadores nacionales ambientales:** Incidencia de enfermedades cerebrovasculares por cada 100 mil habitantes – por mala calidad del aire (INA-03), incidencia de enfermedad isquémica del corazón por cada 100 mil habitantes – por mala calidad del aire (INA-04) e incidencia de amebiasis por cada 100 mil habitantes – por mala calidad del agua (INA-08), indicadores que hacen notar la afectación sobre la salud de las personas por la gestión antropogénica insostenible, afectaciones que disminuirían con la implementación del MNS propuesto con lo que se tendría una mejora sobre la salud y bienestar de las personas y que generaría una menor gasto por incapacidades a las empresas y demandaría una menor inversión en los sistemas de salud.

**Indicadores nacionales sociales:** Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de la pobreza (INS-08) y proporción de población de 15 a 24 años alfabeto (INS-09), en este apartado se retoma la necesidad de la mejora económica para la sociedad, por lo que se requieren salarios justos, que permita a la sociedad mejorar en su nivel educativo lo que permitirá tener una sociedad mejor preparada y con una conciencia medioambiental más arraigada. Así mismo con la implementación de proyectos como el que se propone en esta investigación se promueve la creación de empleos, para todos los niveles, desde personal muy calificado para el diseño de plantas de acopia de RSU y los sistemas de aprovechamiento de biomasa y su conversión a biogás para la

generación de energía eléctrica limpia, hasta para personal operativos básicos de los mismos sitios, con lo que generarán oportunidades y mejores condiciones las personas menos favorecidas y que actualmente laboran en vertederos bajo condiciones inseguras e insalubres por dar un ejemplo.

**Indicadores globales económicos:** Demanda de combustóleo por cada 100 habitantes (INE-01), demanda de gasolinas automotrices por cada 100 habitantes (INE-02), indicadores que hacen notar la dependencia de combustibles fósiles y que son de los que más aportación tienen en la emisión de GEI, haciendo énfasis sobre el combustóleo, ya que es utilizado en centrales de generación de energía eléctrica, por lo que al implementar el MNS propuesto se presentaría una disminución en ese sector, al generar energía eléctrica a través de un combustible alternativo y limpio, con baja emisión de GEI. Otros dos indicadores como son, la proporción de desocupación de personas económicamente activas (INE-05) y gasto per cápita por desastres naturales INE-06, hacen notar que se debe fomentar el empleo en las personas económicamente activas, y respecto al gasto por tenas de desastres naturales se disminuirá hasta que se logre mitigar y controlar el calentamiento global ya que en el aumento de la temperatura se ha presentado el aumento de desastres naturales por causa de fenómenos naturales cada vez más intensos como lo son los huracanes, por citar un ejemplo.

Aun cuando se han mencionado 15 indicadores que resultaron de la aplicación de los análisis estadísticos realizados por su carga explicativa, se debe recordar que los demás indicadores están presentes en el modelo y son susceptibles de mejora y dan luz para el emprendimiento de acciones para la mejora.

## 5.8 Conclusiones.

Es de resaltar que el desarrollo de la presente investigación se inició en febrero de 2022, apoyado desde ese entonces de una herramienta metodológica (árbol del problema), que fue el pilar central para identificar el problema, su delimitación, el planteamiento de los objetivos (generales y particulares), la ruta de investigación, las variables asociadas, hipótesis, soporte teórico, etc.

Al respecto de las teorías que soportan la investigación, es relevante hacer notar que se interiorizó y comprendió la versión profunda del desarrollo sostenible soportada en el ecocentrismo, ya que sin esto, no se hubiera podido relacionar parámetros para la construcción de los indicadores. Así mismo, con el estudio de las teorías se logró claridad conceptual, ya que sin ella



no se hubiera podido relacionar los resultados de los análisis estadísticos realizados (ACP y análisis factorial) y que fueron un punto de referencia para la explicación abstracta del modelo de negocio sostenible propuesto.

