Capítulo **2.2**

Estrategias corporativas para la reducción de gases de efecto invernadero: sostenibilidad y calidad del aire

Aída Lucía Fajardo Montiel[1]
Hermes Ulises Ramírez Sánchez[2]
Héctor Hugo Ulloa Godínez[3]
Mario Enrique García Guadalupe[4]
Jaime Alcalá Gutiérrez[5]
Rubén Sánchez Gómez[6]

https://doi.org/10.61728/AE24004299

[1] Profesora investigadora del Departamento de Estudios del Agua y la Energía del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: lucia.fajardo@academicos.udg.mx
[2] Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: hermes.ramirez@academicos.udg.mx
[3] Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. *e-mail:* hector.ulloa@academicos.udg.mx
[4] Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. *e-mail:* mario.gguadalupe@academicos.udg.mx
[5] Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: jaime.alcala@academicos.udg.mx
[6] Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: ruben.sgomez@academicos.udg.mx

Introducción

La fuerte carga de contaminación ambiental del aire se ha convertido en un elemento de atención alarmante para la comunidad científica y académica, así mismo para diversas organizaciones a nivel global. Esto debido a que la dicha contaminación y sus repercusiones tanto en flora y fauna tienen un nocivo impacto sobre la salud ambiental. Los avances en la investigación científica han permitido un notorio avance en la identificación de contaminantes específicos, así mismo y dependiendo de sus concentraciones y tiempos de exposición, tienen una influencia directa en la aparición de enfermedades en grupos poblacionales vulnerables como, niños, adultos mayores y personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias (Fajardo y Ramírez, 2023). Información publicada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), indican que aproximadamente el 99 % de la población mundial, se encuentra expuesta a un aire que rebasa los límites de calidad recomendados a nivel internacional.

La degradación de la calidad del aire se debe a múltiples factores que ocasionan la presencia de diversas partículas, entre ellas destacan el dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NOX), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM) y Ozono (O). Para ampliar la comprensión sobre el problema, el primer paso es el conocimiento sobre los parámetros en la calidad de aire. Los tomadores de decisiones como gobiernos y comunidad científica necesitan contar con información sobre la calidad del aire. Para generar los datos se requiere la combinación de los resultados de los monitoreos constantes de la calidad del aire, información sobre modelos predictivos y no menos importante los inventarios de emisiones (Instituto Nacional de Ecología, s/f).

Fuentes de contaminación del aire

Desde 1750, se han identificado múltiples factores como el cambio en el uso de suelo y el aumento en la quema de combustibles fósiles, los cuales han provocado un aumento del dióxido de carbono atmosférico de aproximadamente 46 % provocando un calentamiento global con importantes consecuencias sociales (Heiskanen et al., 2022).

Hoy en día, tenemos los más altos niveles de concentración de emisiones de Gases de Efecto Invernadero de los últimos 2 mil millones de años. Las últimas cuatro décadas han sido las más cálidas desde 1850. Los pronósticos científicos estiman que si las temperaturas globales aumentan por arriba de los 2°C, se producirán cambios irreversibles en el clima, lo cual se volverá gradualmente inhabitable para la raza humana (Gramc et al., 2022). Datos no muy alentadores presentados por Ramírez et al., (2022), en su artículo "The Agricultural Sector and Climate Change in Mexico", indican que en el verano de 1998 a 2002, persistieron temperaturas elevadas anómalas en el norte de México, alrededor de +2°C, con precipitaciones inferiores a lo normal -20 y -30 %, lo cual provocó una sequía prolongada con fuertes impactos sobre la agricultura de la región y un incremento en los incendios forestales.

Según los expertos, limitar el aumento de 2°C de la temperatura media global, requiere la reducción de los niveles de dióxido de carbono en un 85 % por debajo de los niveles registrados en el año 2000, el objetivo es que esta reducción se materialice antes del año 2050. La contaminación del aire ocurre por diversas fuentes, por un lado, tenemos la contaminación natural del aire la cual ocurre por acción del viento, erupciones volcánicas, polen, entre otras. Las acciones antropogénicas son otra fuente de contaminación; a medida que las civilizaciones crecen, la contaminación forma a ser parte de ellas. A lo largo de la historia, la expansión de la población conduce a la deforestación, el incremento de fuentes de trabajo, uso de combustibles, y demás factores que fungen como precursores de la contaminación del aire.

