

Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en la Universidad del atlántico, Colombia

Estimation of greenhouse gas emissions at the University of the atlantic, Colombia

María Marcela Escobar Ramírez¹

Carmina Lucía Vargas Zapata¹ <https://orcid.org/0000-0002-0980-8511>

¹. Grupo de Investigación Biología de Nutrientes, Universidad del Atlántico Puerto Colombia, Colombia

Recibido: Octubre 02 de 2025

Aceptado: Diciembre 03 de 2025

*Correspondencia del autor: Carmina Lucía Vargas Zapata

E-mail: carminavargas@mail.uniatlantico.edu.co

<https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i37.333>

Resumen

Introducción: Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que constituyen la huella de carbono y sirven como un indicador clave del impacto ambiental y del cambio climático, han adquirido una relevancia creciente en los últimos años. **Objetivo:** Analizar las estimaciones de las diferentes fuentes de emisiones directas e indirectas de GEI en la Universidad del Atlántico, con el fin de evaluar el impacto ambiental asociado a las actividades académicas y administrativas realizadas durante el año 2018 y proponer medidas para la gestión ambiental. **Materiales y métodos:** La metodología se basó en la norma ISO 14064-1:2006 y en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), considerando las emisiones de Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3. **Resultados:** Las emisiones de Alcance 1 provenientes de fuentes directas, principalmente gases refrigerantes y consumo de gas natural, fueron las más altas, con un total de 6.493,12 toneladas de CO₂ equivalente (76,31%). Las emisiones de Alcance 3, procedentes de otras fuentes indirectas, que incluyen el transporte, la generación de residuos y el uso del suelo, representaron 1.240,66 toneladas de CO₂ equivalente (14,58%). Por su parte, las emisiones de Alcance 2, relacionadas con las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica, aportaron 849 toneladas de CO₂ equivalente (9,97%). Al considerar la remoción de CO₂ por la vegetación presente en el campus, la huella de carbono total se estimó en 8.507,78 toneladas de CO₂ equivalente. Las principales actividades contribuyentes a las emisiones fueron el uso de equipos refrigerantes, el transporte (terrestre y aéreo) y el uso del suelo. **Conclusión:** Estos resultados resaltan la necesidad de implementar estrategias de gestión ambiental orientadas a reducir o mitigar las emisiones de GEI, con el fin de promover un ambiente saludable. En consecuencia, se proponen diversas medidas para su incorporación en el Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad del Atlántico.

Palabras clave: Cambio climático; Calentamiento global; Gases de efecto invernadero (GEI); huella de carbono.

Abstract

Introduction: Greenhouse gas (GHG) emissions, which constitute the Carbon footprint and serve as a key indicator of environmental impact and climate change, have gained increasing relevance in recent years. **Objective:** To analyze the estimates of different sources of direct and indirect GHG emissions at the Universidad del Atlántico in order to assess the environmental impact associated with academic and administrative activities carried out during 2018 and to propose measures for environmental management. **Materials and Methods:** The methodology was based on ISO 14064-1:2006 and the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), considering Scope 1, Scope 2, and Scope 3 emissions. **Results:** Scope 1 emissions from direct sources, mainly refrigerant gases and natural gas consumption, were the highest, totaling 6,493.12 tons of CO₂ equivalent (76.31%). Scope 3 emissions from other indirect sources, including transportation, waste generation, and land use, accounted for 1,240.66 tons of CO₂ equivalent (14.58%). Scope 2 emissions, related to indirect emissions from electricity consumption, contributed 849 tons of CO₂ equivalent (9.97%). After accounting for CO₂ removal by campus vegetation, the total carbon footprint was estimated at 8,507.78 tons of CO₂ equivalent. The main contributors to emissions were refrigerant equipment use, transportation (land and air), and land use. **Conclusion:** These findings highlight the need to implement environmental management strategies aimed at reducing or mitigating GHG emissions to promote a healthy environment. Accordingly, several measures are proposed for inclusion in the Environmental Management System of the Universidad del Atlántico.