Así mismo es muy importante hacer notar que se realizó una profunda investigación para el acopio de datos en pro de la construcción de los indicadores lo cual representó una gran inversión de tiempo y esfuerzo de largas jornadas y desvelos con la firme determinación de construir bases de datos completas y confiables, lo que llevo a contar con una gran cantidad de datos que por fines de acotamiento de la investigación muchos de ellos quedaron fuera.

De forma similar se realizó un estudio profundo al respecto de los análisis estadísticos empleados (análisis de tendencias, ACP y análisis factorial), que van de la mano con el uso de herramientas informática como Excel, R y Rcmdr así como SPSS, lo que brinda confiabilidad a los resultados de los análisis estadísticos ejecutados.

Tras el desarrollo de toda la investigación se puede afirmar que con la implementación del MNS propuesto, se haría un cambio positivo sobre la gestión antropogénica que en la actualidad es insostenible, con lo que se presentaría en gran medida una mejora sobre el bienestar de las personas, abatiendo los efectos negativos sobre la salud y los servicios ecosistémicos.

Con el desarrollo de la presente investigación y al presentar una propuesta conceptual del modelo de negocio sostenible para la generación de energía eléctrica a partir de biogás se logra confirmar que el grupo meta son los gobernantes, inversionistas internacionales así como pequeños emprendedores organizados en torno a la labor de acopio, almacenamiento, selección, y recuperación de residuos sólidos urbanos (no calificados) o a su aprovechamiento para la generación directa de biogás (calificados), que tienen el deseo de poner en marcha negocios sostenibles o hacer mejoras sustanciales en procesos antropogénicos insostenibles y que tienen un compromiso con la mejora del medio ambiente, el abatimiento del cambio climático y la mejora en el bienestar de la sociedad, además de contar con un beneficio económico.

Así mismo, con la implementación del modelo y la gestión adecuada se haría frente al cambio climático, esto con el cambio de hábitos sobre los excesos de la humanidad que están provocando cambios significativos en el ciclo global del agua, generando que el vital líquido sea más escaso debido a las sequías y la acelerada evaporación. Situación que se observa con el análisis de los indicadores tales como IGS-03, IGS-04 e IGS-05. Derivado de esta sobre explotación también está aumentando la frecuencia de las fuertes lluvias y acelerando el derretimiento de los glaciares, provocando desastres naturales como se ha observado tras es análisis de indicadores como IGE-02

e INE-06. Este aspecto es importante ya que el agua es vital para la energía, la seguridad alimentaria, la salud, y la economía, entre otros rubros, por lo que resulta oportuno un cambio del comportamiento, actitudes, acciones, y las formas de organización, punto concreto en el que cobra relevancia la propuesta de modelo de negocio al plantear un cambio integral para la mejora global.

Es relevante notar que con la implementación de proyectos de este tipo y soportados por iniciativas de financiamiento como las planteadas en la COP27, los países en vías de desarrollo y los sectores más vulnerables de la sociedad serán beneficiados de forma directa con el abatimiento de los efectos negativos causados por la gestión antropogénica insostenible, estos con la mejora en indicadores tales como IGA-01, IGA-11, IGA-12, IGS-07, IGE-02, IGE-04, INS-06, INS-08, INS-15, INA-03, INA-04, INA-16, INE-01, INE-02, INE-06, solo por mencionar algunos.

El análisis de tendencias de los indicadores creados (globales y nacionales) permite visualizar el comportamiento y evolución de temas sociales, ambientales y económicos, así como el posicionamiento de México en el ambiente global, donde se puede observar indicadores donde está en una mejor posición como lo son: : IGA-01 (posición 35/53), IGA-02 (posición 43/53), IGA-03 (posición 30/53), IGA-05 (posición 41/53), IGA-10 (posición 10/53), IGA-11 (posición 30/53), IGS-02 (posición 33/53), IGS-04 (posición 42/53), IGS-06 (posición 35/53), IGS-07 (posición 42/53) e IGE-01 (posición 47/53) que son indicadores negativos hacia el medio ambiente. Pero también se observan indicadores en los que México es referente negativo con sus cifras, como lo son: IGA-04 (posición 8/53), IGA-06 (posición 7/53), IGS-01 (posición 12/53), IGS-05 (posición 03/53), indicadores relacionados directamente con la generación y gestión de RSU y las emisiones de metano, lo que brinda desafortunadamente el área de oportunidad para la implementación del MNS propuesto en la presente investigación.