Es por lo anterior que la comprensión de las fuentes contaminantes es de vital importancia por un lado para la comprensión, pero por el otro para la elaboración es estrategias de mitigación, control y eliminación. Se-

gún datos de SEMARNAT, es posible agrupar las fuentes de contaminación atmosférica en las siguientes categorías:

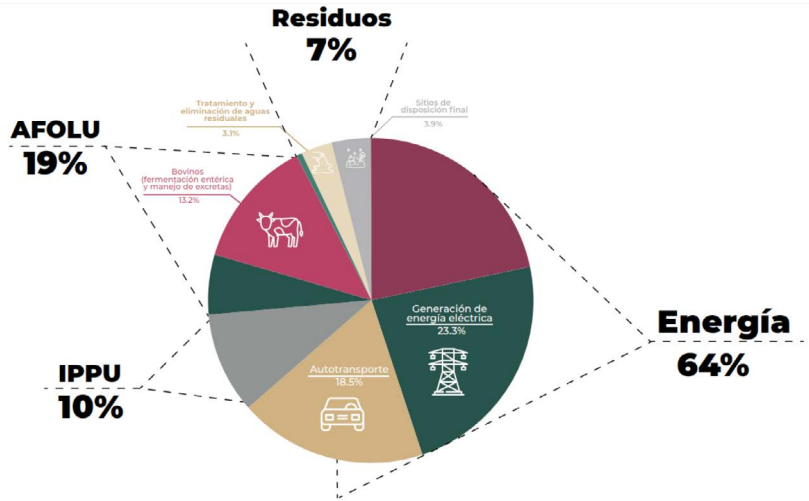
> a) Fuentes de contaminación puntual, como hornos industriales, torres de enfriamiento, plantas siderúrgicas, refinerías de petróleo, plantas de energía eléctrica.
> b) Fuentes móviles provenientes de automóviles particulares, autobuses de transporte público, aviones públicos y privados, barcos y embarcaciones, maquinaria de construcción.
> c) Fuentes de área como son, solventes domésticos, quema de residuos agrícolas, tintorerías y lavanderías, panaderías industriales, crematorios.
> d) Y las fuentes naturales o biogénicas como las erupciones volcánicas, polen y esporas de plantas, gases de océanos, incendios forestales.

Es importante resaltar que el origen del contaminante se distingue en dos categorías:

> i) Los contaminantes primarios: los cuales se emiten de manera directa de fuentes de contaminación como monóxido de carbono, metano, mercurio, amoniaco entre otros.
> ii) Los contaminantes secundarios, los cuales no se emiten de manera directa, sino que forman parte del resultado de las interacciones de dos o más contaminantes primarios presentes en la atmósfera (SEMARMAT, 2018).

En el contexto nacional, durante 2019 el INEGYCEI (Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero) registró que México emitió 736.63 millones de toneladas de dióxido de carbono, considerado este como el principal gas de efecto invernadero con un 67 %, el resto de los gases el metano y óxido nitroso considerados dentro de la misma categoría de presentan en la siguiente figura (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019) (Figura 1)

Figura 1
Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero



Fuente: INEGYCEI, 1990 – 2019.

Es importante destacar que el cambio climático comenzó a ganar relevancia con el reconocimiento de la relación entre las emisiones de gases de efecto invernadero principalmente el dióxido de carbono (CO2) y el calentamiento global. Por lo que el monitoreo y cuantificación de las emisiones se ha vuelto tan relevante. Lo que ha llevado a la elaboración de herramientas para este fin (Cardoza et al., 2023).

Como anteriormente se ha mencionado, cuantificar y monitorear el impacto de la contaminación atmosférica es básico para guiar las decisiones y estrategias de los formuladores de políticas sobre la reducción de emisiones (Heiskanen et al., 2022).

El protocolo de gases de efecto invernadero

La coalición de más de 170 empresas internacionales, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD) en 1998, logró el resultado de dos estándares que guardan una estrecha colaboración:

a) Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI (Gases de Efecto Invernadero).
b) Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI.

En este documento nos atañe abordar el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, el cuql vio la luz por primera vez en septiembre de 2001, siendo ampliamente aceptado en el mundo empresarial, e incluso muchas empresas, ONG y gobiernos han utilizado esta herramienta como un estándar para elaborar sus sistemas de contabilidad y reporte. Considerando que el cambio climático y el calentamiento global son temas clave, las empresas deben ser capaces de comprender, adaptarse y gestionar los riesgos asociados a los GEI. Es importante destacar que un inventario consistente y bien diseñado puede contribuir de manera efectiva en la consecución de objetivos empresariales como:

1) Gestión de Riesgos.
2) Reportes Públicos.
3) Participación en programas.
4) Ampliación de mercados.
5) Reconocimiento de acciones tempranas de reducción de emisiones (WRI, 2004).

El protocolo de GEI, es considerado como una de las herramientas con mayor estructura durante la última década. Recientemente el Parlamento Europeo, aprobó una nueva directiva de informes de sustentabilidad, y estos estándares deberán aplicarse bajo la directiva que marca el protocolo GEI en término de informe de emisiones (Kasperzak et al., 2023). La metodología del protocolo GEI se utiliza y reconoce en todo el mundo y se aplicó como base de la norma ISO 14064 (Gramc et al., 2022).

Para lograr que la información reportada sea verdadera y confiable, es indispensable apegarse a cinco principios fundamentales que derivan de los reportes financieros y contables, los cuales son: Relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión (WRI, 2004). Diversas partes interesadas contemplan de manera expectativa la respuesta que las empresas gestionen de manera proactiva los desafíos del cambio climático, con la intención que tomen acciones responsables en torno a sus prácticas ambientales.