Keywords: Climate change; Global warming; Greenhouse gases (GHG); Carbon footprint.

Introducción

Los gases emitidos a la atmosfera, resultado de actividades humanas, con capacidad de absorber la radiación infrarroja que procede de la tierra o radiación saliente, son conocidos como GEI. Se clasifican en Naturales: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitrroso, metano y ozono y Antropogénicos: perfluorocarbonados (PFC), hexafluoruros de azufre y halocarbonos, además cloro, bromo, flúor e hidrógeno, contribuyendo al calentamiento global y cambio climático, constituyéndose en la huella de carbono, una herramienta útil que proporciona datos para que se ejerzan acciones en defensa y protección del medio ambiente, porque el calentamiento global es uno de los problemas que está afectando nuestro planeta. (1)

El potencial de calentamiento global es la medida en la que un GEI contribuye a ese calentamiento, esta medida es estándar y relacionada a lo largo del tiempo, efectuada por la liberación de 1Kg de GEI, en comparación con el producido por el (CO₂) esta medida se pueden conocer los efectos radiactivos y periodos de permanencia en la atmosfera de cada GEI emitido (2).

En el acuerdo de Paris, en el marco de la convención de Naciones Unidas, realizado en diciembre 12 de 2015, el cual entró en vigor en noviembre de 2016, y cuya fina-

lidad es limitar el calentamiento mundial, 175 países incluido Colombia, propusieron disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero para lograr un planeta con clima neutro para mediados del siglo (3). Colombia, al firmar este acuerdo, se comprometió a reducir en un 20% las emisiones de (GEI) proyectadas en la nación para el año 2030. Estrategia que está realizando el país en el desarrollo de bajo carbono, liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible con el apoyo de los ministerios sectoriales y el Departamento Nacional de Planeación, siendo los sectores agropecuarios, forestal y otros usos del suelo, energía, transporte, industrial, vivienda, residuos, hidrocarburos y minería, los sectores económicos que contribuirían a esa mitigación de gases (4).

Es bastante extensiva la difusión de gases efecto invernadero en el mundo, en Colombia por ejemplo las emisiones están en 0,37% que equivale a 180.000 toneladas de CO₂ aproximadamente, siendo los sectores agrícolas (fermentación entérica y suelos agrícolas) y económicos (industrias de energía, industria de manufacturas, transporte, industrias de construcción) los que más densidad de GEI aportan con un 64,5% (5).

A nivel internacional los estudios de huella de carbono han ganado vital importancia en los últimos años, en

este sentido se destaca España como uno de los países en tomar medidas preventivas para reducir sus emisiones de GEI, mediante un registro de emisiones ordenado por el Real Decreto 163 del año 2014, este registro además de compilar los datos de emisión, facilita proyectos de reducción (6).

Las universidades, por ser instituciones educativas, están comprometidas con el bienestar de la sociedad y deberían liderar esos procesos, más sobre todo en promover en sus actividades acciones que ayuden a descontaminar el medio ambiente y la neutralidad del carbono (7). Al respecto un estudio bibliométrico sobre huella de carbono en universidades latinoamericanas corresponde al realizado por Guillen-Chavez (8), que aplicó el modelo prisma para la recopilación sistemática de artículos científicos (2016-2022), provenientes de universidades de América Latina y publicados en las bases de datos ScienceDirect, Scopus, Redalib, PubMed y Google Académico, donde se encontró que la mayor parte de instituciones de educación superior que han medido su huella de carbono aplicando la metodología de la norma ISO14064 y GHG Protocol, poseen como principales fuentes de emisión de GEI, el transporte (39,8%), la generación de residuos (19%) y el consumo de energía eléctrica (18,2%), lo cual significa que se deben aunar esfuerzos en las instituciones de educación para desarrollar programas de mitigación y compensación en huella de carbono, ya que tan solo en Latinoamérica se está alcanzando un 34,6% de reducción de GEI. En el mismo trabajo se seleccionaron 55 estudios de diferentes países, pero solo 17 artículos fueron completos y midieron la huella del carbono y su impacto en la reducción teniendo en cuenta las 6 categorías de ISO 14064:2018, lo cual mostró para Colombia (5,9 %), Costa Rica (5,9%), Perú (17,6 %), Ecuador (5,9 %), México (17,6 %), Ecuador (5,9 %), Brasil (5,9%), Venezuela (5,9 %) y Chile (5,9%) en reducción.

