



UNIVERSIDAD LA SALLE

FACULTAD DE NEGOCIOS

Con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la Secretaría de Educación Pública según acuerdo número 954315 de fecha 30 de octubre de 1995

TESIS

“PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD CLIMÁTICA”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
INGENIERÍA ECONÓMICA Y FINANCIERA

P R E S E N T A :
BRENDA FABIOLA CHÁVEZ TORRES

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MARÍA DEL CARMEN LOZANO ARIZMENDI

Ciudad de México, a 12 de febrero de 2025

Ciudad de México, 30 de enero de 2025

MTRO. GABRIEL NUÑEZ GONZÁLEZ
DIRECTOR DE GESTIÓN ESCOLAR
UNIVERSIDAD LA SALLE
P R E S E N T E

Le informo que el (la) C.

BRENDA FABIOLA CHÁVEZ TORRES

Pasante de la Escuela o Facultad: **FACULTAD DE NEGOCIOS**

de la **UNIVERSIDAD LA SALLE**, de la Maestría en:

INGENIERÍA ECONÓMICA Y FINANCIERA

Con reconocimiento de validez oficial de estudios de la Secretaría de Educación Pública según acuerdo número 954315 de fecha 30 de octubre de 1995

Ha elaborado el trabajo de Tesis: "Propuesta de un índice de sostenibilidad climática".

De conformidad con la modalidad para la obtención de grado aprobada para esta Maestría de acuerdo a lo establecido en el Reglamento General de las Universidades La Salle Integrantes del Sistema Educativo de las Universidades la Salle.

Cumplió con todos los requisitos y el trabajo que fue elaborado bajo la conducción de la Dra. María del Carmen Lozano Arizmendi que fungió como asesor, tiene la calidad suficiente para ser la base de sustentación de su Examen de Grado por lo que se le autoriza presentarlo.



Mtro. Markel Israel Lehman Elizondo
Director Facultad de Negocios

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento a mis padres, Rafael y Nancy, por su apoyo incondicional en cada paso y decisión que he tomado, así como, los valores y la guía que nos han inculcado como familia, convirtiéndose en un ejemplo a seguir.

A mi hermano, Rafa, le agradezco por motivarme e impulsarme a tomar nuevos retos, y por sus sabios consejos que siempre han sido de gran ayuda.

A mi prometido, Ulises, le reconozco su papel como un gran motivador en mi vida, su constante apoyo y palabras de aliento son invaluable.

A la Dra. Carmen Lozano por su confianza en este proyecto, por su colaboración y apreciable dedicación. Su asesoría y contribuciones fueron fundamentales para alcanzar el objetivo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a Enrique por compartir sus valiosos conocimientos, los cuales fueron esenciales para el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo I. INTRODUCCIÓN	1
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	5
Estado del arte	10
Capítulo III. DISEÑO METODOLÓGICO	27
Datos.....	27
Conjuntos difusos.....	28
Variables lingüísticas.....	31
Proceso de defuzzificación.....	32
Modelo teórico.....	33
Reglas de inferencia.....	34
Índice de Sostenibilidad Climática	35
Capítulo IV. RESULTADOS.....	36
Capítulo V. DISCUSIÓN	42
Capítulo VI. CONCLUSIONES	44
REFERENCIAS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativo de Indicadores del FMI y NGFS.	13
Tabla 2. Indicadores según la categoría.	24
Tabla 3. Datos utilizados para cada variable correspondientes al año 2019.	27
Tabla 4. Reglas de inferencia para para las tres dimensiones AE, PG y CC.....	37
Tabla 5. Resultados de los índices de cada dimensión.....	39
Tabla 6. Ponderaciones para cada indicador.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las tres dimensiones del concepto de sostenibilidad.	8
Figura 2. Pilares del marco TCFD.	11
Figura 3. Emisiones por tipo de gas Gg CO ₂ e (1990 – 2019).	18
Figura 4. Avance en las metas de generación eléctrica con fuentes limpias (2018-2024).	20
Figura 5. Evolución de las metas de energía limpia (2022 – 2036).	20
Figura 6. Gráfica triangular que representa la función de pertenencia μ_A	29
Figura 7. Funciones de pertenencia para las etiquetas bajo, medio y alto.	30
Figura 8. Modelo teórico para evaluar el cambio climático.	33
Figura 9. Gráfica de las funciones de pertenencia para cada índice.	40

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una problemática creciente, que impacta en la inflación, la estabilidad financiera y el crecimiento económico; generando posibles riesgos financieros para la economía global. Desde una perspectiva de economía ambiental, los principales desafíos que enfrentan los gobiernos y bancos centrales del mundo son la estabilidad financiera, la regulación, supervisión, estrategia de política monetaria e inversión sustentable.

Frenar el cambio climático es un desafío a nivel global y México no es la excepción. Este problema ha sido originado substancialmente por la actividad humana y se produce, principalmente, por la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (OMS, 2018). Por otro lado, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático menciona que, “México es uno de los países más vulnerables del mundo ante los efectos del cambio climático debido a su ubicación geográfica y características sociales.” (INECC, 2016).

Los riesgos ambientales son cada vez más frecuentes, representando una gran amenaza para el crecimiento y prosperidad a largo plazo a nivel mundial. Transversalmente, ocasiona pérdidas económicas, impactando negativamente al crecimiento económico y la estabilidad financiera. De acuerdo con Rockström (2021), científico reconocido internacionalmente en temas de sostenibilidad global, declaró que, a partir de 2020 y hasta 2030 será determinante para el futuro no sólo de la humanidad, sino para el planeta. El futuro aún no está escrito y está en todas las personas evitar un panorama negativo. El futuro depende de las decisiones del presente.

El tema del medio ambiente fue abordado desde 1972 por las Naciones Unidas, buscando crear conciencia moderna política y pública de los problemas ambientales que impactan a todo el mundo. En 2015 las Naciones Unidas adoptó Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), haciendo un llamado universal, donde México y diversos países se comprometieron

a proteger el planeta y avanzar hacia un desarrollo sostenible, entre otros objetivos, con un horizonte al año 2030 (ONU, 2015).

El Fondo Monetario Internacional (FMI) ayuda y asesora a sus países miembros, entre ellos México, a enfrentar los desafíos del cambio climático donde las políticas fiscales y macroeconómicas son un componente importante para mitigar estos impactos. Como en toda actividad y en toda organización se requieren elementos que permitan medir o comparar los resultados de forma objetiva, por ello se requiere la construcción de indicadores.

Así, el desarrollo sostenible para una nación implica satisfacer las necesidades de su población, a la vez que propicia el cuidado y preservación del medio ambiente. Un instrumento para lograr este desarrollo es proponer indicadores de cambio climático. El FMI (2022), en colaboración con otras organizaciones internacionales ha identificado y desarrollado una serie de indicadores globales agrupándolos en las siguientes categorías:

- i. actividad económica;
- ii. transfronterizos;
- iii. financieros y de riesgo;
- iv. de política gubernamental; y
- v. datos sobre el cambio climático.

Estos indicadores tienen como finalidad vincular las consideraciones ambientales y los indicadores económicos mundiales, demostrando estadísticamente el impacto que origina la actividad económica en el cambio climático. Con ello, incentivar a los bancos centrales de cada país a la creación de Indicadores con la finalidad de reducir sus emisiones contaminantes.

Por otro lado, la Red de bancos centrales y supervisoras para enverdecer el Sistema financiero (NGFS, por sus siglas en inglés), publicó una serie de indicadores para

comprender el grado de ecologización del sistema financiero, categorizándolos en las siguientes clases: economía real, informes, riesgo, movilización, regulación e incentivos mundiales; la gran mayoría de estos indicadores concuerdan con los publicados por el FMI (NGFS, 2021).

Esto evidencia el interés y utilidad de tener indicadores de cambio climático, que permitan proporcionar información que, a su vez, permita dar seguimiento al desarrollo económico de México y medir su impacto en el medio ambiente. Esto lleva a plantear la siguiente pregunta ¿Cómo pueden los indicadores de cambio climático, basados en lógica difusa y adaptados a las condiciones ambientales y económicas de México, proporcionar una evaluación integral del vínculo entre el cambio climático, las políticas gubernamentales y las actividades económicas y financieras, con el fin de dar seguimiento al desarrollo económico del país y medir su impacto en el medio ambiente?

El objetivo general del presente trabajo es desarrollar un índice compuesto que considere la contribución de las actividades financieras, económicas, política gubernamental, gasto público y cambio climático. Este índice se basará en lógica difusa y es adaptado a las condiciones específicas de México. Este índice permitirá evaluar de forma integral el desempeño de México en términos de mitigación del cambio climático. Con el desarrollo de este índice se podrá realizar una evaluación completa de los esfuerzos que realiza el país en la lucha contra el cambio climático,

Asimismo, se identifican tres objetivos específicos:

- I. Identificar las variables y dimensiones asociadas al cambio climático en el contexto de México.
- II. Proponer un método para estimar los indicadores de cambio climático por dimensión que se ajuste a las condiciones ambientales, económicas y financieras específicas de México.

- III. Construir un índice de cambio climático que integre los indicadores identificados en cada dimensión, proporcionando así, una herramienta comprensiva y adaptable para evaluar el impacto del cambio climático en el país.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

La modernización se define como el proceso mediante el cual las sociedades tradicionales avanzan hacia formas más evolucionadas que incluyen la urbanización, industrialización, racionalización, expansión de los medios de comunicación, mayor dominio sobre el entorno natural y social, crecimiento económico, y desarrollo político, entre otros aspectos.

La Teoría de la Modernización fue propuesta por Talcott Parson, Walt W. Rostow, Arthur Lewis y Simon Kuznets en la década de 1960 como una respuesta al comunismo. Su enfoque suponía que la modernización y el crecimiento económico podrían generar desarrollo e impedir que los países cayeran bajo el hechizo del marxismo. Si bien fue un aporte significativo en su momento, ahora se ha alejado del paradigma del desarrollo sustentable, la economía circular y la termoeconomía.

El proceso de modernización implica una visión lineal, donde se busca imitar a las sociedades más desarrolladas. Esta teoría se encuentra influenciada por una perspectiva darwinista, crea una analogía con la evolución biológica, sugiriendo que la evolución social es un paso de lo tradicional a lo moderno. De acuerdo con este enfoque, existen dos tipos de sociedades: la tradicional y la moderna. Las sociedades tradicionales se caracterizan por relaciones interpersonales basadas en las emociones, influencia religiosa, poblaciones predominantemente rurales y una economía basada en la agricultura y recursos naturales, lo que dificulta el desarrollo de un mercado capitalista.

Las sociedades a través del tiempo se han encontrado en constante evolución conforme a las necesidades que se presentan, circunstancias vividas, vinculadas a experiencias conforme al entorno, y recientemente, considerando en mayor medida el factor medio ambiental. Esta transformación se deriva de expectativas sociales y políticas de cada país. Por lo tanto, una sociedad moderna se caracteriza por cúmulo de acciones para el desarrollo cultural, eficiencia en la producción, evolución en la comunicación, tecnología, urbanización, en aras de crecimiento económico y desarrollo político, mediante acuerdos

internacionales y nacionales para la reducción de emisiones, a través de soluciones sostenibles.

Por otro lado, la ecología política es un campo interdisciplinario que se encuentra en constante desarrollo y evolución, surge como un apoyo teórico y una herramienta analítica, especialmente ante la creciente desigualdad en el consumo de energía y materiales, los efectos no deseados de algunas tecnologías y la generación de desechos tóxicos que impactan en temas socioambientales a distintos alcances y magnitud.