Continuando con las aseveraciones derivadas del análisis de tendencia nacionales, se observa que México presenta un desbalance social, teniendo un mayor desarrollo en esta esfera en las zonas del centro, norte y noroeste del país, y presentando desafortunadamente una deficiencia en la región sur y sureste, esto se nota tras analizar los indicadores tales como INS-01, INS-02, INS-03, INS-04, INS-05, INS-06, INS-07 (referentes a temas de natalidad, mortalidad y servicios médicos), así mismo se presenta una situación similar para el comportamiento del indicador INS-08 (referente a la pobreza), y no muy alejado del comportamiento de los indicadores INS-09, INS-10, INS-11, INS-12, INS-13, INS-14 (referentes a los servicios educativos), que tienen un relación directa con el desarrollo social de las entidades. De este modo se logra notar que los estados menos favorecidos son: Chiapas, Oaxaca, Guerrero de manera recurrente, y los estados con un mejor desempeño en

estos indicadores son: Ciudad de México, Morelos, Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Baja California Norte, con una mayor frecuencia. Es por ello que con la implementación del modelo propuesto en estas zonas menos favorecidas se podrá mitigar ese desbalance al interior del país. De igual forma se puede tener una disminución en afectaciones sobre la salud que se verían relegados en la mejora de indicadores tales como INA-01, INA-02, INA-03, INA-04, INA-05, INA-06, INA-07, INA-09, INA-11, INA-12, donde las entidades más afectadas son Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Baja California Norte y para el caso de los indicadores INA-08, INA-10, INA-13, INA-15, los estados más afectados son: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, y en algunos casos Yucatán y Quintana Roo, esto solo por citar algunas áreas donde se presentaría una mejora.

Con el ACP se ha logrado encontrar un número de factores subyacentes que logra explicar de forma aproximada lo mismo que con todas las variables originales y se ha logrado asociar de forma abstracta en el modelo de negocio sostenible teniendo lo siguiente al respecto del Análisis global ambiental donde con el ACP las reduce a cinco componentes principales y se observa el impacto de cinco indicadores en las componentes más representativas y sus relaciones subyacentes que son: IGA-01, IGA-02, IGA-03, IGA-05 e IGA-10. De forma similar en el Análisis global social donde con el ACP las reduce a tres componentes principales, y se reduce de siete indicadores sociales a solo tres indicadores y sus relaciones subyacentes que son: IGS-01, IGS-05 e IGS-03. Para el caso del análisis global económico con el ACP se reduce a un único componente principal, asociado al indicador IGE-04. En el análisis nacional social resultado del ACP la reducción a solo tres indicadores más representativos en dos componentes principales y sus relaciones subyacentes que son INS-08, INS-09 e INS-14. De forma similar en el análisis nacional ambiental el ACP arroja como resultados que el impacto de tres indicadores en dos componentes principales y sus relaciones subyacentes que son INA-03, INA-04 e INA-08 y finalmente en el análisis nacional social el ACP reduce a tres componentes principales, donde se observa la relevancia de cuatro indicadores en las dos componentes más representativas y sus relaciones subyacentes que son INE-01, INE-02, INE-05 e INE-06.

Así mismo tras el desarrollo del análisis factorial se logra comparar y comprobar los resultados del análisis de componentes, ya que se detectan indicadores coincidentes en los análisis estadísticos realizados, que para el caso de indicadores globales ambientales son IGA-02, IGA-03 e IGA-10, para los indicadores globales sociales se tienen el IGS-03 e IGS-05, así mismo para los indicadores globales económicos es el IGE-04. Y para los indicadores nacionales ambientales se

presenta el INA-03, INA-04 e INA-08, para los indicadores nacionales sociales son INS-08 e INS-09 y finalmente para los indicadores nacionales económicos son INE-01, INE-02, INE-05 e INE-06.