Sin embargo, la adopción voluntaria de los sectores industriales a nivel global no es una certeza, existen barreras que se interponen como la falta de estrategias y comportamientos ambientales responsables. Aunado a esto la falta de regulaciones obligatorias por parte de los países a excepción de unos pocos, nos indica que la cooperación para la mitigación sigue siendo un reto importante ante la adopción de medidas completamente efectivas ante la creciente preocupación relacionada con el cambio climático. En términos duros, la relación entre las regulaciones ambientales, las estrategias ambientales adoptadas por las organizaciones y el desempeño de los sistemas corporativos ambientalmente responsables se exploran escasamente.

En el contexto local de México, se instauró el "Programa GEI México", una iniciativa privada destinada a establecer un esquema voluntario de reporte de emisiones. Este programa surge gracias a la colaboración entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible y el Instituto de Recursos Mundiales. Es importante señalar que México fue el primer país en vías de desarrollo en adoptar este protocolo, no con obligaciones cuantitativas de mitigación, sino con el compromiso de informar periódicamente sobre el estado de sus emisiones (Jiménez, 2010).

Para el año 2009, 98 empresas, tanto del sector privado como público en México, se habían inscrito en el programa. Entre ellas se encontraban PEMEX, así como todas las empresas del sector cementero y cervecero, y varias del sector minero, siderúrgico, químico y de bebidas embotelladas (Jiménez, 2010). De acuerdo con el documento "Contribución Determinada a Nivel Nacional", en su actualización del año 2022. México ha aumentado en 13 % sus objetivos de mitigación, apuntando a una reducción del 35 % de los GEI para el año 2030. Datos comprometidos en el año 2020 indicaban una reducción de 22 % (PNUD, 2024).

En el ámbito local, México ha jugado un papel pionero en la lucha contra el cambio climático mediante la implementación del "Programa GEI México". Este programa, establecido como una iniciativa privada, tiene el objetivo de fomentar la transparencia en el reporte de emisiones al adoptar un esquema voluntario. Las ventajas ambientales relacionados con el protocolo son los beneficios de mitigación de GEI de las estrategias y medidas integradas de reducción de la contaminación del aire. Al mismo

tiempo, el consumo de energía se reducirá en el proceso de mitigación de GEI debido a la relación altamente positiva entre la mitigación de GEI y el ahorro de energía. Los beneficios ambientales derivados de la implementación de las herramientas del Protocolo de GEI abarcan la prevención de la contaminación, la reducción de la huella ecológica y el fomento del desarrollo de competencias orientadas al respeto del medioambiente. (Ning et al., 2023).

Aunado a los beneficios ambientales, Khuntia et al. (2018), demuestra de forma empírica que el desempeño ambiental y económico en las organizaciones están relacionados positivamente; esto a pesar de que las empresas perciben la sostenibilidad como un pasivo. Es evidente que los beneficios ecológicos percibidos pueden motivar numerosas estrategias ambientales. Algunos investigadores han informado que el incentivo general para las empresas es lo que tiene sentido comercial para aplicar estrategias sostenibles (Ning et al., 2023). Cuando las organizaciones cumplen con las expectativas de las partes interesadas, especialmente en términos de reducción de gases de efecto invernadero, los resultados obtenidos pueden influir positivamente en su desempeño operativo y financiero. Estos beneficios se manifiestan en forma de ganancias intangibles, acceso preferencial a fuentes de capital y ventajas competitivas sostenibles (Roberto et al., 2018).

Ahora bien, cuando las organizaciones realizan el inventario de emisiones GEI, este indicador ayuda en la organización de mejoras relacionadas con procesos productivos, cadena de suministro, selección de nuevas fuentes energéticas y de manera general en la optimización de sus procesos (Roberto et al., 2018).

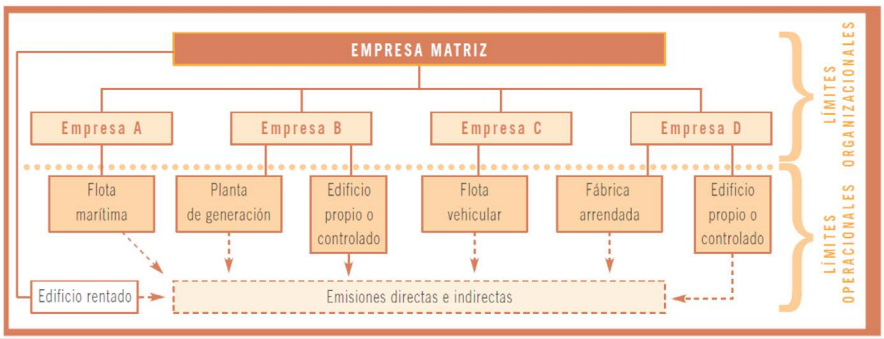
Límites operacionales del protocolo de gases de efecto invernadero

La identificación y establecimiento de límites operacionales es un factor fundamental para realizar la correcta integración del inventario GEI, esto involucra la identificación de emisiones directas e indirectas (WRI, 2004). Las emisiones directas provienen de fuentes que son propiedad de la organización o están bajo su control. En contraste, las emisiones indirectas

son aquellas que, aunque resultan de las actividades de la empresa, ocurren bajo el control de otras entidades.