Conforme a lo descrito por Paul Robbins, el término "ecología política", utilizado posiblemente por primera vez en 1972 por Eric Wolf en su publicación titulada "Ownership and Political Ecology". Este trabajo ayudó como base para diversos estudios en materia antropológica, así como de ecología cultural.

Por ejemplo, es el caso que ocurrió en 2010 en el Golfo de México sobre el escenario de mayor derrame de petrolero de la historia, ocurrido en aguas marinas, ocasionando graves afectaciones a la vida marina, reduciendo su población considerablemente.

Por lo tanto, la ecología política se puede definir como la relación entre la sociedad y la naturaleza, estudiando particularmente la correlación de los impactos positivos y negativos al medioambiente contra las acciones político-sociales.

Conforme al crecimiento económico y tecnológico de un país avanza, se requiere mayor demanda de explotación y transformación del entorno natural y social, dejando a su paso repercusiones irreversibles en algunos aspectos del medio ambiente. Es por ello que, es importante considerar en gran medida a la naturaleza en el proceso de modernización, incluyendo actividades que modifiquen los sistemas naturales con el fin de que pueda coexistir con la industria. Asimismo, es crucial analizar las partes que comprende el metabolismo socioeconómico, como la transformación, distribución y consumo de energía

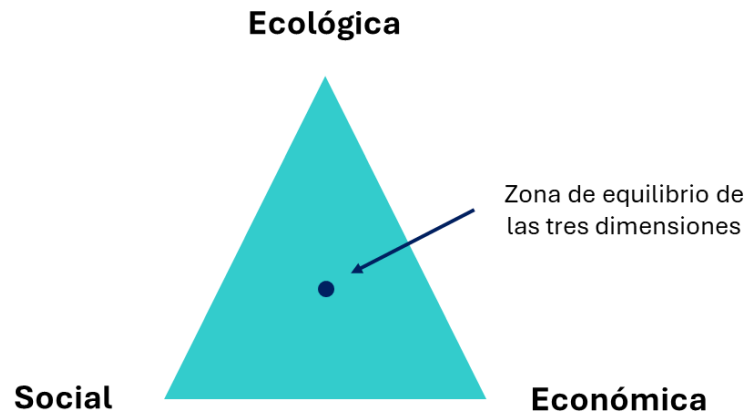
renovable, materiales amigables con el medio ambiente, así como la disminución de generación de desechos.

Paul Robbins utiliza una amplia gama para la definición de ecología política, en su mayoría provienen de autores anglosajones, que de forma global explican y describen la degradación ambiental motivada por una inadecuada gestión por parte de corporativos y el gobierno. Estas definiciones son de gran aporte para entender la relación cambiante entre las sociedades y los recursos ambientales, así como entre distintas clases y niveles económicos. Además, permite analizar la segregación en el proceso de transformación de la naturaleza y comprender el impacto de la política gubernamental y políticas en general respecto al cambio climático (Delgado, 2013).

El concepto de desarrollo sostenible apareció oficialmente en 1987 en el Informe Brundtland, publicado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo. Este informe enfatizó la importancia del medio ambiente en el crecimiento económico y describió estrategias y recomendaciones para guiar a un desarrollo sostenible que abarque tres dimensiones: ambiental, económica y social.

La Teoría de las tres dimensiones del desarrollo sostenible se representa gráficamente con un triángulo equilátero, como se muestra en la Figura 1, donde el punto central representa la zona de equilibrio para el desarrollo sustentable, integrando de manera equitativa la dimensión ambiental, económica y social.

Figura 1. *Las tres dimensiones del concepto de sostenibilidad.*



Nota: Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible (Artaraz, 2002).

Por otro lado, el Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático legalmente vinculante, que se adoptó por 196 países en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) con sede en París, presenciado el 12 de diciembre de 2015, entrando en vigor el 4 de noviembre de 2016. El Acuerdo de París es el primer tratado que reúne a todos los países en torno a un propósito en común, emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el calentamiento global y los efectos del cambio climático.

El objetivo del tratado es limitar el calentamiento mundial a muy por debajo de 2 grados centígrados, preferiblemente a 1.5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales. Para cumplir con esta meta a largo plazo, los países se comprometieron a reducir al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero con el fin de lograr un planeta con clima neutro para el año 2050.

El Acuerdo de París se compone de ciclos de cinco años con medidas climáticas cada vez más ambiciosas para cada país. En 2020, los países presentaron sus planes de acción climática conocidos como contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas

en inglés), donde se presentaron transformaciones económico-sociales, con apoyo de herramientas existentes y la creación de otras.

En las NDC, los países presentan las políticas y medidas que pondrán en acción con el objetivo de reducir al mínimo sus emisiones de gases de efecto invernadero, y con ello cumplir con los objetivos del Acuerdo de París. Asimismo, los países comunican en dichas contribuciones las acciones que considerarán para crear resiliencia y mitigar los efectos originado por el aumento de la temperatura (Naciones Unidas, 2015).

Adicionalmente, en 2015 las Naciones Unidas adoptó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, haciendo un llamado universal, donde México y diversos países se comprometieron a proteger el planeta y avanzar hacia un desarrollo sostenible, entre otros objetivos, con un horizonte al año 2030, mediante los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Conforme a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por los líderes mundiales y establecidos por Naciones Unidas, contemplan la parte económica, social y ambiental. Estos objetivos fueron desarrollados mediante consultas públicas y negociaciones entre los países. Los cuales, implican un compromiso común y universal, mediante retos específicos para cada país en la búsqueda de desarrollo sostenible, promover el crecimiento económico sostenido, adoptar medidas urgentes contra el cambio climático, entre otros objetivos de carácter social y económico (ONU, 2015).

Los indicadores son elementales para medir y evaluar el progreso de objetivos establecidos, con la finalidad de predecir una tendencia de la situación de un país referente a su economía, crecimiento, impacto ambiental, etc. La creación y definición de indicadores de cambio climático se realizan con el propósito de ser un agregado económico y social para el análisis de la crisis climática en la economía de México.

Las actividades antropogénicas están ocasionando el calentamiento global, originado principalmente por la combustión de carbón, petróleo y gas; la generación de electricidad, la construcción y el desarrollo de la ganadería que, propicia los fenómenos meteorológicos y ocasiona la pérdida de biodiversidad. En consecuencia, la suma de los efectos mencionados está causando el agotamiento de recursos naturales necesarios para la vida humana y la vida silvestre.

La medición del desarrollo y su relación con el crecimiento de un país ha generado diversas discusiones en economía. No obstante, no es un tema aislado de otras disciplinas. En palabras de Vallejo Zamudio (2009), el Producto Interno Bruto (PIB) permite medir el crecimiento económico pero muy cuestionable a la hora de medir de forma eficiente el bienestar de la población.

En las últimas décadas ha surgido la idea de que los modelos económicos no contemplan algunos elementos físicos desde un enfoque local y global (Torres Tovar, Adame Martínez, & Campos Medina, 2014). Los factores externos derivados de las actividades y necesidades de la población han impactado de forma negativa al medio ambiente, por lo que, es necesario abordar el crecimiento económico de una nación, asegurando el bienestar de las futuras generaciones, derivándose de esto el desarrollo sostenible.

Estado del arte

Es de gran importancia y relevancia que el mercado financiero cuente con información transparente, oportuna y de calidad respecto al impacto originado por el cambio climático; incluyendo los riesgos a los que se enfrenta el mundo por el aumento de la temperatura, así como las oportunidades que tiene cada país, las políticas ambientales que se implementen, así como las tecnologías emergentes para nuestro planeta en evolución.

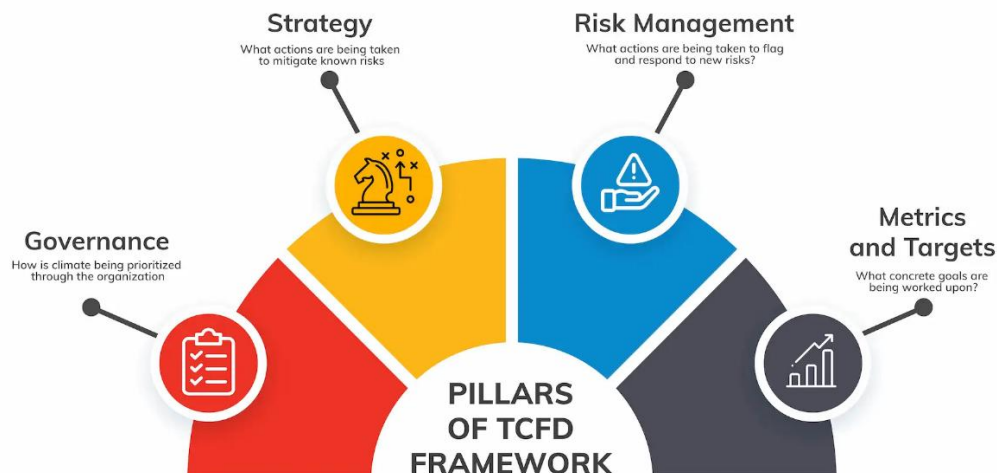
Los principales impactos de esta problemática creciente se pueden ver reflejados en la inflación, la estabilidad financiera y el crecimiento económico de los países; generando posibles riesgos financieros para la economía global. Por lo anterior, desde una perspectiva

de economía ambiental, los principales desafíos que enfrentan los gobiernos y bancos centrales del mundo son la estabilidad financiera, la regulación, supervisión, estrategia de política monetaria e inversión sustentable.

El Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras relacionadas con el Clima (TCFD) fue creado por el Consejo de Estabilidad Financiera en 2015 para impulsar el desarrollo de finanzas verdes, a través de la evaluación de riesgos financieros con el objeto de involucrar a las empresas en su planificación estratégica. A medida que esto ocurre, crece la concientización en las empresas y en los inversionistas sobre los beneficios financieros asociados con una economía baja en carbono y la disminución de los riesgos ambientales. Esta información es de gran apoyo para la toma de decisiones, que permitirán una gestión más eficiente del capital.

Las recomendaciones de divulgación del TCFD, se construyen en torno a cuatro pilares: gobernanza, estrategia, gestión de riesgos y métricas y objetivos, como se puede observar en la Figura 2. Las cuatro recomendaciones están interrelacionadas y respaldadas por 11 divulgaciones sugeridas, que construyen un panorama con información en aras de ayudar a los inversores y empresas a comprender cómo piensan las organizaciones informantes y evalúan los riesgos, así como las oportunidades relacionadas con el clima (TCFD, 2017).

Figura 2. *Pilares del marco TCFD.*



Nota: Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras relacionadas con el Clima (TCFD) (2017).

Respecto al Tablero de indicadores de cambio climático del Fondo Monetario Internacional (FMI) fue dirigido por el Departamento de Estadística del FMI y diseñado en cooperación con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), Grupo del Banco Mundial (WBG), Naciones Unidas (UN), la Comisión Europea, la Oficina Europea de Estadística (Eurostat), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA).

Esta iniciativa estadística internacional fue creada para abordar el análisis de la estabilidad macroeconómica y financiera desde el enfoque climático, con el objetivo de convertirse en un agregador integral de indicadores estadísticos sobre cambio climático, emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la actividad económica, el comercio de bienes ambientales, finanzas verdes, políticas gubernamentales y, por último, los riesgos físicos y de transición (IMF, 2022).

La Red de Bancos Centrales y Supervisores para la ecologización del Sistema financiero (NGFS por sus siglas en inglés), lanzada en la "Cumbre One Planet" de París en 2017, es un grupo voluntario de bancos centrales y supervisores alrededor del mundo, dispuestos a

compartir las mejores prácticas y contribuir al desarrollo de la gestión del riesgo ambiental y climático en el sector financiero y a movilizar la financiación general para apoyar la transición hacia una economía sostenible (NGFS, 2019).