Al plantear un MNS para la generación de energía eléctrica basada en energías limpias (aprovechamiento de biogás) se aportan de forma positiva a la mitigación del cambio climático, a la mejora del bienestar de la sociedad y vislumbra un impacto económico benéfico para los inversionistas. Así mismo se alinea a las políticas nacionales e internacionales de fomento a las energías limpias y los preceptos de la transición energética soberana, así como la eliminación de la dependencia de combustibles fósiles.

La generación de energía eléctrica a partir de biogás recuperado de los RSU (planteamiento central del MNS propuesto) es una alternativa para muchos países, entre ellos México, y que atiende también al llamado a favor de una transición energética justa que acelere la eliminación del carbón y el aumento de las energías renovables, atendiendo de paso las conclusiones de la COP27. Como ejemplo positivo se puede comentar el caso de los países nórdicos que están en los primeros lugares del indicadores referentes a el aprovechamiento de RSU y generación de energía eléctrica (IGS-01, IGS-02, IGS-05, IGS-07 e IGA-11) y que por ende están en los últimos lugares en indicadores al respecto de emisiones de GEI tales como IGA-01, IGA-02, IGA-03, IGA-04, IGA-05, IGA-06, IGA-07, IGA-08, IGA-09 e IGA-10.

La generación de energía eléctrica limpia se soporta en un esquema de negocio sostenible con un alto componente de economía circular que en el largo plazo beneficia a la sociedad, al medio ambiente y a la economía del emprendimiento. Se trata de un modelo que emana de la legislación nacional e internacional que puede ser desarrollado e implementado por un equipo de profesionales de diferentes disciplinas (administración, economía e ingeniería) trabajando en pro de un bien para la casa común y sus habitantes, pero que puede ser operado por personal no necesariamente profesional en todas sus etapas y que puede ser implementados en áreas urbanas y rurales con más de 100 mil habitantes, ya que la materia prima son los RSU, que se generan en todos los lugares donde hay presencia de humanos, por lo que es factible su implementación en diferentes escalas dependiendo de las producción de los RSU, y sus beneficios serán directamente proporcionales a la producción y buena gestión de estos.

Por lo antes dicho, en México es posible implementar este esquema de negocio sostenible en las 32 entidades federativas en un aproximado de 228 sitios de disposición final ubicados en municipios con más de 100 mil habitantes, que son a razón de los municipios que fungen como cabeceras municipales de cada entidad federativa. Así mismo el MNS propuesto es aplicable a todos

estos vertederos de RSU, con alta concentración de desechos orgánicos, aportando así a una de las prioridades de las COP en materia de acción climática: reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero y mantener vivo el límite de 1.5 grados centígrados citado en el Acuerdo de París, y así alejar a la humanidad del desastre climático visualizado.

Cabe señalar que tras la implementación del modelo de negocio sostenible basada en el aprovechamiento de biogás se sumaría también a uno de los principales temas de abatimiento de metano (CH<sub>4</sub>), tema central en las últimas dos COP. Esto dado que el metano es responsable de más del 25% del calentamiento global. Por lo que se vuelve atractivo el proyecto y sería susceptible de participar por apoyos de financiamiento que de igual forma surgen en la COP27 como se ha comentado previamente.

La investigación plantea el modelo de negocio sostenible basada en el aprovechamiento de biogás, pero, su implementación exige el compromiso de todas las partes interesadas, de ahí que uno de los acuerdos de la COP27 corresponda a los gobiernos: establecer mecanismos de financiamiento para compensar a las naciones más vulnerables por las pérdidas y los daños causados por los desastres climáticos. Aunado también al programa de trabajo de mitigación, se encuentran los modelos o emprendimientos sostenibles que aportan a la reducción de los GEI, como el caso del aprovechamiento del biogás para generar energía eléctrica.

Así mismo con la implementación del MNS propuesto sería punta de lanza para la mejora regulatoria en materia de manejo de RSU y su aprovechamiento, las energías limpias, así como de la mejora fiscal al respecto del impacto ambiental.