En Colombia son pocas las universidades que han registrado sus datos sobre el comportamiento de la huella del carbono, tales como la Sergio Arboleda de Bogotá, La Universidad de Santander (UDES), la Universidad de Ciencias ambientales y Aplicadas (UDCA), la Universidad Libre sede central, la Universidad de la Costa (CUC), con la finalidad de neutralizar el carbono, proteger y asegurar el uso sostenible (9, 10). Obteniendo algunas certificaciones del Icontec en Carbono Neutro como la Universidad de Manizales y la Pontificia Bolivariana de Bucaramanga.

Por otro lado, existen estudios que relaciona la afectación del cambio climático con alteraciones de la salud de las personas y seres vivos en general por el aumento de gases efecto invernadero. En las revisiones de artículos sobre salud y cambio Climático se destaca la investigación realizado por Lidice Álvarez y Robinson Taboada (11), sobre los efectos del cambio climático en la salud pública, donde la influencia de cambio climático como las olas de calor o frío, la contaminación del aire y el consumo extremo de combustibles fósiles tienen afectación en la salud, produciendo enfermedades tales como la diarrea, el paludismo, infartos, problemas respiratorios y hasta la mortalidad de la población, afectaciones que están muy vinculadas a los procesos humanos como la economía, la política y la cultura. No cabe dudas que el cambio climático si en gran medida afecta la salud, el bienestar humano y el medio ambiente (12).

La Universidad del Atlántico, es una institución de Educación Superior pública y tiene su Sistema de Gestión Ambiental, pero no ha medido la emisión de los GEI y este estudio proporcionó conocimiento sobre el comportamiento de la emisión de estos gases, y así poder proponer mecanismos para mitigar el efecto que acarrean las actividades en la universidad, poder estar conectada en el marco legal que se rige en la Constitución Política de Colombia y demás leyes ambientales. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue: Analizar las valoraciones de las distintas fuentes de emisiones directas e indirectas de GEI en la Universidad del Atlántico y las medidas a sugerir para una gestión ambiental de acuerdo a la norma ISO 14064-1:2006 (2).

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Este trabajo es tipo descriptivo utilizando un modelo o diseño cuantitativo con base en la medición de huella de carbono. La metodología utilizada fue la propuesta en la norma ISO 14064-1:2006 (2) y el Protocolo de GEI (GHG Protocol) (13).

Área y/o objeto de estudio

El área de estudio fue la Universidad del Atlántico, que se encuentra en el Departamento del Atlántico y posee una sede principal llamada sede Norte o Ciudadela Universitaria, donde se desarrolla la mayor parte de sus programas académicos, está ubicada a los 11° 1' y 4" de latitud norte y 74° 52' y 26" de longitud oeste, en Puerto Colombia, Departamento del Atlántico. Teniendo sedes en Suan (Municipio del Dpto. del Atlántico), la sede de Bellas artes, y Centro en la ciudad de Barranquilla. Las

cuatro sedes en su totalidad tienen un área construida de 388.646 m² y 80.806 m² de zonas verdes.

Recolección de datos

La recolección de datos se realizó en el año 2018, debido a que en ese año se desarrollaron las actividades académicas y administrativas de forma normal en la Universidad y además existe información y accesibilidad para la toma de datos, ya que el año 2019, 2020, 2021, hubo interrupciones de esas actividades por el padecimiento de la pandemia del Covid19.