El principal propósito de la NGFS es contribuir al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París y también, reforzar el sistema financiero para la gestión de riesgos y movilización del capital para inversiones en finanzas verdes y bajas en carbono para un desarrollo ambiental sostenible. Para este fin, la NGFS publicó una serie de indicadores para comprender la importancia de enverdecer el sistema financiero (NGFS, 2019).

En la Tabla 1 se muestra un comparativo de los indicadores publicados por el Fondo Monetario Internacional (FMI) y los indicadores de la Red para enverdecer el Sistema financiero (NGFS por sus siglas en inglés).

Tabla 1. *Comparativo de Indicadores del FMI y NGFS.*

CATEGORÍA	FMI Fondo Monetario Internacional	NGFS Red para la ecologización del Sistema financiero
Actividad económica	Emisiones de gases de efecto invernadero	
	Inventarios y objetivos nacionales de emisiones	
	Co ₂ Emisiones, intensidades de emisiones y multiplicadores de emisiones	
	Transición energética	Consumo de energía renovable
Financieros y de riesgo	Huella de carbono de los préstamos bancarios	
	Bonos Verdes	Volúmenes de bonos verdes emitidos y vencidos: Total
		Volúmenes de bonos verdes emitidos y vencidos: gobiernos y supranacionales
		Volúmenes de bonos verdes emitidos y vencidos: Instituciones financieras
		Volúmenes de bonos verdes emitidos y vencidos: empresas de servicios públicos y generación de energía
		Volúmenes de bonos sociales emitidos y vencidos: Total
		Flujos totales de financiamiento climático global
		Principios para los signatarios de Inversión

		Responsable
	Penetración de seguros distintos de los de vida	
	Riesgos físicos - Riesgo INFORM impulsado por el clima	
		Pérdidas económicas por extremos relacionados con el clima
	Riesgos de transición - Preparación de los países para una transición baja en carbono	Vulnerabilidad al cambio climático y preparación para mejorar la resiliencia
Política gubernamental	Impuestos ambientales	Iniciativas de fijación de precios del carbono
		Instrumentos políticos relacionados con la inversión responsable
	Gasto público en protección del medio ambiente	Gasto nacional en protección del medio ambiente
		Ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente
	Subsidios a los combustibles fósiles	Subvenciones a los combustibles fósiles
		Subvenciones motivadas por el medio ambiente
Datos sobre el cambio climático	Cambio anual de temperatura de la superficie	
	Concentraciones mensuales mundiales de dióxido de carbono atmosférico	Emisiones de carbono
	Cambio en los niveles medios del mar	
	Indicador de alteración de la cubierta terrestre	
	Frecuencia de los desastres relacionados con el clima	
		Rentas de recursos naturales
		Agotamiento neto de los bosques
Informes		Empresas y otras organizaciones comprometidas a apoyar a TCFD
		Capitalización de mercado y activos totales alineados con TCFD
Transfronterizos	Emisiones de CO ₂ incorporadas en la demanda final interna, la producción y el comercio	
	Comercio de bienes ambientales	
	Comercio bilateral de bienes ambientales	
	Comercio de productos con tecnología baja en carbono	
	Comercio bilateral de productos con tecnología baja en carbono	
	Emisiones de CO ₂ en la formación bruta de capital fijo (FBCF)	
	Emisiones de CO ₂ en la producción y el comercio transfronterizo por propiedad	

Nota. Riesgo INFORM: Es una evaluación de riesgos global de código abierto para crisis humanitarias y desastres. TCFD: Task Force on Climate-related Financial Disclosures (Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras relacionadas con el Clima).

Los indicadores financieros observan la inversión y apoyo a una economía baja en carbono, el desarrollo del mercado de bonos verdes; así como, los riesgos asociados con el cambio climático que involucran el riesgo físico y riesgos de transición. Respecto a los Bonos Verdes, Azules, Sustentables y ligados a la sostenibilidad, la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) (2015) presentó el instrumento “Bono Verde”, convirtiéndose en la primera Bolsa de América Latina en ofrecer un segmento dedicado a Bonos Verdes, con la finalidad de incentivar el desarrollo de finanzas sustentables y la transición de México hacia una economía baja en carbono.

El Bono Verde es un instrumento financiero para obtener recursos para uso exclusivo para invertir o reinvertir, parcial o totalmente, proyectos que sean parte de los siguientes sectores:

- i. Energía renovable: Generación de energía renovable, para su construcción, mantenimiento de plantas de energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz e hidroeléctrica, así como y producción de equipos para generación de energía renovable y eficiencia energética.
- ii. Construcción sustentable: Mejoramiento en edificios existentes respecto al consumo de agua y energía.
- iii. Eficiencia energética: Mejoras en tecnología industrial, procesos, equipos e instalaciones para reducir el uso de energía y emisiones contaminantes. También, cogeneración, reciclaje y uso de calor residual.
- iv. Transporte limpio: Transporte ferroviario urbano y mejoramiento en la eficiencia energética de los sistemas de transporte.

- v. Agua, adaptación: Proyectos de potabilización y distribución de agua potable urbana.
- vi. Revitalización de ríos y restauración de hábitat: Conservación de ecosistemas marinos, manglares y ambientes costeros, así como la prevención y control de sequías e inundaciones.
- vii. Manejo de residuos, captura de metano.
- viii. Agricultura, bioenergía, forestación, cadena de abastecimiento de alimento: Desarrollo de agricultura verde, proyectos de forestación y reforestación, generación de energía con biomasa y biocombustibles, así como, protección y restauración de la naturaleza y prevención de desastres.

Los Bonos Sustentables son una combinación de bonos verdes y bonos sociales. Los recursos obtenidos son destinados para invertir o reinvertir en proyectos que pertenezcan a una de las siguientes categorías que se detallan a continuación:

- i. Infraestructura básica asequible: Proyectos de agua potable, alcantarillado, drenaje y letrinas, urbanización, electrificación rural, bodegas de almacenamiento de granos, así como mantenimiento de infraestructura, entre otros.
- ii. Infraestructura de servicios públicos: Servicios dedicados a la salud y la educación.
- iii. Recuperación de desastres: Obras de reconstrucción de infraestructura de servicios públicos dañada y apoyos para la población afectada por desastres naturales.
- iv. Transporte sostenible.
- v. Energía renovable.
- vi. Eficiencia Energética.
- vii. Eficiencia del agua y manejo de aguas residuales: Productos o tecnología que reduzcan el consumo de agua o mejore la eficiencia de los recursos.
- viii. Prevención y control de la contaminación: Proyectos que reduzcan las emisiones contaminantes y residuos sólidos o peligrosos o suelo contaminado (Banobras, sin fecha).

Respecto a los Bonos Soberanos Sustentables vinculados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fueron emitidos por primera vez por México, el 14 de septiembre de 2020. Este bono fue creado con la finalidad de cumplir con los compromisos de la Agenda 2030 y los recursos obtenidos son para financiar proyectos de los siguientes sectores:

- i. Agricultura y desarrollo rural
- ii. Salud
- iii. Educación
- iv. Crecimiento económico
- v. Infraestructura, transporte y comunicaciones
- vi. Medio ambiente y recursos naturales
- vii. Energía

(SHCP, 2022)

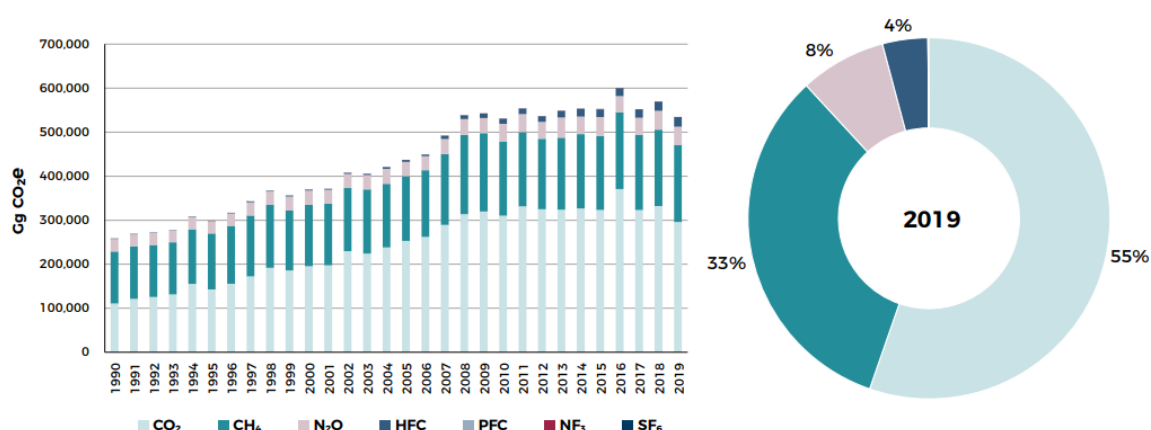
Los Bonos ligados a la Sostenibilidad son un instrumento de deuda mediante el cual se obtienen recursos para usos corporativos en general, donde sus características varían en función del logro de ciertos objetivos e indicadores claves de actuación (KPIs) de sostenibilidad. A diferencia de los bonos verdes, sociales y sustentables, este bono utiliza los recursos para un propósito general, por lo tanto, no es necesario relacionarlo con un proyecto específico, ni clasificar el uso de los recursos (BMV, sin fecha).

El objetivo de los Bonos Azules es contribuir a la protección de los ecosistemas marinos y, en general, a la preservación de todo el planeta. Los recursos obtenidos en el mercado de Bonos Azules se enfocan en la inversión de los siguientes proyectos:

- i. Gestión de aguas y residuos
- ii. Producción de energía
- iii. Transporte marítimo
- iv. Ecoturismo costero (Santander, 2024)

Los Indicadores de la categoría Actividad económica, examinan las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la actividad económica y los objetivos de mitigación determinados por los países para reducir sus emisiones nacionales. En la Figura 3, se presentan las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de nuestro país de 1990 a 2019. Como se puede observar, el dióxido de carbono (CO_2) es el principal GEI en el país, ocasionado por el aumento de la demanda energética en México y al uso de vehículos de transporte.

Figura 3. Emisiones por tipo de gas Gg CO_2e (1990 – 2019).



Nota: Los datos de las absorciones por UTCUTS entre 1990 y 1999 se estimaron como un ejercicio de regresión estadística. Serán sustituidos, en cuanto se disponga de los resultados con la metodología aplicada.

Nota: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2022). Información y elaboración de Gobierno de México.

Las emisiones de metano (CH_4) y emisiones de óxido nitroso (N_2O) son producidas principalmente por la fermentación entérica, excretas del ganado, emisiones de petróleo y gas, la disposición final de residuos sólidos, el tratamiento y eliminación de aguas residuales.

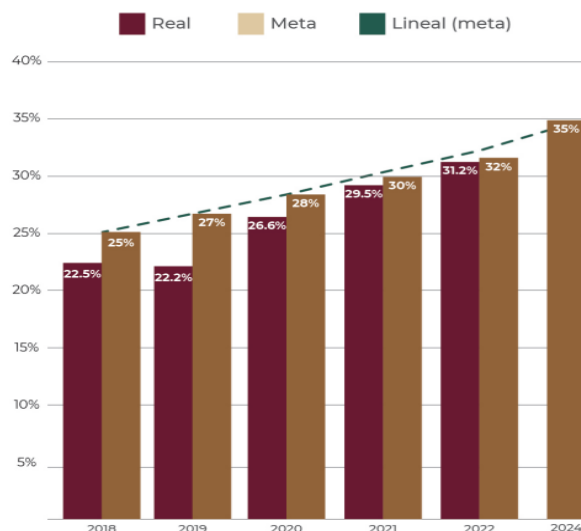
Por último y en menor medida, se encuentran los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), trifluoruro de nitrógeno (NF_3) y el hexafluoruro de azufre (SF_6) (INEEC, 2022).