## 6. Referencias

- Abreu, Ivy de Souza, Bussinguer, Elda Coelho de Azevedo. (2013). Antropocentrismo, ecocentrismo e holismo: uma breve análise das escolas de pensamento ambiental. *Revista Derecho y Cambio Social*, Lima. 34(s/n), 1-11. En línea: [https://www.derechoycambiosocial.com/revista034/escolas\\_de\\_pensamento\\_ambiental.pdf](https://www.derechoycambiosocial.com/revista034/escolas_de_pensamento_ambiental.pdf)
- Banco Mundial. (2017). *Biodiversidad*. En línea: <https://www.bancomundial.org/es/topic/biodiversity#1>
- Banco Mundial. (2018). *Reducir la contaminación*. En línea: <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/brief/pollution>
- Banco Mundial. (2019a). *El deterioro de la calidad del agua reduce en un tercio el crecimiento económico en algunos países, según el Banco Mundial*. En línea: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/08/20/worsening-water-quality-reducing-economic-growth-by-a-third-in-some-countries>
- Banco Mundial. (2019b). *Agua: Panorama general*. En línea: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview#1>
- Banco Mundial. (2021). *Medio ambiente: panorama general*. En línea: <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview#1>
- Banco Mundial. (2022). Datos de libre acceso del Banco Mundial. En línea: <https://datos.bancomundial.org/>
- Batlles De la Fuente, A., Belmonte Ureña, L. J., Plaza Úbeda, J. A., Abad Segura, E. (2021). Sustainable Business Model in the Product-Service System: Analysis of Global Research and Associated EU Legislation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (10123). En línea: <https://doi.org/10.3390/ijerph181910123>
- Belda Hériz, I. (2018). Economía circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible. Madrid, España: Editorial Tébar Flores. En línea: <https://elibro.net/es/ereader/iberopuebla/51998>

- Bocken, N., Rana, P. y Short, S. (2015). Value mapping for sustainable business thinking. *Journal of Industrial and Production Engineering*. 32 (1), 67-81. En línea: [https://www.researchgate.net/publication/271713418\\_Value\\_mapping\\_for\\_sustainable\\_business\\_thinking](https://www.researchgate.net/publication/271713418_Value_mapping_for_sustainable_business_thinking)
- Burns, T. (2012). The Sustainability Revolution: A Societal Paradigm Shift. *Sustainability*, 4(6), 1118-1134. En línea: <https://doi.org/10.3390/su4061118>
- Carrillo-Rodríguez, Jesús, y Toca, Claudia E. (2013). Desempeño sostenible en Bogotá: construcción de un indicador a partir del desempeño local. *EURE (Santiago)*, 39(117), 165-190. En línea: <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612013000200008>
- Cassio Madrazo, Erika y Sánchez Ortiz, Eduardo. (2018). Gobernanza ambiental para el desarrollo sostenible de la cuenca de Santiaguillo, Durango. *Espiral (Guadalajara)*, 25(72), 183-208. En línea: <https://doi.org/10.32870/espiral.v25i72.6038>
- Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Fundación Dialnet – Universidad de la Rioja*. s/v (401), 11-20. En línea: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>
- CEPAL. (2016). Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible De México. En línea: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/consejo-nacional-de-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible-de-mexico>
- Chambost, V., M. Janssen, y Stuart, P. (2018). Systematic assessment of triticale-based biorefinery strategies: investment decisions for sustainable biorefinery business models. *Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons*. 12(S1). S9-S20. En línea: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bbb.1850>
- CONABIO - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021a). *¿Por qué se pierde la biodiversidad?* En línea: <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque>
- CONABIO - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021b). *Cambio climático*. En línea: <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/cambioclim.html>
- de Miguel, C., Martínez, K., Pereira M. y Kohout, M. (2021) Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora, *Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120)*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). En línea: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf).