La figura 2: ejemplifica de manera más puntual las emisiones directas o indirectas de una organización:

Figura 2
Protocolo de gases de efecto invernadero. Determinación de los límites operacionales

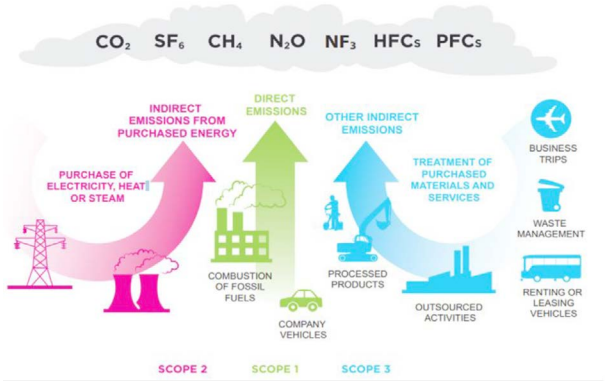


Fuente: WRI, 2004.

Siguiendo esta línea, la delimitación de las fuentes directas e indirectas, el Protocolo GEI, define tres alcances, los cuales denominaremos de ahora en adelante como *Scope 1, Scope 2 y Scope 3*, los cuáles ayudan con la transparencia de la información y así promover la utilidad de los inventarios.

> a) Scope 1: Este alcance abarca las emisiones que provienen de fuentes que son propiedad de la empresa o están bajo su control directo, como calderas, maquinaria y vehículos.
> b) Scope 2: En este alcance se incluyen las emisiones generadas por la electricidad que la empresa adquiere y consume. Aunque la empresa utiliza esta electricidad, las emisiones se producen en la planta donde se genera la energía.
> c) Scope 3: Este alcance, de carácter opcional en los reportes, permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Estas emisiones son consecuencia de las actividades de la empresa, pero provienen de fuentes que no son de su propiedad ni están bajo su control. Ejemplos incluyen la extracción y producción de materiales adquiridos, así como el uso de productos y servicios (Figura 3).

Figura 3
Scope 1, 2 y 3



Fuente: WRI, 2004.

Para muchas organizaciones los *Scope* 1 y 2 representan las mayores fuentes de emisión de los GEI. Sin embargo, al unir la contabilidad de las emisiones directas e indirectas, múltiples empresas pueden trabajar en conjunto para la reducción de las emisiones. Es importante considerar que el *Scope* 1, resulta ser ya sea el *Scope* 2 y 3 de otras organizaciones. Esto permite que múltiples entidades mantengan un inventario a lo largo de toda la cadena de valor.

Scope 1

En el **Scope 1**, las empresas agrupan las emisiones directas que resultan de los siguientes tipos de actividades:

> 1.1) Generación de electricidad, calor y vapor: Estas emisiones se producen por la quema de combustibles fósiles para generar energía térmica y eléctrica.
> 1.2) Procesos fisicoquímicos: Asociadas principalmente con la manufactura de productos químicos y materiales como cemento, aluminio y el procesamiento de residuos, estas emisiones resultan de reacciones químicas y transformaciones físicas durante la producción.
> 1.3) Transporte de materiales, productos, residuos y trabajadores: Este tipo de emisiones proviene del uso de medios de transporte como trenes, autobuses y vehículos que son propiedad de la empresa o están bajo su

control.

1.4) Emisiones fugitivas: Este término abarca las emisiones resultantes de liberaciones intencionales o no intencionales, como fugas en equipos, emisiones de gases durante el uso de sistemas de aire acondicionado y refrigeración, entre otros.

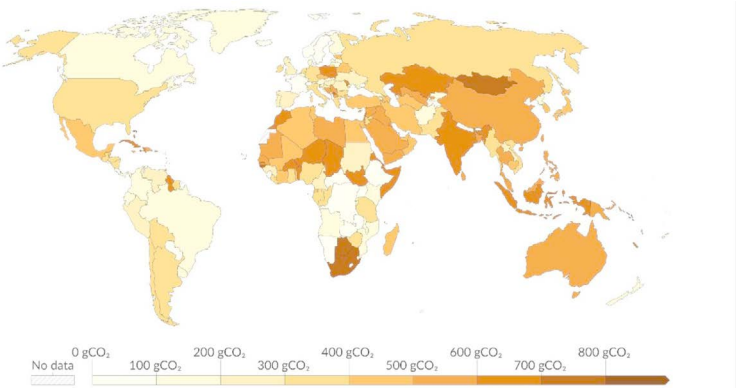
En el ámbito del **Scope 2**, se contabilizan las emisiones generadas por el uso de electricidad comprada para las actividades y equipos que son propiedad de la empresa o que están bajo su supervisión. Es fundamental destacar que, para numerosas organizaciones, la electricidad adquirida constituye una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Cada año, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) publica un aviso conocido como el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional. Este documento, elaborado con datos proporcionados por la Comisión Reguladora de Energía, establece el valor que se debe utilizar para calcular las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del consumo de electricidad. Para 2023, el documento indica un factor de 0.438 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO2e) por megavatio-hora (MWh) consumido (SEMARNAT, 2024). El cálculo de este factor se basa en dos metodologías: a) AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA) en su quinta edición, y b) el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Este reporte se fundamenta en la fracción XLIV del Artículo 3 de la Ley de la Industria Eléctrica. La información proporcionada es crucial para que las organizaciones calculen sus emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad y puedan incluir estos datos en el *Scope* 2.