Asimismo, es importante observar la producción de gases de efecto invernadero derivadas de las importaciones, exportaciones, así como la demanda interna del país; comparando la cantidad total de emisiones generadas por la producción de bienes y servicios de México, contra las emisiones creadas por la demanda de bienes y servicios del país, a fin de analizar si el país opera con déficit o superávit de emisiones.

Respecto a las energías renovables son aquellas derivadas de fuentes naturales, por ejemplo, energía solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica, etc. Por el contrario, la generación de energías no renovables, provienen de combustibles fósiles, como el carbón, petróleo y gas, que, al quemarse para transformarlo en energía, producen gases de efecto invernadero.

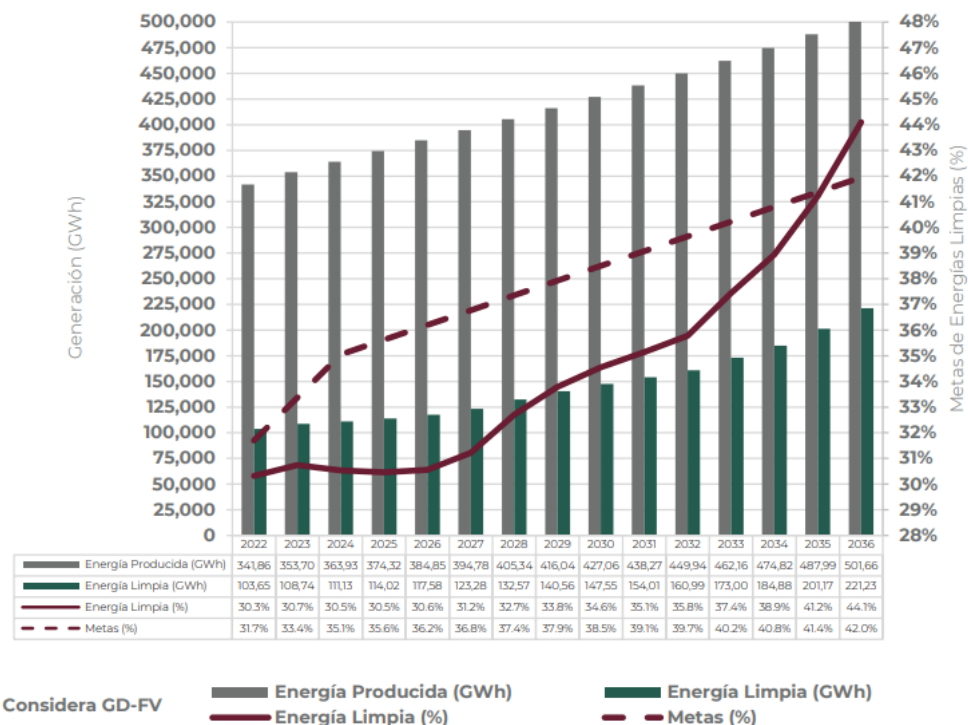
En la Figura 4 se observa el avance de generación eléctrica con fuentes limpias respecto a la meta establecida para México del año 2018 al 2024. Además, en la Figura 5 se muestra la evolución de la participación de la generación con Energía Limpia en GWh y en porcentaje con respecto a la generación total de energía, asimismo, se observan las metas establecidas de generación de energía limpia y la proyección al año 2036 para el país.

Figura 4. Avance en las metas de generación eléctrica con fuentes limpias (2018-2024).



Nota: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2023-2037. Secretaría de Energía (SENER) (2023). Información de Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), Comisión Reguladora de Energía (CRE), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y elaboración de la Secretaría de Energía (SENER).

Figura 5. Evolución de las metas de energía limpia (2022 – 2036).



Nota: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2022-2036. Secretaría de Energía (SENER) (2022). Información de Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y elaboración de la Secretaría de Energía (SENER).

Respecto a los indicadores de política gubernamental, éstos muestran cómo los gobiernos están respondiendo al cambio climático a través de impuestos y gastos basados en estadísticas oficiales y subsidios implícitos y explícitos a los combustibles fósiles basados en estimaciones basadas en modelos. Los indicadores de política gubernamental se componen de: (i) ingresos públicos provenientes de impuestos ambientales, que el gobierno de México ha implementado sobre energía, transporte, contaminación y consumo de recursos; ii) el gasto público para la protección del medio ambiente, como la reducción de la contaminación, protección de la biodiversidad y de los paisajes, manejo de residuos, entre otros; y (iii) subsidios explícitos y subsidios implícitos a los combustibles fósiles, para medir el impacto respecto a la política gubernamental en los precios de combustibles fósiles contra los precios no subsidiados, tomando en consideración el cambio climático.

Los Impuestos ambientales o también denominados "impuestos verdes" son instrumentos económicos o de mercado, que tienen la finalidad de añadir el costo ambiental negativo por la producción o el uso de bienes a los precios finales. Lo anterior, con el objetivo de influir en el comportamiento del consumidor, así como del productor, motivando el consumo de productos o servicios que priorizan el ambiente. En consecuencia, aumenta el ingreso gubernamental con el objeto de destinar los recursos obtenidos en pro del medio ambiente. Este indicador mide la participación de los impuestos ambientales, expresada en porcentaje respecto al Producto Interno Bruto (PIB).

En cuanto al Gasto público en protección del medio ambiente, México se ha planteado metas más estrictas para proteger y defender la biodiversidad y los paisajes, y para ello, la inversión de recursos públicos para la conservación, protección y recuperación del medio

ambiente y recursos naturales es indispensable para la protección del capital natural del país.

Como se ha ido mencionando durante el presente trabajo, la quema de combustibles fósiles tiene importantes costos ambientales, en gran medida debido a la contaminación atmosférica local y los daños provocados por el aumento de temperatura de la tierra. Los costos ambientales tienen la finalidad de medir el impacto respecto a la política gubernamental en los precios de combustibles fósiles contra los precios no subsidiados, tomando en consideración el cambio climático, lo anterior, expresado en porcentaje respecto al PIB.

Existe una correlación entre los países en desarrollo y el aumento de subsidios implícitos, debido a que dichos países cuentan con centrales energéticas, fábricas y vehículos de mayor contaminación; dado que presentan mayor densidad poblacional, incrementando el consumo de combustibles fósiles, mientras se dirigen hacia niveles de economías avanzadas.

Si los gobiernos suprimieran los subsidios explícitos y aplicaran impuestos correctivos, ocasionaría que los precios de los combustibles aumenten, orillando a los corporativos y a los consumidores tomar en cuenta los costos ambientales y reevaluar el uso de combustibles fósiles. De esta forma, habría una gran reducción de las emisiones gases de efecto invernadero y los gobiernos tendrían un beneficio en materia fiscal.

El índice de subsidios fósiles muestra el valor estimado de los subsidios explícitos más los implícitos, otorgados por el gobierno, relacionados con los combustibles fósiles, como el petróleo, electricidad, carbón y gas natural. Los subsidios explícitos reflejan precios bajos debido a que los costos de suministro son mayores que los precios pagados por los usuarios. Los subsidios implícitos reflejan la diferencia entre los costos de oferta y los precios

socialmente eficientes, incorporando el costo por el impacto negativo del uso de combustibles fósiles y los ingresos por impuestos al consumo no percibidos.

Los indicadores de la categoría Cambio climático examinan las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, así como las tendencias del calentamiento global, como el aumento del nivel del mar, el aumento de las temperaturas y la frecuencia de los desastres naturales, que son indicadores clave para monitorear el cambio climático y sus impactos en las poblaciones.

En cuanto al calentamiento mundial, el objetivo del acuerdo de París es no superar el cambio de la temperatura de la tierra de 2 grados centígrados, y de manera prioritaria mantenerla a 1.5°C, en comparación con los niveles preindustriales. Para alcanzar este meta, es vital que los países miembros del tratado internacional reduzcan al mínimo sus emisiones de gases de efecto invernadero para lograr un planeta con clima neutro lo antes posible.

Los bosques contienen la mayor reserva de carbono terrestre y, por lo tanto, los cambios en los bosques, como en su extensión y condición, pueden conducir a un bajo almacenamiento de carbono y provocar un calentamiento global más rápido.

Por lo anterior y conforme a los objetivos de desarrollo sostenible, en específico el objetivo 15 establece: “Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”. Para ello, México se ha comprometido a adoptar medidas para reducir la degradación de los hábitats naturales y promover su recuperación. Por otra parte, para un estudio posterior, se podrá calibrar el modelo, utilizando como lineamientos las variables descritas en la Tabla 2, así como la integración de una categoría adicional, “Transfronterizo”.

Tabla 2. *Indicadores según la categoría.*

Dimensión	Variable
Financiero	Huella de carbono de los préstamos bancarios
	Pérdidas económicas relacionados con el clima
Política gubernamental	Subsidios motivados por el medio ambiente
	Riesgos de transición - Preparación de los países para una transición baja en carbono
Cambio climático	Cambio en los niveles medios del mar
	Indicador de alteración de la cubierta terrestre
Transfronterizo	Comercio de bienes ambientales
	Comercio bilateral de bienes ambientales
	Comercio de productos con tecnología baja en carbono
	Comercio bilateral de productos con tecnología baja en carbono

En virtud de que el cambio climático es una prioridad en la agenda global, y su comprensión y evaluación se han vuelto fundamentales para abordar los desafíos ambientales contemporáneos, se observa de lo anterior que se ha adoptado una perspectiva integral que desglosa la complejidad del fenómeno en diversos indicadores de cambio climático. Estos indicadores, que abarcan aspectos financieros, actividad económica, política gubernamental y el propio cambio climático, se erigen como pilares para la comprensión holística de la dinámica climática y sus interrelaciones con la sociedad y la economía.

Por tanto, este trabajo se centra en establecer un Índice de Sostenibilidad Climática a través de las dimensiones: financiero, actividad económica, política gubernamental y cambio climático.

En el año 2011, A. Rahman, M. Mat y S. Sharif publicaron el artículo “Evaluación de la sostenibilidad mediante métodos de inferencia difusa” en la Revista Internacional de Energía Sostenible, donde proponen un método integral para evaluar la sostenibilidad para la toma de mejores decisiones. En el artículo exponen que, adoptaron el enfoque de lógica difusa con la finalidad de trabajar simultáneamente con datos cualitativos y cuantitativos,

debido a que el método propuesto comprende tres aspectos: ambiental, económico y social.

Los autores trabajaron con los siguientes indicadores para la programación del modelo: recursos, calentamiento global, contaminación, riesgos, costos, social, tecnológico y procesos. Al transformar los subelementos de sostenibilidad cuantitativos y cualitativos en un valor de índice, se reduce la complejidad del proceso de toma de decisiones. Los índices de subelementos los agregaron para obtener un único valor de índice conocido como indicador de sostenibilidad.