- Diccionario panhispánico del español jurídico. (2020). *Antropogénico, ca*. En línea: <https://dpej.rae.es/lema/antropog%C3%A9nico-ca>
- Espinoza, Freire y Eudaldo, Enrique. (2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. *Conrado*, 14(Supl. 1), 39-49. En línea: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442018000500039&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000500039&lng=es&tlng=es).
- EEA - European Environment Agency (2016). Circular economy in Europe. Developing the knowledge base. EEA Report No. 2/2016, European Environment Agency. En línea: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe>
- Fehder, D., Porter, M., y Stern, S. (2018). The Empirics of Social Progress: The Interplay between Subjective Well-Being and Societal Performance. *AEA Papers and Proceedings*, 108: 477-82. En línea: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20181036>
- Ge, M., Friedrich, J. y Vigna, L. (2021). *Cuatro gráficos que explican las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector*. World Resources Institute México (WRI México). En línea: <https://wrimexico.org/bloga/cuatro-gr%C3%A1ficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pa%C3%ADs-y-por>.
- Gobierno de México. (2016). ¿Qué es la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible?. En línea: <https://www.gob.mx/agenda2030>
- Gobierno de México. (2022). SEMARNAT – Conjuntos de Datos. En línea: <https://datos.gob.mx/busca/organization/semarnat>
- Gobierno de México. (2022b). INECC – Conjuntos de Datos. En línea: <https://datos.gob.mx/busca/organization/inecc>
- González Rojas, V. M., Conde Arango, G., y Ochoa Muñoz, A. F. (2021). Análisis de Componentes Principales en presencia de datos faltantes: el principio de datos disponibles: Principal Components Analysis in the presence of missing data: the principle of available data. *Scientia Et Technica*, 26(2), 219–228. En línea: <https://doi.org/10.22517/23447214.20591>
- Hernández, P. H. G. (2011). La gestión empresarial, un enfoque del siglo XX, desde las teorías administrativas científica, funcional, burocrática y de relaciones humanas. *Revista Escenario*, 9(2), 38-51



- Hair, J., Prentice, E., y Cano, D. (1999). *Análisis multivariante de datos* (5.a ed.). PRENTICE HALL.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México, Cd. México. Editorial McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- IBM. (2022). Software IBM SPSS. En línea: <https://www.ibm.com/mx-es/spss>).
- IMCO – Instituto mexicano para la competitividad. (2016). *México ratifica el Acuerdo de París sobre el cambio climático*. En línea: <https://imco.org.mx/mexico-ratifica-el-acuerdo-de-paris-sobre-el-cambio-climatico/#:~:text=Este%20Acuerdo%20es%20un%20instrumento,a%20un%20clima%20m%C3%A1s%20extremo>.
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Sobreexplotación y contaminación*. En línea: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/sobreexplota.aspx?tema=T#>
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Sistemas de Consulta* En línea: <https://www.inegi.org.mx/siscon/>
- López-Aguado, M., y Gutiérrez-Provecho, L. (2019). *Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS*. REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 12(2), 1–14. ISSN 0122-1701. En línea: <http://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057>
- López-Roldán, P.; Fachelli, S. (2016). *Análisis factorial*. En P. López-Roldán y S. Fachelli, *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Bellaterra (Cerdanyola del Vallès): Depósito Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. 1ª edición, versión 3. En línea: <http://ddd.uab.cat/record/142928>
- Microsoft. (2022). *Usar las Herramientas para análisis para realizar análisis de datos complejos*. En línea: <https://support.microsoft.com/es-es/office/usar-las-herramientas-para-an%C3%A1lisis-para-realizar-an%C3%A1lisis-de-datos-complejos-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>
- Mora, P. L. L., Duran, V. M. E. y Zambrano, L. J. M. (2016). *Consideraciones actuales sobre gestión empresarial*. *Revista científica Dominio de las ciencias*, 2(4), 511-520.
- Mulder, Taylor (2006). *Sustainable Development for Engineers: A Handbook and Resource Guide*. New York, NY. Delft University of Technology, The Netherlands. En línea: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/iberopuebla-ebooks/detail.action?docID=3011589>.

- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2017a). *Estudios Económicos de la OCDE México Visión general*. En línea: <https://www.oecd.org/economy/surveys/mexico-2017-OECD-Estudios-economicos-de-la-ocde-vision-general.pdf>
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2017b). *Mexico Policy Brief*. En línea: <https://www.oecd.org/policy-briefs/mexico-adaptacion-al-cambio-climatico-y-gestion-del-agua.pdf>
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2017c). *Invertir en el Clima, Invertir en el Crecimiento una síntesis*. En línea: <https://www.oecd.org/env/cc/g20-climate/una-sintesis-investing-in-climate-investing-in-growth.pdf>
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2020a). *¿Cómo va la vida en México?* En línea: <https://www.oecd.org/statistics/Better-Life-Initiative-country-note-Mexico-in-Spanish.pdf>
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2020b). *Salud ambiental y resiliencia ante las pandemias*. En línea: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/salud-ambiental-y-resiliencia-ante-las-pandemias-3788e625/>
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2022). *La contaminación por plástico crece sin cesar, en tanto que la gestión de residuos y el reciclaje se quedan cortos, dice la OCDE*. En línea: <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/perspectivas-globales-del-plastico.htm>
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2022b). OECD.Stat. En línea: <https://stats.oecd.org/>
- OMM - Organización Meteorológica Mundial. (2022). *2021: uno de los siete años más cálidos jamás registrados, según datos consolidados por la Organización Meteorológica Mundial*. En línea: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/2021-uno-de-los-siete-a%C3%B1os-m%C3%A1s-c%C3%A1lidos-jam%C3%A1s-registrados-seg%C3%BA-datos#:~:text=En%202021%2C%20la%20temperatura%20media,datos%20compilados%20por%20la%20OMM.>

- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2015). La Agenda para el Desarrollo Sostenible. En línea: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2019). Desafíos Globales - Cambio Climático. En línea: <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>.
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2021). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 5 a 16 de junio de 1972, Estocolmo – Antecedentes. En línea: <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>.
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022). Conferencia de las Partes (COP). En línea: <https://unfccc.int/es/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop?page=%2C%2C%2C0>.
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022b). ¿Qué es el Protocolo de Kyoto?. En línea: [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol#:~:text=En%20concreto%2C%20el%20Protocolo%20de,con%20las%20metas%20individuales%20acordadas](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol#:~:text=En%20concreto%2C%20el%20Protocolo%20de,con%20las%20metas%20individuales%20acordadas).
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022c). El Acuerdo de París. En línea: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022d). 17 objetivos para transformar nuestro mundo. En línea: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022e). Objetivos del desarrollo sostenible. En línea: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022f). Acción por el Clima - Trabajar por las personas y el planeta. En línea: <https://www.un.org/es/climatechange/cop27>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022g). Cinco conclusiones clave de la COP27. En línea: <https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/cinco-conclusiones-clave-de-la-cop27>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022h). Establecer un fondo específico para pérdidas y daños. En línea: <https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27/establecer-un-fondo-especifico-para-perdidas-y-danos>

- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022i). Seguir con la intención clara de mantener 1,5 °C al alcance de la mano. En línea: <https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferencias/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27/seguir-con-la-intencion-clara-de-mantener-15-degc-al-alcance-de-la-mano>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022j). Exigir responsabilidades a empresas e instituciones. En línea: <https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferencias/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27/exigir-responsabilidades-a-empresas-e-instituciones>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022k). Movilizar más ayuda financiera para los países en desarrollo. En línea: <https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferencias/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27/movilizar-mas-ayuda-financiera-para-los-paises-en-desarrollo>
- ONU – Organización de las Naciones Unidas. (2022l). Pasar a la acción. En línea: <https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferencias/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27/pasar-a-la-accion>
- Paolocá, Iván. (2020). Todo lo que nos rodea: estudio de representaciones sociales de lo ambiental y la naturaleza en una facultad de Ciencias Naturales. *Folia Histórica del Nordeste*, 37(107-126). ISSN 2525-1627. En línea: <https://dx.doi.org/10.30972/fhn.0374167>
- Pérez, L., Pérez, R. y Seca, M. V. (2020). Metodología de la investigación científica. Ituzaingó, Argentina: Editorial Maipue. En línea: <https://elibro.net/es/ereader/iberopuebla/138497>
- PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). Hacer las paces con la naturaleza: Plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación. Nairobi. En línea: <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- Restrepo L, Posada S y Noguera R. (2012). Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto. *Rev Colomb Cienc Pecu* (versión digital). 25(258-266). ISSN 2256-2958. En línea: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902012000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000200011)