Ahora bien, la guía disponible para el *Scope* 2, no solamente identifica la adquisición de energía eléctrica, sino también aquellas emisiones indirectas derivadas de la compra de vapor, calor, enfriamiento y, esta guía goza de un apartado para realizar aclaraciones sobre su contabilidad.

La figura 4 nos muestra un panorama global sobre la intensidad en la generación de GEI debido a la generación de energía eléctrica, la intensidad del carbono se mide en gramos equivalentes de dióxido de carbono emitidos por kilovatio-hora de electricidad generada.

Figura 4
Panorama global de GEI



Fuente: Ember - Yearly Electricity Data (2023); Ember - European Electricity Review (2022); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023).

El Estándar del **Scope 3**, es un suplemento del protocolo de gases de efecto invernadero. El Scope tres, recaba datos sobre las emisiones más difíciles de controlar, debido a que son aquellas que están fuera del control directo. Esto no significa que no se logre tener cierto grado de influencia sobre ellas. Un ejemplo de ello es que las organizaciones pueden decidir a que proveedores contratar en función de sus prácticas (WEF, 2022).

Las emisiones relacionadas con el *Scope 3* pueden, en algunos casos, representar la mayor fuente de emisiones para ciertas empresas, ofreciendo al mismo tiempo las oportunidades más significativas para su reducción. Al elaborar un inventario de Scope 3, las organizaciones pueden comprender mejor la generación de emisiones tanto internas como externas. Esto les permite obtener información valiosa sobre los riesgos y oportunidades asociados con sus emisiones y su cadena de valor (WRI, 2011).

Para algunas empresas, realizar la contabilización del scope 3, es una forma de alentar la responsabilidad de medir y contabilizar las emisiones de sus proveedores. Las emisiones del scope 3 se clasifican en 15 categorías distintas, a través de estas categorías las empresas gozan de un marco sistemático para organizar, comprender e informar sobre la diversidad de actividades dentro de la cadena de valor corporativo. Estas categorías están diseñadas para ser mutuamente excluyentes, la intención es evitar conteos duplicados:

1) Compra de bienes y servicios: Incluye la extracción, producción y transporte de bienes y servicios que la empresa adquiere o compra.
2) Bienes de capital: Comprende la extracción, producción y transporte de bienes de capital adquiridos por la empresa.
3) Actividades relacionadas con combustibles y energía (no incluidas en *Scope 1 o Scope 2)*: Se refiere a la extracción, producción y transporte de combustibles y energía comprados por la empresa durante el período de informe.
4) Transporte y distribución *upstream*: Abarca el transporte y la distribución de productos adquiridos por la empresa en vehículos e instalaciones que no son propiedad ni están bajo su control. Incluye servicios de transporte y distribución comprados, como la logística de entrada, la logística de salida (por ejemplo, productos vendidos) y el transporte entre las propias instalaciones de la empresa.
5) Residuos generados en las operaciones: Engloba la disposición y tratamiento de los residuos generados por las operaciones de la empresa en instalaciones que no son propiedad ni están bajo su control.
6) Viajes de negocios: Incluye el transporte de empleados para actividades relacionadas con el negocio en vehículos que no son propiedad de la empresa ni están operados por ella.
7) Desplazamientos de empleados: Comprende el transporte de empleados entre sus hogares y lugares de trabajo en vehículos que no pertenecen ni son operados por la empresa.
8) Activos arrendados upstream: Refleja la operación de activos arrendados por la empresa que informa (arrendatario) que no están incluidos en *Scope 1 y Scope 2*.
Transporte y distribución *downstream*: Incluye el transporte y la distribución de productos vendidos por la empresa desde sus operaciones hasta el consumidor final, incluyendo el comercio minorista y el almacenamiento, utilizando vehículos e instalaciones que no son de propiedad ni están controladas por la empresa.
9) Procesamiento de productos vendidos: Se refiere al procesamiento de productos intermedios vendidos durante el año del informe por empresas transformadoras, como fabricantes.
10) Uso de productos vendidos: Comprende el uso final de los bienes y servicios vendidos por la empresa durante el año del informe.
11) Tratamiento al final de su vida útil de los productos vendidos: Abarca la eliminación y tratamiento de los productos vendidos por la empresa al final de su vida útil durante el año del informe.
12) Activos arrendados *downstream:* Se refiere a la operación de activos propiedad de la empresa que informa (arrendador) y arrendados a otras entidades durante el año del informe, no incluidos en *Scope 1 y Scope 2*.