Por otro lado, mediante la publicación “Metodología para la realización de un diagnóstico de la gestión de indicadores ambientales en la administración pública” realizada por R, Miranda, S. Reyes, G. Gómez y O. Goicochea de la Fundación Universidad del Norte de Cuba, emplearon el método análisis-síntesis desde la revisión de literatura, investigación especializada y la experiencia de expertos en el diseño y aplicación de la metodología hipotético-deductivo. Adicionalmente, utilizaron como insumos algunas encuestas y entrevistas en materia medioambiental, así como, métodos estadísticos para el análisis de datos y validación de los resultados.

Los autores propusieron tres etapas dentro de la metodología, la primera, identificación de la organización, donde estudian las particularidades de la organización y vislumbrar los fines de los indicadores. La segunda etapa, estudio de los indicadores, que analiza el comportamiento en relación con los objetivos y metas definidas y, por último, la etapa 3, análisis del diagnóstico, donde se analizan los resultados conforme el comportamiento de los indicadores a través del tiempo, asimismo se buscan causas y posibles soluciones.

Para este método, explican los autores, se tomó como referencia el esquema Presión – Estado – Respuesta (PER), implementado en México. Este esquema se basa en una lógica de causalidad, donde las actividades humanas realizan presiones sobre el ambiente,

cambiando la calidad y cantidad de los recursos naturales, evaluando el estado. En consecuencia, la respuesta se presenta cuando la sociedad actúa ante estos cambios, regulados por políticas ambientales, económicas y sectoriales. Este modelo atiende tres principales preguntas: ¿Qué está afectando al ambiente?, ¿Qué está pasando con el estado del ambiente? y ¿Qué estamos haciendo acerca de estos temas? (SEMARNAT, 2020).

Capítulo III. DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo, se describirá en detalle el enfoque metodológico empleado, destacando los fundamentos teóricos de la lógica difusa y su aplicación práctica en el análisis de los indicadores de cambio climático. Asimismo, se proporcionará una visión general de la estructura analítica que guiará nuestra investigación, delineando los pasos metodológicos que se seguirán para alcanzar los objetivos planteados.

Datos

En la Tabla 3 se muestran los datos que fueron utilizados para el modelo. La información corresponde al año 2019, el cual fue utilizado debido a que era el ejercicio con el que se contaba con la información más reciente de todos los indicadores, al momento de realizar el presente trabajo.

Tabla 3. *Datos utilizados para cada variable correspondientes al año 2019.*

Dimensión	Variable	Unidad	Medida
F Financiera	F1 Bonos verdes, azules, sustentables y ligados a la sostenibilidad		
AE Actividad económica	AE1 Emisiones de gases de efecto invernadero	557,560.35	Gg CO2e
	AE2 Huella de carbono de la actividad económica	429.45	Gg CO2e
	AE3 Producción de energía renovable	22.20	%
PG Política gubernamental	PG1 Impuestos ambientales	1.37	% del PIB
	PG2 Gasto público en protección del medio ambiente	853.29	per cápita
	PG3 Subsidios a los combustibles fósiles	4.60	% del PIB
CC Cambio climático	CC1 Cambio de temperatura de la superficie	1.38	° C
	CC2 Frecuencia de los desastres relacionados con el clima	6	eventos
	CC3 Agotamiento neto de los bosques	34.17	% del área total

Conjuntos difusos

La lógica difusa se originó en la ingeniería y generalmente es ocupada por sistemas expertos de inteligencia artificial. Sin embargo, también se emplea en disciplinas como las ciencias sociales y dentro de las empresas en áreas administrativas como contabilidad, finanzas y recursos humanos.

Los conjuntos difusos son generalizaciones de los conjuntos clásicos. En la lógica clásica, un objeto o elemento pertenece o no a un conjunto. Por el contrario, la lógica difusa permite que un elemento pertenezca a varios conjuntos. Para cada conjunto hay un grado de verdad de que un objeto pertenece a un conjunto difuso. Según Bojadziev y Bojadziev el concepto fundamental de la lógica difusa es el grado de pertenencia.

La función de pertenencia $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ indica el grado de pertenencia del elemento x establecer A ; es decir, $\mu_A(x) = r$ significa que r es el grado al que x pertenece a A . Si $\mu_A(x) = 0$, el elemento x no pertenece al conjunto A y si $\mu_A(x) = 1$, el elemento pertenece absolutamente al conjunto A .

La elección de la función de pertenencia depende del contexto, la aplicación y el usuario, entre otros. Sin embargo, a menudo se eligen funciones simples como triangulares y trapezoidales para facilitar los cálculos como se muestra en la Figura 6. Un conjunto difuso para un conjunto universal discreto $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ tiene la siguiente representación:

$$\tilde{A} = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\}.$$

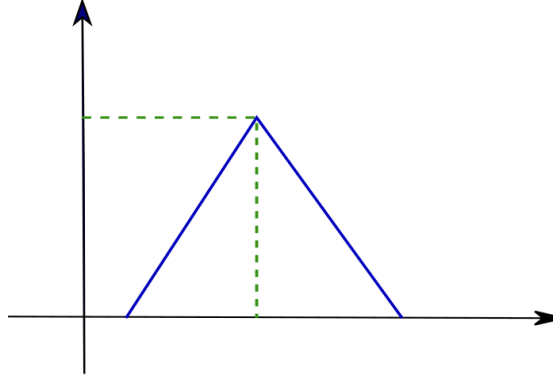
Los números difusos son un caso especial dentro de los conjuntos difusos. Zadeh introdujo un concepto de conjunto difuso convexo en el primer artículo sobre conjuntos difusos. Un conjunto difuso A es convexo si cumple la siguiente propiedad:

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min\{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\},$$

para cada $x_1, x_2 \in X$ y $\lambda \in [0,1]$. Usando la noción del conjunto difuso convexo se puede

definir el número difuso. Un conjunto difuso A se llama número difuso si es convexo y hay exactamente un punto $m \in X$ con $\mu_A(m) = 1$.

Figura 6. Gráfica triangular que representa la función de pertenencia μ_A .



Nota: Elaboración propia.

Un número triangular difuso está determinado por tres parámetros definidos en una lista (a_1, a_2, a_3) , con la propiedad $a_1 < a_2 < a_3$ y $x = a_2$ como el pico del triángulo. La función de pertenencia correspondiente está representada por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases} \quad (1)$$

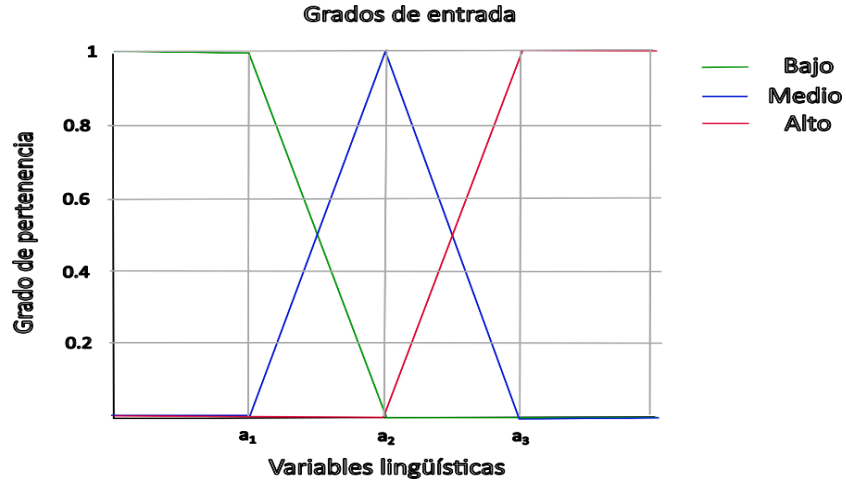
Para el caso de triángulos simétricos, $x = \frac{a_2+a_1}{2}$ de la función de pertenencia para el número triangular difuso se muestra en la Figura 6. Para los conjuntos difusos se tienen operadores análogos a los correspondientes operadores de la lógica clásica. Se define el operador difuso de la conjunción de la siguiente forma: para los conjuntos difusos A y B el conjunto difuso $A \cap B$ tiene la función de pertenencia

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}.$$

En la evaluación que se propone se utilizarán tres variables: bajo (L), medio (M), alto (H)

con las variables de salida: bajo (L), medio-bajo (LM), medio (M), medio-alto (MH), alto (H). Las ecuaciones de la función de pertenencia para cada grado de entrada que se utilizarán para este trabajo están dadas por las gráficas de pertenencia dadas en la Figura 7.

Figura 7. Funciones de pertenencia para las etiquetas bajo, medio y alto.



La función de pertenencia que corresponde al valor de entrada bajo (L) es

$$\mu_L(x) = \begin{cases} 1, & x < a_1, \\ \frac{x - a_2}{a_1 - a_2}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ 0, & x > a_2. \end{cases}$$

La función de pertenencia que corresponde a la variable de entrada medio (M) es

$$\mu_M(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases} \quad (1)$$

La función de pertenencia que corresponde a la variable de entrada alto (H) es

$$\mu_H(x) = \begin{cases} 0, & x < a_2, \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_3}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 1, & x > a_3. \end{cases}$$

Estas funciones de pertenencia corresponden a figuras geométricas simétricas.

Variables lingüísticas

Una variable lingüística a diferencia de una numérica, considera palabras en lugar de números. Una variable lingüística es un concepto de orden superior al de una variable difusa; por lo tanto, considera las variables difusas como valores. Los valores de una variable numérica se visualizan como puntos de trazado, mientras que los de una variable lingüística se representan como regiones con bordes difusos. Las variables lingüísticas se convierten en el medio para la caracterización aproximada de fenómenos demasiado complejos o mal definidos para ser descritos en términos precisos.

Los conceptos del cerebro humano para percibir, reconocer y clasificar los fenómenos naturales suelen ser vagos e imprecisos. Una función de pertenencia asigna valores de la variable de dominio a un grado de pertenencia en el conjunto, que van desde 0 a 1. La variable difusa juega el mismo papel en el modelo propuesto que la variable aleatoria en probabilidad. El uso de variables lingüísticas en varias aplicaciones reduce la complejidad de cálculo general de la aplicación. Se ha demostrado que las variables lingüísticas son particularmente útiles en aplicaciones complejas no lineales.

Según Zadeh, una variable lingüística es una variable cuyos valores son palabras u oraciones en un lenguaje natural o artificial. Una variable lingüística es una 4-tupla (T, X, G, M) , donde

- T es el nombre de la variable,
- Ω es un universo de discurso,
- G un conjunto de términos que representan los valores de T ,
- M es un mapeo de T a los subconjuntos difusos de X .

En este trabajo se define la variable lingüística en función de T = la pertinencia del indicador, $G = \{\text{bajo, medio, alto}\}$. Se permitirá que se asignen valores numéricos a cada etiqueta lingüística en el intervalo $[0,100]$, de modo que el Universo del discurso es, en este caso, $\Omega = [0,100]$ y M está definido por las funciones que se muestran en la Figura 7.

En este estudio, se presenta un método para integrar un enfoque difuso en una evaluación de pertinencia que consta de los siguientes cuatro pasos:

- (1) Recopilación de datos (clasificación y agrupación de datos en sus respectivas categorías de impacto),
- (2) determinación de índices de subelementos usando conjuntos difusos,
- (3) determinación de índices de elementos principales y
- (4) determinación de índices de pertinencia.

Proceso de defuzzificación

La defuzzificación es un proceso en el ámbito de la lógica difusa que tiene como objetivo convertir resultados difusos en resultados nítidos y cuantificables. En un sistema difuso, las reglas operan sobre variables difusas, asignando grados de pertenencia a conjuntos difusos para representar la incertidumbre o imprecisión en la información. La defuzzificación es crucial para interpretar estos resultados y traducirlos en valores concretos que puedan ser utilizados en la toma de decisiones.