REN21. (2022). Renewables 2022 Global Status Report. En línea: <https://www.ren21.net/gsr-2022/>

r-project. (2022). ¿Qué es R?. En línea: <https://www.r-project.org/about.html>

SRE – Secretaría de Relaciones Exteriores (2021). México se adhirió al Compromiso Global de Metano en la COP26. En línea: <https://www.gob.mx/sre/prensa/mexico-se-adhirio-al-compromiso-global-de-metano-en-la-cop26?state=published>

SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Convenio de Estocolmo*. En línea: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convenio-de-estocolmo#:~:text=M%C3%A9xico%20firm%C3%B3%20el%20convenio%20el,17%20de%20mayo%20de%202004>.

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Protocolo de Kioto sobre cambio climático*. En línea: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-sobre-cambio-climatico?idiom=es#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20fue,Unidas%20sobre%20el%20Cambio%20Clim%C3%A1tico>.

SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017a). *Informe del Medio Ambiente Capítulo 5: Atmósfera*. En línea: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap5.html>

SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017b). *Informe del Medio Ambiente – Capítulo 6: Agua*. En línea: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap6.html>

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Culmina la participación de la delegación mexicana en la COP26*. En línea: <https://cambioclimatico.gob.mx/culmina-la-participacion-de-la-delegacion-mexicana-en-la-cop26/>

- SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). *México: Tercer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. En línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/747507/158\\_2022\\_Mexico\\_3er\\_BUR.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/747507/158_2022_Mexico_3er_BUR.pdf).
- SENER – Secretaria de Energía. (2022). Reporte de Avance de Energías Limpias. En línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/610964/Cap10\\_-\\_Marco\\_Juridico\\_Reporte\\_Avance\\_de\\_Energias\\_Limpias\\_WEB.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/610964/Cap10_-_Marco_Juridico_Reporte_Avance_de_Energias_Limpias_WEB.pdf)
- SENER – Secretaria de Energía. (2022b). SENER – SIE - Sistema de Información Energética. En línea: <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>
- Solis, Arturo. (2022). México tiene un millón de habitantes sin acceso a electricidad. En línea: <https://www.bloomberglinea.com/2022/05/18/mexico-tiene-un-millon-de-habitantes-sin-acceso-a-electricidad/>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W., De Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. y Sörlin, S. (2015). Planetary Boundaries: Guiding Human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855(1-10). En línea: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>
- Stephen, A. R. (2010). *Sustainable Development Handbook (2ª Ed.)*, United States of America: The Fairmont Press, Inc. En línea: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/iberopuebla-ebooks/detail.action?docID=3239039>.
- Stiglitz, J. E. y Rosengard, J. K. (2015). *La economía del sector público (4ª Ed.)*. Barcelona, España: Antoni Bosch editor. En línea: <https://elibro.net/es/ereader/iberopuebla/59771>
- Sub, A., Hose, K. y Gotze, U. (2021). Sustainability-Oriented Business Model Evaluation A Literature Review. *Sustainability*, 13(19). 10908. En línea: <https://doi.org/10.3390/su131910908>.
- Urrutia, J. A., y Palomino Lemus, R. (2010). Componentes principales en la determinación de estaciones con patrones homogéneos de temperatura en el chocó. *Scientia et technica*, XVI(45), 257-262. ISSN: 0122-1701. En línea: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249047.pdf>
- Tapia, Tovar. G., García. G. J. O., (2001). Análisis factorial y componentes principales: su uso para modelos macroeconómicos de la economía mexicana. *Economía y sociedad*, VI(10), 181-212. ISSN 1870-414X. En línea: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5900511>

- Toca, C. (2011). Las versiones del desarrollo sostenible. *Sociedade e Cultura*, Goiânia, 14(1). 195-204. En línea: <https://www.revistas.ufg.br/fcs/article/view/15703/9897>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). *The Paris Agreement*. En línea: [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)
- Zarta, A. P., (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa - Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia, s/v (28)*, 409-423. En Línea: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/396/39656104017/html/index.html>