13) Franquicias: Incluye la operación de franquicias durante el año del informe, que no están incluidas en *Scope 1 y Scope 2*, reportado por el franquiciador.
14) Inversiones: Abarca la operación de inversiones, incluyendo inversiones de capital, deuda y financiación de proyectos, durante el año del informe, no incluidas en *Scope 1 y Scope 2*.

La seguridad en los reportes se refiere al grado de confianza en que el inventario es completo, preciso, consistente, transparente, relevante y libre de errores materiales. Aunque la seguridad no es un requisito del estándar 3, asegurar la calidad de los datos del *Scope 3* es valioso tanto para las empresas que informan como para las partes interesadas, ya que facilita la toma de decisiones basada en la información del inventario (WRI, 2011).

La responsabilidad social empresarial ante la reducción de emisiones

El Protocolo GEI reconoce que las políticas gubernamentales por sí solas no son suficientes para abordar el problema a nivel global. Por ello, se requiere el liderazgo y la participación activa de las empresas para lograr mejoras significativas. Las prácticas de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) pueden desempeñar un papel crucial en la promoción del desarrollo sostenible y la reducción de emisiones. Cada vez más, las partes interesadas consideran la RSE como una necesidad en lugar de un lujo. El concepto tradicional de RSE aboga por un triple resultado final, que incluye perspectivas económicas, sociales y ambientales.

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) se ha convertido en un concepto cada vez más relevante en el mundo empresarial, ya que exige a las empresas y organizaciones asumir la responsabilidad por el impacto de sus acciones en la sociedad y el medioambiente. Existe un amplio interés en materia de investigación sobre los problemas asociados a los GEI, principalmente en países desarrollados. Sin embargo, existen aun áreas de oportunidad en cuanto a la investigación de la RSE y la reducción de emisiones (Li et al., 2021).

Algunas investigaciones han identificado que las empresas han utilizado la RSE como una herramienta de comunicación que permite lograr

buenos resultados en cuanto a su reputación, las corporaciones se involucran en temas no controvertidos alineados con su misión y objetivos. El cambio climático al ser un tema con gran polarización se considera controversial y en algunas ocasiones no conveniente para ser incluido en las políticas de RSE de las organizaciones (Vasquez, 2022).

La adopción de medidas de sostenibilidad suele resultar en una reducción del uso energético, lo que a su vez mejora los resultados financieros y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Un estudio de Graafland analiza la implementación de estrategias de RSE en 22 países y encuentra una reducción en las emisiones de GEI, así como ganancias financieras modestas a largo plazo. Otros estudios, como el realizado por Loeffler (2020), destacan que las iniciativas de RSE en pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Francia contribuyen a un aumento en la eficiencia energética.

Estos datos son relevantes para los gobiernos, debido a que pueden incorporar medidas relacionadas con la RSE como parte de los requisitos para las empresas en aras de establecer políticas más robustas para acelerar la reducción de los GEI. La implementación de nuevas tecnologías es un componente clave para las emisiones. A través de la implementación de nuevas tecnologías es posible optimizar procesos productivos, mejora en los diseños de edificios, mejora en la eficiencia de combustibles entre otros. Sin embargo, la innovación en tecnologías conlleva costos elevados, que las empresas no están dispuestas a adquirirlas o simplemente no pueden hacerlo (Loeffler, 2020).

Una de las barreras internas que las empresas deben abordar es la falta de metodologías adecuadas para la toma de decisiones en relación con la adopción de medidas contra el cambio climático. Los métodos financieros tradicionales, como el retorno de la inversión (ROI), el valor actual neto (NPV) y la tasa interna de retorno (IRR), a menudo no logran ponderar de manera adecuada los riesgos y oportunidades asociados con las alternativas de mitigación del cambio climático.

Existen alternativas para superar estas barreras mediante nuevos modelos de análisis, como el Análisis Multicriterio para el Cambio Climático (MCA4Climate), propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Es crucial que las organizaciones se man-

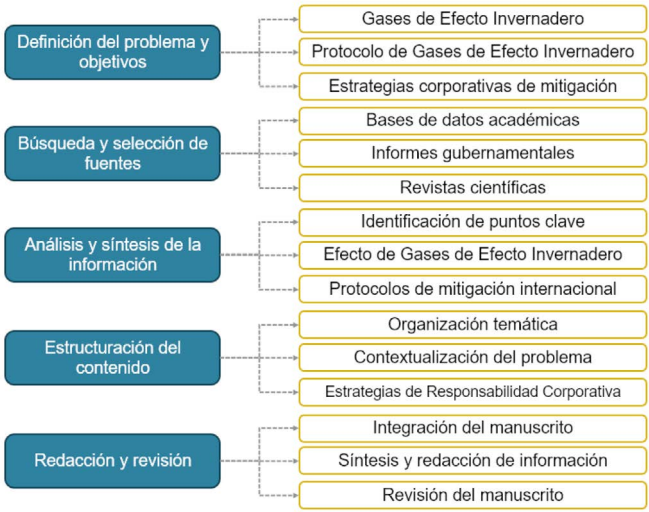
tengan a la vanguardia en la adopción de estos enfoques para enfrentar eficazmente el cambio climático y contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Metodología