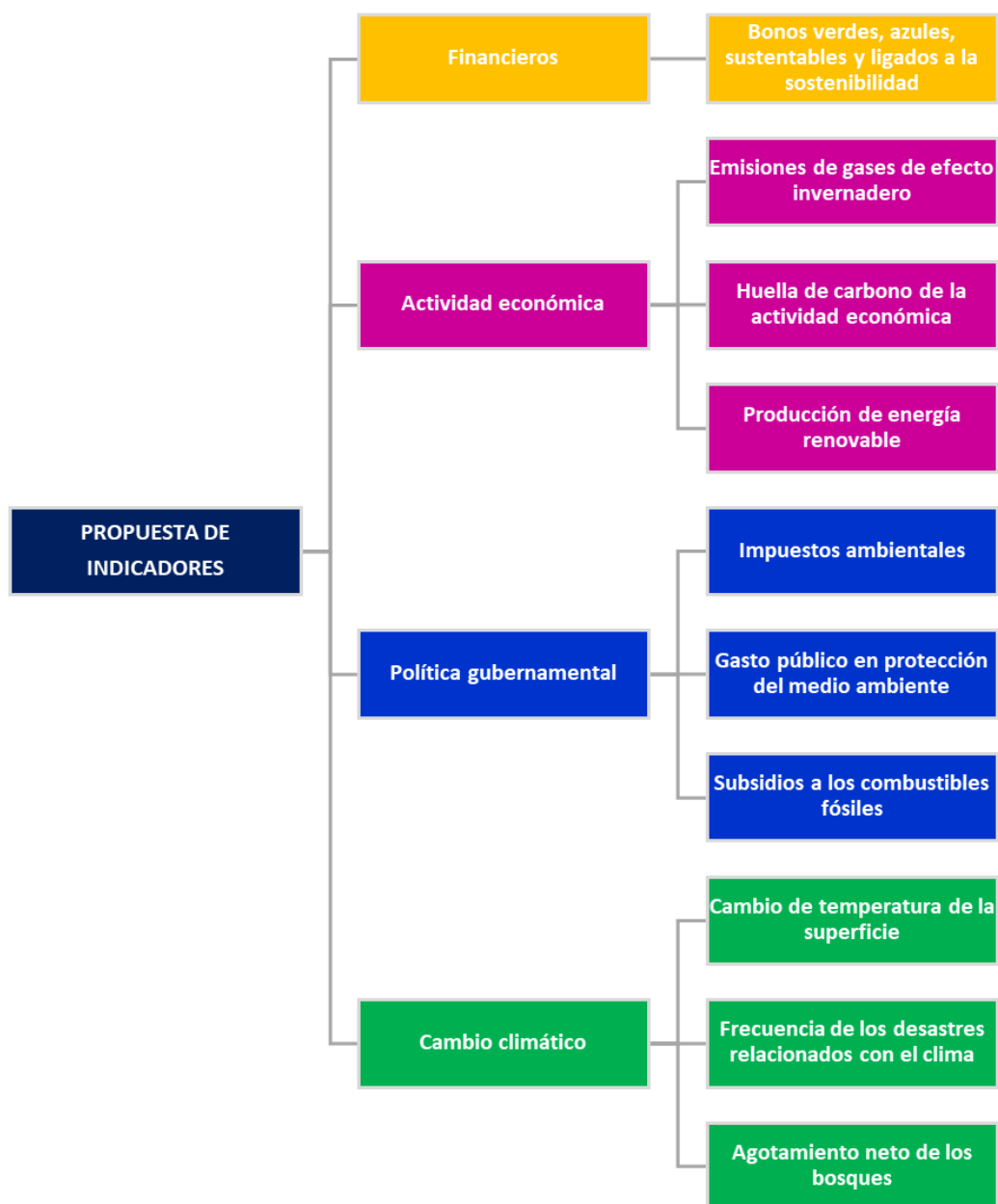
En este proceso, los resultados difusos generados por las reglas del sistema difuso se transforman en conjuntos nítidos. Existen diversas técnicas de defuzzificación, y una de las más comunes es el método del centro de gravedad. Este método implica la superposición de los conjuntos difusos resultantes, creando una forma geométrica compuesta. Luego, se calcula el centroide de esta forma, conocido como centroide difuso. La coordenada x del centroide proporciona el valor defuzzificado, que representa la interpretación nítida del resultado difuso original.

La defuzzificación es esencial en aplicaciones prácticas, especialmente en sistemas de control difuso, donde se requiere convertir los resultados difusos en acciones concretas y comprensibles. Este proceso ayuda a mitigar la pérdida de información al proporcionar una representación más clara y utilizable de los resultados obtenidos mediante lógica difusa.

Modelo teórico

Para analizar el cambio climático se separó la información en cuatro elementos llamados indicadores de cambio climático: financiero, actividad económica, política gubernamental y cambio climático. Cada uno de estos indicadores se divide en variables de entrada (Ver Figura 8).

Figura 8. Modelo teórico para evaluar el cambio climático.



Reglas de inferencia

En este estudio, se empleó el sistema de Mamdani en el control difuso para asignar valores a las diversas variables de entrada. Si se tiene una familia de conjuntos A_k y B_k con $k = 1, 2, 3, \dots$, el algoritmo asociado con el sistema de Mamdani para calcular una salida numérica, dada una entrada numérica $X = x$ dado un conjunto de reglas "IF X is A_k THEN Y is B_k " consiste en los siguientes pasos (ver Lee, 1990).

M0.- Fuzzificar las entradas. Se obtienen los grados de pertenencia de la entrada para todos los enunciados difusos.

M1.- Cálculo de los grados de consistencia entre las entradas y los antecedentes de cada regla: En esta etapa, se evalúa el grado en el cual el antecedente de cada regla es satisfecho por la entrada. El grado de consistencia entre una entrada $X = x$ y un antecedente " X is A " es el grado de pertenencia de x al conjunto difuso A , es decir, $\mu_A(x)$. El resultado de esta regla es un número para cada regla.

M2.- Truncación de los conjuntos difusos en el consecuente para cada regla: Para cada regla "IF X is A_k THEN Y is B_k " es el conjunto difuso B_k truncado en el nivel $\mu_{A_k}(x)$, esto es, un conjunto $\mu_{output\ k|x}$ definido por

$$\mu_{output\ k|x}(y) = \min\{\mu_{B_k}(y), \mu_{A_k}(x)\}.$$

con $k = 1, 2, 3, \dots$

M3. Agrupación de los conjuntos difusos truncados: Se obtiene un único conjunto difuso a partir de las salidas, cuya función de pertenencia es:

$$\mu_{agrupada}(y) = \max\{\mu_{output\ k|x}(y), k = 1, 2, \dots, n\}$$

M4.- Defuzzificación del conjunto difuso agrupado: Se calcula el centroide del conjunto agrupado.

Se puede encontrar ejemplos de implementación del sistema de Mamdani en Matlab en

MathWorks, sin fecha específica disponible. Mediante lógica difusa se analiza la información de las variables de entrada con reglas de inferencia difusas, las cuales permiten realizar una toma de decisiones para información que no posee una característica cuantitativa exacta. Para realizar las reglas de inferencia partimos del concepto de variables lingüísticas, las cuales son funciones de pertenencia de los números reales al intervalo $[0,1]$. Para este trabajo se usaron tres grados de entrada para cada variable: Bajo (L), Medio (M) y Alto (H).

El número de reglas de inferencia depende del grado de las variables de entrada y del número de variables de variables, en este caso se tienen tres grados de entrada: bajo (L), medio (M), alto (H) y cada dimensión cuenta con tres variables, salvo la dimensión financiera. Dando como resultado $3^3 = 27$ reglas de inferencia que se tendrán para cada uno de los índices.

Índice de Sostenibilidad Climática

En seguida se calcularán los índices de elementos que permiten medir el cambio climático, se denotarán por I_j comprenden las dimensiones: financiero, actividad económica, política gubernamental y cambio climático. Estos índices pueden ser calculados desde la agregación de los índices de los subelementos I_{ij} utilizando la Ecuación

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij} I_{ij}}{n}.$$

Entonces, los índices: financiero I_F , actividad económica I_{AE} , política gubernamental I_{PG} y cambio climático I_{CC} , se calculará a través de las reglas de inferencia. El Índice de Sostenibilidad Climática se calculará a través de los índices financieros, actividad económica, política gubernamental y cambio climático con la siguiente fórmula

$$I_D = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij} I_{ij}}{n}$$

$$I_D = \frac{w_F I_F + w_{AE} I_{AE} + w_{PG} I_{PG} + w_{CC} I_{CC}}{4}. \quad (1)$$

Capítulo IV. RESULTADOS

El Índice de Sostenibilidad Climática se construirá a partir de los índices de cada una de las dimensiones mostradas en el modelo teórico de la Figura 8. Las salidas están dadas por los valores Bajo (L), Medio-bajo (ML), Medio (M), Medio-alto (MH), Alto (H). A continuación, se muestran las funciones que serán utilizadas para estos valores de salida utilizando la Fórmula 1.

La función de pertenencia triangular para la variable de entrada Bajo (L) está dada por

$$\mu_L(x) = \begin{cases} 1, & x < b_1, \\ \frac{b_2 - x}{b_2 - b_1}, & b_1 \leq x \leq b_2, \\ 0, & x > b_2. \end{cases}$$

$$\mu_{ML} = \begin{cases} 0, & x < b_1, \\ \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}, & b_1 \leq x < b_2, \\ \frac{b_3 - x}{b_3 - b_2}, & b_2 \leq x < b_3, \\ 0, & x \geq b_3. \end{cases}$$

$$\mu_M = \begin{cases} 0, & x < b_2, \\ \frac{x - b_2}{b_3 - b_2}, & b_2 \leq x < b_3, \\ \frac{b_4 - x}{b_4 - b_3}, & b_3 \leq x < b_4, \\ 0, & x \geq b_4. \end{cases}$$

$$\mu_{MH} = \begin{cases} 0, & x < b_3, \\ \frac{x - b_3}{b_4 - b_3}, & b_3 \leq x < b_4, \\ \frac{b_5 - x}{b_5 - b_4}, & b_4 \leq x < b_5, \\ 0, & x \geq b_5. \end{cases}$$

$$\mu_H(x) = \begin{cases} 0, & x < b_4, \\ \frac{x - b_4}{b_5 - b_4}, & b_4 \leq x \leq b_5, \\ 1, & x > b_5. \end{cases}$$

Como se mencionó previamente, se calculará el índice para cada dimensión y posteriormente, se integran en un Índice de Sostenibilidad Climática. La primera dimensión que se abordará es la financiera que se denotará por F . Las variables que serán medidas a través de este índice son:

- I. $F1$ Bonos verdes, azules, sustentables y ligados a la sostenibilidad.
- II. La segunda dimensión es la Actividad económica (AE), será evaluada a través de las siguientes tres variables:
 - $AE1$ Emisiones de gases de efecto invernadero
 - $AE2$ Huella de carbono de la actividad económica
 - $AE3$ Producción de energía renovable
- III. La tercera dimensión es la Política gubernamental (PG) y será evaluada a través de las siguientes tres variables:
 - $PG1$ Impuestos ambientales
 - $PG2$ Gasto público en protección del medio ambiente
 - $PG3$ Subsidios a los combustibles fósiles
- IV. La cuarta dimensión es Cambio climático (CC) y será evaluada a través de las siguientes tres variables:
 - $CC1$ Cambio de temperatura de la superficie
 - $CC2$ Frecuencia de los desastres relacionados con el clima
 - $CC3$ Agotamiento neto de los bosques

Las reglas de inferencia utilizadas para las dimensiones AE , PG y CC se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Reglas de inferencia para para las tres dimensiones AE , PG y CC .

Regla	I1	I2	I3	Índice	Regla	I1	I2	I3	Índice	Regla	I1	I2	I3	Índice
				I					I					I
R(V)1	L	L	L	L	R(V)10	M	L	L	L	R(V)19	H	L	L	ML
R(V)2	L	L	M	L	R(V)11	M	L	M	LM	R(V)20	H	L	M	M
R(V)3	L	L	H	LM	R(V)12	M	L	H	M	R(V)21	H	L	H	MH
R(V)4	L	M	L	L	R(V)13	M	M	L	LM	R(V)22	H	M	L	M
R(V)5	L	M	M	LM	R(V)14	M	M	M	M	R(V)23	H	M	M	MH
R(V)6	L	M	H	M	R(V)15	M	M	H	MH	R(V)24	H	M	H	H
R(V)7	L	H	L	LM	R(V)16	M	H	L	M	R(V)25	H	H	L	MH
R(V)8	L	H	M	M	R(V)17	M	H	M	MH	R(V)26	H	H	M	H
R(V)9	L	H	H	MH	R(V)18	M	H	H	H	R(V)27	H	H	H	H

Las reglas pueden leerse de la siguiente manera: Para V = Actividad económica: Si la Emisión de gases de efecto invernadero es baja y la Huella de carbono de la actividad económica es baja y la Producción de energía renovable es bajo, entonces la Actividad económica tiene un impacto bajo en el cambio climático. A partir de las reglas de Inferencia, se obtiene la función de pertenencia con los valores de salida y en consecuencia cada índice que aparece en la Fórmula 1:

$$I_D = \frac{w_F I_F + w_{AE} I_{AE} + w_{PG} I_{PG} + w_{CC} I_{CC}}{4}$$

Para el índice de Actividad Económica I_{AE} , se consideraron las variables que se indican en la Figura 8: Emisiones de gases de efecto invernadero, Huella de carbono de la actividad económica y Producción de energía renovable. Se consideró que, para Emisiones de gases de efecto invernadero lo ideal es cero; para Huella de actividad económica, el ideal es cero también y para Energía renovable el valor ideal es del 27% respecto del total de energía producida (meta para México para el año 2019).

Respecto al índice de Política Gubernamental I_{PG} , se encuentran las variables igualmente indicadas en la Figura 8: Impuestos ambientales, Gasto público en protección del medio ambiente y Subsidios a los combustibles fósiles. Por lo anterior, se consideró para Impuestos ambientales que lo ideal es 0.98, valor de la mediana de impuestos ambientales

como porcentaje del PIB del año 1993 a 2021; para Gasto público en protección del medio ambiente el ideal es 878.99, valor de la mediana del gasto público per cápita en protección ambiental del año 2003 a 2021 y para Subsidios a los combustibles fósiles el valor ideal es de cero.

Por último, para el índice de Cambio climático I_{CC} , conforme a la Figura 8, las variables son: Cambio de temperatura de la superficie, Frecuencia de los desastres relacionados con el clima y Agotamiento neto de los bosques. Se consideró como valor ideal para la variable Cambio de temperatura de la superficie de 0° C; para Frecuencia de los desastres relacionados con el clima el valor ideal es de cero y respecto a la variable Agotamiento neto de los bosques se consideró el valor de la mediana del porcentaje de bosques respecto al área total, es decir 33.98%.

Los resultados de cada índice se obtienen del valor de salida para determinar el grado de pertenencia a cada conjunto difuso. Esto es, se obtiene un valor número entre 0 y 1, este proceso se puede visualizar a través de la gráfica de la función de pertenencia de la variable de salida. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

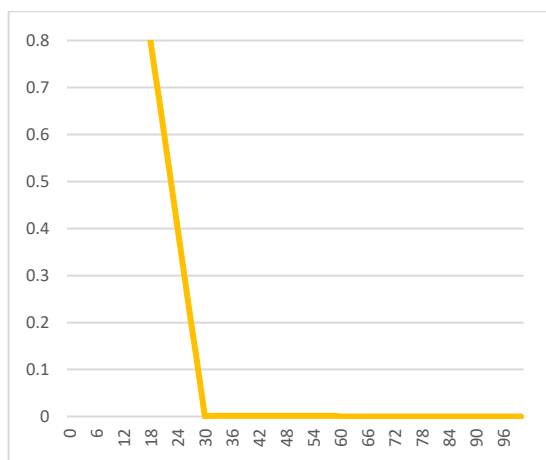
Tabla 5. Resultados de los índices de cada dimensión.

I_F	I_{AE}	I_{PG}	I_{CC}
0.117	0.232	0.784	0.540

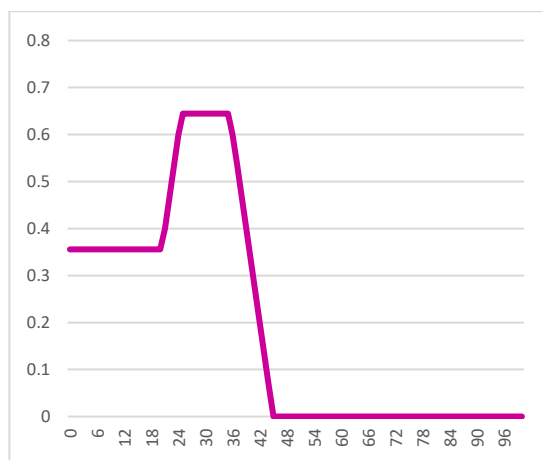
La fuzzificación es el proceso de determinar el grado de pertenencia $\mu(x)$ de una variable de entrada (x). El primer paso de la fuzzificación es considerar el valor de entrada y determinar el grado de al cual pertenece a cada uno de los conjuntos difusos apropiados a través de las funciones de membresía. El resultado es un número único que varía de cero a uno. Así, la salida del proceso de implicación es una conclusión difusa de cada regla de inferencia. Este proceso es representado por una función de pertenencia que se muestran

en la Figura 9. En el caso del índice Financiero I_F se consideró solo una dimensión por lo que sólo se tienen tres reglas de inferencia.

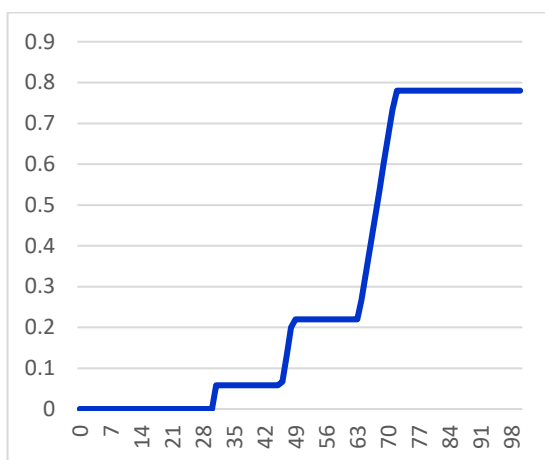
Figura 9. Gráfica de las funciones de pertenencia para cada índice.



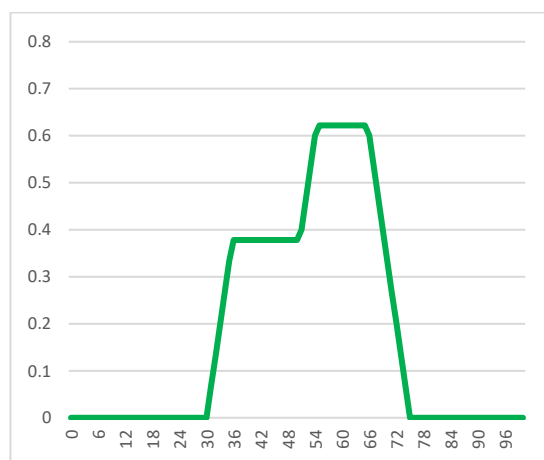
Función de pertenencia I_F



Función de pertenencia I_{AE}



Función de pertenencia I_{PG}



Función de pertenencia I_{CC}

El eje X corresponde a la variable de los conjuntos difusos (finanzas (F); Actividad económica (AE), Política gubernamental (PG); Cambio climático (CC) y el eje Y el resultado de la fuzzificación que corresponde al valor de pertenencia de cada variable de entrada (con valores entre 0 y 1).

Ponderaciones

Tabla 6. *Ponderaciones para cada indicador.*

I_F	I_{AE}	I_{PG}	I_{CC}
0.30	0.30	0.20	0.20

Para actividad financiera y económica se consideraron ponderaciones de 30%, para implementar medidas que permitan mitigar el cambio climático. Este 30% refleja la importancia en término de viabilidad y efectividad de sus acciones. Para Política Gubernamental se consideró 20%, en virtud de la importancia de éstas en la creación de un entorno propicio. Por último, para Cambio Climático se tomó el 20%: Esta propuesta puede modificarse. Se tomaron estos valores para ilustrar el índice propuesto.

Por último, se calcula el índice que integra estas cuatro dimensiones:

$$I_D = \frac{(0.117)(0.30) + (0.232)(0.30) + (0.784)(0.20) + (0.54)(0.20)}{4} = 0.092$$

Esto es, el índice toma como valor mínimo cero y como valor máximo uno, por lo tanto, un valor de 0.092 indica que las actividades para mitigar el cambio climático en México no son suficientes. Recuérdese que el cero representa la ausencia de actividades efectivas para mitigar el cambio climático. Mientras que el 1 representa el valor máximo de eficacia en estas actividades. Por lo tanto, el valor 0.092 indica que de nivel de efectividad de las acciones que se han implementado es bajo. Únicamente se ha logrado un 9.2% nivel de sostenibilidad climática.

Por tanto, México afronta grandes retos y desafíos del cambio climático. Esto puede deber a factores diversos y no relacionados con las dimensiones aquí consideradas. Sin embargo, el índice aquí propuesto permite realizar una evaluación integral.

Capítulo V. DISCUSIÓN

En palabras de Adrián Fernández Bremauntz, presidente de la Iniciativa Climática de México detalló en la COP 27, celebrada en Egipto en el año 2022, detalló que México se comprometió a incrementar la meta de reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a 35% para el 2030, en comparación del 22% planteado en 2015. Asimismo, expresó: “falta que nuestro país publique una ruta detallada de implementación para alcanzar esta meta”.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es un organismo intergubernamental establecido en conjunto por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El IPCC publicó en el informe de síntesis de 2014 lo siguiente:

“La actividad humana es actualmente la causa principal del calentamiento global. Además, el Informe de síntesis concluye que cuanto mayor sea la perturbación de la actividad humana sobre el clima, mayores serán los riesgos de impactos graves, generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas, y más duraderos serán los cambios en todos los componentes del sistema climático.

El Informe de síntesis destaca que disponemos de los medios para limitar el cambio climático y sus riesgos y de muchas soluciones que permiten el continuo desarrollo económico y humano. Sin embargo, para estabilizar el aumento de la temperatura por debajo de 2 °C respecto de los niveles preindustriales será necesario un cambio radical y urgente del statu quo. Además, cuanto más esperemos a actuar, mayores serán el costo y los desafíos tecnológicos, económicos, sociales e institucionales que enfrentaremos.”