Este estudio se llevó a cabo mediante una revisión sistemática de literatura enfocada en la contaminación del aire, los gases de efecto invernadero (GEI) y el Protocolo GEI. La investigación se desarrolló siguiendo un proceso estructurado que comprendió las siguientes etapas:

1. Definición del problema y objetivos: Se identificó la necesidad de analizar la relación entre la contaminación del aire, las emisiones de GEI y las estrategias corporativas para su reducción, con un enfoque particular en el Protocolo GEI.
2. Búsqueda y selección de fuentes: Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas, informes gubernamentales y publicaciones de organizaciones internacionales. Las fuentes incluyeron artículos científicos, informes técnicos y documentos oficiales relevantes.
3. Análisis y síntesis de la información: Se examinó detalladamente la información recopilada, identificando los puntos clave relacionados con las fuentes de contaminación, los efectos de los GEI, y las estrategias de mitigación empresarial.
4. Estructuración del contenido: Se organizó la información en secciones temáticas coherentes, abarcando desde la contextualización de la problemática hasta las estrategias de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) para la reducción de emisiones.
5. Redacción y revisión: Se elaboró el manuscrito, integrando la información analizada y sintetizada, y se realizaron revisiones para asegurar la coherencia y precisión del contenido (Figura 5).

Figura 5
Fases de la metodología



Fuente: elaboración, propia, 2024.

Las fuentes consultadas incluyeron publicaciones de organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el World Resources Institute (WRI), y diversas revistas científicas especializadas en sostenibilidad y medioambiente.

Se prestó especial atención a la inclusión de datos y estudios tanto globales como específicos de México, para proporcionar una perspectiva integral que abarcara tanto el contexto internacional como el nacional. Esta metodología permitió una exploración comprehensiva del tema, facilitando la integración de información actualizada y relevante sobre la contaminación del aire, los GEI y las estrategias corporativas de mitigación, con un enfoque particular en el Protocolo GEI y su aplicación en el contexto empresarial.

Discusión

El presente análisis ha puesto de manifiesto la creciente importancia que reviste la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el ámbito corporativo. Esto se debe principalmente a la presión ejercida por los grupos de interés (*stakeholders*) y las regulaciones gubernamentales, quienes demandan una mayor responsabilidad ambiental por parte de las empresas.

En este contexto, el Protocolo GEI se ha consolidado como una herramienta de alcance global, reconocida por su capacidad para contabilizar y reportar las emisiones corporativas de manera sistemática. La adopción y reconocimiento mundial de este estándar, así como de herramientas como la ISO 14064, representa un gran avance en los esfuerzos por alcanzar los objetivos globales de reducción de emisiones. No obstante, el trabajo aún no ha concluido, pues existen importantes desafíos en la implementación efectiva del Protocolo GEI, especialmente en los países en desarrollo. Además, la cuantificación de las emisiones indirectas (Scope 3) a lo largo de la cadena de valor representa un reto considerable para las empresas.

En este sentido, el papel de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) cobra una relevancia fundamental, ya que posee un gran potencial para promover prácticas corporativas sostenibles enfocadas en la reducción de emisiones GEI. Asimismo, es evidente que abordar estas brechas requiere la creación de nuevos modelos de análisis financiero para proyectos de mitigación, así como la importancia de la innovación tecnológica.

Conclusiones

La creciente importancia de la gestión de los GEI en el ámbito corporativo se debe principalmente a la presión ejercida por las regulaciones gubernamentales y el interés de los grupos de interés (*stakeholders*). Esto ha llevado a que el Protocolo GEI se consolide como una herramienta de alcance global, reconocida por su capacidad para contabilizar y reportar las emisiones corporativas de manera sistemática. Esta estandarización representa un avance significativo en materia de transparencia y rendición de cuentas sobre la sostenibilidad empresarial. No obstante, aún persisten

importantes desafíos, como las dificultades en la implementación efectiva del Protocolo GEI, especialmente en los países en desarrollo, y la cuantificación de las emisiones indirectas (*Scope 3*) a lo largo de la cadena de valor.

En este sentido, el papel de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) cobra una relevancia fundamental, ya que posee un gran potencial para promover prácticas corporativas sostenibles enfocadas en la reducción de emisiones GEI. Asimismo, la adopción de un enfoque integral que aborde las emisiones GEI corporativas permitirá una combinación efectiva de estrategias regulatorias, voluntarias y de mercado.

Referencias bibliográficas

Fajardo, M. A. L., & Ramírez, S. H. U. (2023). Evolution of Air Pollution in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico. *Asian Journal of Environment & Ecology,* 21(1), 55-75. https://journalajee.com/index.php/AJEE/article/view/453

Gramc, J., Stropnik, R., & Mori, M. (2022). A company's carbon footprint and sustainable development. [OGLJI?NI ODTIS PODJETJA IN TRAJNOSTNI RAZVOJ] *Journal of Energy Technology, 15*(3), 25-36. http://wdg.biblio.udg.mx:2048/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/companys-carbon-footprint-sustainable-development/docview/2765804127/se-2.

Heiskanen, J., Brümmer, C., Buchmann, N., Calfapietra, C., Chen, H., Gielen, B., Gkritzalis, T., Hammer, S., Hartman, S., Herbst, M., Janssens, I. A., Jordan, A., Juurola, E., Karstens, U., Kasurinen, V., Kruijt, B., Lankreijer, H., Levin, I., Linderson, M.-L., & Loustau, D. (2022). The Integrated Carbon Observation System in Europe. *Bulletin of the American Meteorological Society, 103*(3), E855–E872. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0364.1

INECC (2021). Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (INEGYCEI). *México ante el Cambio Climático. Sitio oficial del país*. https://cambioclimatico.gob.mx/

Instituto Nacional de Ecología (2019). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero* (INEGYCEI) 1990 – 2019. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/671637/Edit_Factsheet_INEGYCEI_Rev_20.pdf

Instituto Nacional de Ecología (Sf). *Manual 1: principios de medición de la calidad del aire. Manuales de monitoreo atmosférico en México.* https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/guias.php

Jiménez, A. R. M. (2010). Estimación de emisiones de gei en inventarios corporativos. realidad, datos y espacio. *Revista internacional de estadística y geografía. Año 1*, No. 1. https://rde.inegi.org.mx/rde_01/doctos/rde_01_art5.pdf

Kasperzak, R., Kureljusic, M., Reisch, L, & Thies, S. (2023). Contabilidad de las emisiones de carbono: estado actual de las prácticas de presentación de informes de sostenibilidad según el Protocolo de GEI. *Sostenibilidad 15*(2), 994. https://doi.org/10.3390/su15020994

Li, S., Cheng, W., Li, J., & Shen, H. (2021). Desarrollo de la responsabilidad social corporativa y cambio climático: evidencia regional de China. *Sostenibilidad, 13*(21), 11859. https://doi.org/10.3390/su132111859

Ning, X., Lu, Y., Yim, D., & Khuntia, J. (2023). Factors Affecting the Usage Intention of Environmental Sustainability Management Tools: Empirical Analysis of Adoption of Greenhouse Gas Protocol Tools by Firms in Two Countries. *Sustainability, 15*(3), 2703. https://doi.org/10.3390/su15032703

OMS (2022). Organización Mundial de la Salud. *Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS*. https://www.who.int/es/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data#cms

PNUD (2024). *Climate Promise. México, América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo https://climatepromise.undp.org/es/what-we-do/where-we-work/mexico

Ramírez, S. H. U., Fajardo, M. A. L., Ortíz, B. A. D., & De la Torre, V. O. (2022). The Agricultural Sector and Climate Change in Mexico. *Journal of Agriculture and Ecology Research International, 23*(3), 19-44. https://doi.org/10.9734/jaeri/2022/v23i330222

Roberto, O. S., Sônia Maria da, S. G., & Nverson da, C. O. (2018). O impacto do inventário de emissões (gee) nos desempenhos operacional e financeiro das empresas participantes do ghg. [the impact of emission inventory (ghg) on the operational and financial performance of ghg participating companies el impacto del inventario de emisiones (gee) en

los desempeños operativos y financieros de las empresas participantes del ghg] *Revista Ambiente Contabil, 10*(2), 266-284. http://wdg.biblio.udg.mx:2048/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/o-impacto-do-inventário-de-emissões-gee-nos/docview/2068726886/se-2

Saxena, P., & Sonwani, S. (2019). *Primary Criteria Air Pollutants: Environmental Health Effects*. Criteria Air Pollutants and their Impact on Environmental Health.

SEMARNAT (2018). *Fuentes de Contaminación Atmosférica*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica

SEMARNAT (2024). *Factor de emisión del sistema eléctrico nacional 2023. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/896217/aviso_fesen_2023.pdf

Vasquez, R. (2022). CSR, CSA, or CPA? Examining Corporate Climate Change Communication Strategies, Motives, and Effects on Consumer Outcomes. *Sustainability 14*(6), 3604. https://doi.org/10.3390/su14063604

WEF (2022). You've probably heard of Scope 1, 2 and 3 emissions, but what are Scope 4 emissions? *World Economic Forum*. (https://www.weforum.org/agenda/2022/09/scope-4-emissions-climate-greenhouse-business/).

WRI (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Revised Edition. World Resources Institute. Copyright © World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf

WRI (2011). *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute.* Copyright © World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporing-Standard_041613_2.pdf

WWF (SF). *ABC DE LA COP*. World Wildlife Fund. https://wwf.panda.org/es/acerca/wwf/