Conforme al artículo “Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos” de Fabiola S. Sosa, publicado por el INEGI en 2015, expuso lo siguiente respecto al cambio climático (CC) y la mitigación y adaptación (M&A):

“No todas las estrategias de CC han tenido los resultados esperados en materia de M&A debido a diversos obstáculos, como: 1) la falta de participación y concientización de la sociedad sobre el CC; 2) los malentendidos acerca de los objetivos, procesos y resultados de estas acciones entre las agencias gubernamentales y 3) la carencia de coordinación y colaboración entre diversos sectores. Asimismo, la ilegalidad y apatía de la población para conocer en qué consiste el CC, sus impactos y cómo podrían contribuir para hacerle frente han dificultado la implementación exitosa de estrategias de M&A...

Hasta el momento, los avances en materia de M&A en el país han sido deficientes. De 1990 al 2010, México incrementó sus emisiones de GEI en 187 MtCO₂e, cifra que representa un aumento de 33.40% en ese periodo, lo cual se explica por un mayor consumo de combustibles fósiles...

Con base en los inventarios de GEI, se podría concluir que la conservación de los bosques ha favorecido la reducción de las emisiones atribuidas a cambios en el uso de suelo en 27.05% en el periodo 1990-2010. Sin embargo, se piensa que esta cifra está sobrestimada, ya que no existe suficiente información para calcular con certeza la contribución de este sector en la generación de CO₂ y/o su captura...

Dada la limitación de los recursos humanos, financieros y tecnológicos, la integración de las estrategias y los programas existentes que contribuyan a hacer frente a este fenómeno podrían favorecer la reducción de los costos y aumentar la eficacia de las respuestas gubernamentales. Por lo pronto, los avances en materia de M&A en México no han sido suficientes para reducir las emisiones de GEI, las cuales han aumentado 187.01 MtCO₂e entre 1990 y el 2010, mientras que el desarrollo de las capacidades de adaptación se ha visto limitada por el incremento de la pobreza.”

Capítulo VI. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se propuso un Índice de Sostenibilidad Climática, mediante la aplicación de la metodología de lógica difusa. Las funciones de pertenencia empleadas en esta investigación asignan los valores de entrada a los conjuntos difusos (Bajo, Medio-bajo, Medio, Medio-alto, Alto) para cada variable. Esto permite capturar la imprecisión asociada los datos relacionados con la sostenibilidad. A través de las reglas de inferencia establecen reglas lógicas entre las variables y se utilizaron para determinar el grado de pertenencia de cada variable a cada conjunto difuso y con esto calcular los índices para cada dimensión.

Por su parte, las ponderaciones reflejan la importancia de cada dimensión en el contexto de mitigar el cambio climático que posteriormente permitieron el cálculo del Índice de Sostenibilidad Climática.

Para el modelo se utilizaron tres variables: bajo (L), medio (M), alto (H) con las variables de salida: bajo (L), medio-bajo (LM), medio (M), medio-alto (MH), alto (H). Posteriormente, en el proceso de defuzzificación se convirtieron los resultados difusos en resultados nítidos y cuantificables, los cuales se utilizaron a fin de interpretar los resultados y traducirlos en valores concretos que pudieran ser utilizados para la toma de decisiones.

Respecto a la integración del índice, se propusieron cuatro indicadores: financiero, actividad económica, política gubernamental y cambio climático, cada uno con las variables de entrada descritas en la Figura 8. Mediante reglas de inferencia, se fuzzificaron las entradas y se obtuvo el grado de pertenencia y con ello, se calculó el Índice de Sostenibilidad Climática.

Durante la construcción del modelo de Índice de Sostenibilidad Climática, se presentaron algunas limitaciones en el proceso, debido a la disponibilidad de información relacionada a temas sustentables, finanzas verdes y cambio climático para México, ya que la información se encontró limitada y en algunos casos inexistente.

Asimismo, el modelo fue realizado con datos del ejercicio 2019, en virtud de que es la información más reciente publicada para algunas de las variables utilizadas en el modelo. Por lo anterior, al momento de realizar el presente trabajo y a fin de homologar la información, no se logró realizar el índice de los ejercicios de 2020 a 2023, debido a que no se obtuvieron los datos de algunas variables para los años mencionados.

Por otro lado, respecto a las ponderaciones propuestas para cada indicador, es decir de 0.30 para el financiero, 0.30 para actividad económica, 0.20 de política gubernamental y 0.20 para cambio climático, así como los valores máximos y mínimos podrían ajustarse de acuerdo con la opinión y evaluación de expertos en la materia.

Para futuras investigaciones, se estima ampliar las variables para cada dimensión, como se describió en la Tabla 2 del presente trabajo, así como, la integración de un quinto indicador. Lo anterior, conforme a una mayor disponibilidad de datos y construcción de información que sea publicada por diversas instituciones y organismos enfocados a combatir el cambio climático desde la perspectiva económico-financiero.

En consecuencia, la adaptabilidad del modelo de Índice de Sostenibilidad Climática ofrece una oportunidad de añadir información y conducir a resultados que permitan un análisis integral para el seguimiento y toma de decisiones en materia de economía ambiental para instituciones y organismos dedicados a la búsqueda de estrategias de solución y revertir los daños causados a nuestro planeta.

REFERENCIAS

International Monetary Fund. (2022). Climate Change Indicators Dashboard. Recuperado de: <https://climatedata.imf.org/>

The Copenhagen Centre on Energy Efficiency (Copenhagen Centre). (2021). Dashboard on scaling up green finance. Recuperado de: https://c2e2.unepccc.org/kms_object/dashboard-on-scaling-up-green-finance/

Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System. (2019). Origen y finalidad. Recuperado de: <https://www.ngfs.net/en/about-us/governance/origin-and-purpose>

Rockström, J. (2021). Romper los límites: la ciencia de nuestro planeta. Recuperado de: [https://www.netflix.com/watch/81336476?trackId=255824129&tctx=0%2C0%2CNAPA%40%40%7Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396_titles%2F1%2F%2Ffromper%20los%20limites%2F0%2F0%2CNAPA%40%40%7Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396_titles%2F1%2F%2Ffromper%20los%20limites%2F0%2F0%2CNAPA%40%40%7Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396_titles%2F1%2F%2Ffromper%20los%20limites%2F0%2F0%2Cunknown%2C%2Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396%7C1%2CtitlesResults%2C81336476](https://www.netflix.com/watch/81336476?trackId=255824129&tctx=0%2C0%2CNAPA%40%40%7Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396_titles%2F1%2F%2Ffromper%20los%20limites%2F0%2F0%2CNAPA%40%40%7Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396_titles%2F1%2F%2Ffromper%20los%20limites%2F0%2F0%2Cunknown%2C%2Cefaa09e0-c7df-400d-afd4-dcdb5355d73c-40658396%7C1%2CtitlesResults%2C81336476)

National Library of Medicine. (2016). The Challenges and Solutions for Cadmium-contaminated Rice in China: a critical review. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27179698/>

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

Naciones Unidas. (2015). Adaptación climática. Recuperado de:

https://www.un.org/en/climatechange/climate-adaptation?gclid=Cj0KCQjwwfiaBhC7ARIsAGvcPe5oHRkPyWjZ0WhZAbZfKp7v1U1N26GAp9kL51gRVKJ8GXXKQ4qXQTAaAhohEALw_wcB

Naciones Unidas. (2015). El acuerdo de París. Recuperado de:

<https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Task Force on Climate-related Financial Disclosures. (2022). Climate change presents financial risk to the global economy. <https://www.fsb-tcfd.org/>

Banco de España. (2022). Sostenibilidad medioambiental. Recuperado de:

<https://www.bde.es/bde/es/secciones/sobreelbanco/sostenibilidad-medioambiental/>

Torres Tovar, R., Adame Martínez, S. & Campos Medina, E. (2014). Propuesta de indicadores

para medir la sustentabilidad en la zona metropolitana de Toluca. Debate

Económico, 3(9), 121-143. Recuperado de:

<https://issuu.com/laesmx/docs/debateno9complf>

The International Capital Market Association. (Junio 2022). The principles announce key

publications and resources in support of market transparency and development.

Recuperado de: [https://www.icmagroup.org/News/news-in-brief/the-principles-](https://www.icmagroup.org/News/news-in-brief/the-principles-announce-key-publications-and-resources-in-support-of-market-transparency-and-development/)

[announce-key-publications-and-resources-in-support-of-market-transparency-and-](https://www.icmagroup.org/News/news-in-brief/the-principles-announce-key-publications-and-resources-in-support-of-market-transparency-and-development/)

[development/](https://www.icmagroup.org/News/news-in-brief/the-principles-announce-key-publications-and-resources-in-support-of-market-transparency-and-development/)

Secretaría de Energía (2021). México es uno de los países que menos emisiones de gases de

efecto invernadero genera en el mundo. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/sener/articulos/mexico-es-uno-de-los-paises-que-menos-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-genera-en-el-mundo?idiom=es>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2016). Vulnerabilidad actual. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-actual>

Vallejo Zamudio, L. E. (2009). Del crecimiento económico al desarrollo sostenible: una aproximación. *Apuntes del Cenes*, XXVIII (47),99-116. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=479549575006>

Consejo Consultivo de Finanzas Verdes. (2022). Bonos MX. Recuperado de: <https://www.ccfv.mx/estad%C3%ADsticas/bonos-mx>

Bolsa Mexicana de Valores. (2015). Bonos Verdes. Recuperado de: https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/BONOS%20VERDES.PDF

Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras). Marco de Referencia de Bono Sustentable del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/252361/Marco_de_Referencia_de_Bono_Sustentable.pdf

SHCP. (2021). Comunicado No. 68. Secretaría de Hacienda presenta el Reporte de Asignación-Impacto del primer Bono Soberano vinculado a ODS. Recuperado de: <https://www.gob.mx/shcp/prensa/secretaria-de-hacienda-presenta-el-reporte-de-asignacion-impacto-del-primer-bono-soberano-vinculado-a-los-objetivos-de-desarrollo->

sostenible?idiom=es#:~:text=El%2014%20de%20septiembre%20de,(855%20millon
es%20de%20d%C3%B3lares).

SHCP. (2022). Desarrollo del Mercado Local Sostenible: Construyendo Prosperidad:
Financiando los Objetivos de Desarrollo Sostenible para una Economía Inclusiva.

Recuperado de:

[https://www.finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/work/models/Finanzas_Publicas/d
ocs/ori/Espanol/SDG/roadshow_desarrollo_sostenible.pdf](https://www.finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/work/models/Finanzas_Publicas/docs/ori/Espanol/SDG/roadshow_desarrollo_sostenible.pdf)

Bolsa Mexicana de Valores. (Sin fecha). Bonos vinculados a la sostenibilidad. Recuperado

de: [https://www.bmv.com.mx/docs-](https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/Bonos%20vinculados%20sostenibilid)

[ad.pdf](https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/Bonos%20vinculados%20sostenibilid)

Moré, E. (2022). Croquis paradigmático de la Teoría de la Modernización. Una perspectiva
desde la economía del desarrollo. Revista ADGNOSIS, 11(11). p. 1-27. Recuperado

de: <https://doi.org/10.21803/adgnosis.11.11.493>

Delgado Ramos, G. C. (2013). ¿Por qué es importante la ecología política? Recuperado de:

<https://nuso.org/articulo/por-que-es-importante-la-ecologia-politica/>

Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. Recuperado de:

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/614>

MathWorks, s.f., Fuzzy Inference Process, [https://www.mathworks.com/help/fuzzy/fuzzy-
inference-process.html](https://www.mathworks.com/help/fuzzy/fuzzy-inference-process.html)

Zadeh, L.A., 1973. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and
decision processes. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. SMC-3, 28–44.

Izquierdo, S., & Izquierdo, L. R. (2017). Mamdani fuzzy systems for modelling and simulation: A critical assessment. Available at SSRN 2900827.