Para calcular la cantidad de GEI, primero se identificaron las fuentes, teniendo en cuenta las definiciones estipuladas en la norma ISO 14064-1(2) y los correspondientes requisitos para la identificación de fuentes de emisión (UNE- ISO 14064-1:2006) (2). Del Alcance 1, es decir las Emisiones directa: fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por la institución: tales como: Emisiones Fugitivas: de gases refrigerantes en equipos de climatización y refrigeración (Gases fluorados, compuestos fluorados); Emisiones por combustión fija: Consumo de gas natural (CO₂ (origen Fósil), CH₄ y N₂O; Uso de extintores (Compuestos fluorados HCFC 123 y CO₂). Del Alcance 2, es decir, las Emisiones indirectas de GEI (CO₂) generados por el consumo de electricidad, como electricidad facturada y electricidad consumida en equipos eléctricos, y del Alcance 3, de Otras emisiones indirectas, es decir, transportes: urbano, interurbano y aéreo; como de residuos y suelo.

Por tanto, se realizaron las siguientes acciones: Se revisaron en las cuatro sedes las facturas de consumos de

energía eléctrica, gas y agua. Se realizó inventario de equipos con consumo: eléctricos, gas natural, gases refrigerantes, y de extintores. Revisión de los registros de viajes aéreos y terrestres en la Universidad del Atlántico. Se colectaron las facturas de compra de resmas de papel. Se contabilizaron los viajes aéreos de viajes realizados por los docentes, estudiantes y administrativos en asistencia de eventos académicos, capacitaciones y/o otras actividades tanto nacionales e internacionales. Se realizó una encuesta, tomándose un tamaño de muestra poblacional de 264, para calcular las distancias del personal estudiantil, docente y administrativo desde sus hogares hasta la universidad y viceversa y se inventarió los árboles que se encuentran sembrados en la universidad, como la zona de construcción. En cada uno de las fuentes se contabilizó la cantidad, tipo, marca y el total de GEI, multiplicando el factor de emisión correspondiente por la suma de los valores obtenidos en cada actividad, de esta cantidad se sustrajo el valor correspondiente a las remociones de gas carbónico, estimado por el número de árboles vivos multiplicado por el factor de absorción del gas CO₂ (ISO 14064- 1: 2006 (2), Obteniéndose la huella de carbono.

Resultados

En la tabla 1, se describen la cantidad de GEI equivalente a la masa de CO₂, en cada una de las actividades (fuentes) académicas-administrativas en la Universidad del Atlántico, subclasificada por alcance (según norma ISO 14064-1: 2006 (2) a la par de las directrices de Greenhouse Protocol (13) y el IPCC (4).

Tabla 1. Huella de Carbono de la Universidad del Atlántico

ALCANCES	FUENTES	E-GEI Ton.CO ₂ -e
ALCANCE 1	Gases refrigerantes	6.367
	Gas natural facturado	18,56
	Uso de extintores	91,56
ALCANCE 2	Estufa a Gas y Marmita	16
	Electricidad Facturada	380
	Electricidad consumida en equipos	469
	Transporte urbano	33
ALCANCE 3	Transporte interurbano	2
	Viajes aéreos	71
	Residuos	457
	Suelo	677,66
Total huella de carbono	Remociones de GEI	75
		8.507,78

La suma de los alcances 1, 2 y 3 fue de 8.582,78 Toneladas de GEI, esta cantidad, se le resto al total de remociones, obteniéndose un resultado final de huella de carbono para la Universidad del Atlántico de **8.507,78** Toneladas de CO₂ equivalente.

Las emisiones directas de GEI en el alcance 1 se calculó a 6.493,12 toneladas de CO₂ equivalentes correspondiente al 76,31% de las emisiones, el alcance 2 de emisiones indirectas por energía eléctrica fueron 849 Toneladas de GEI, correspondiente al 9,97% de las emisiones y finalmente el alcance 3 con 1.240,66 toneladas de GEI correspondiente al 14,58% de las emisiones (Figuras 1 y 2).

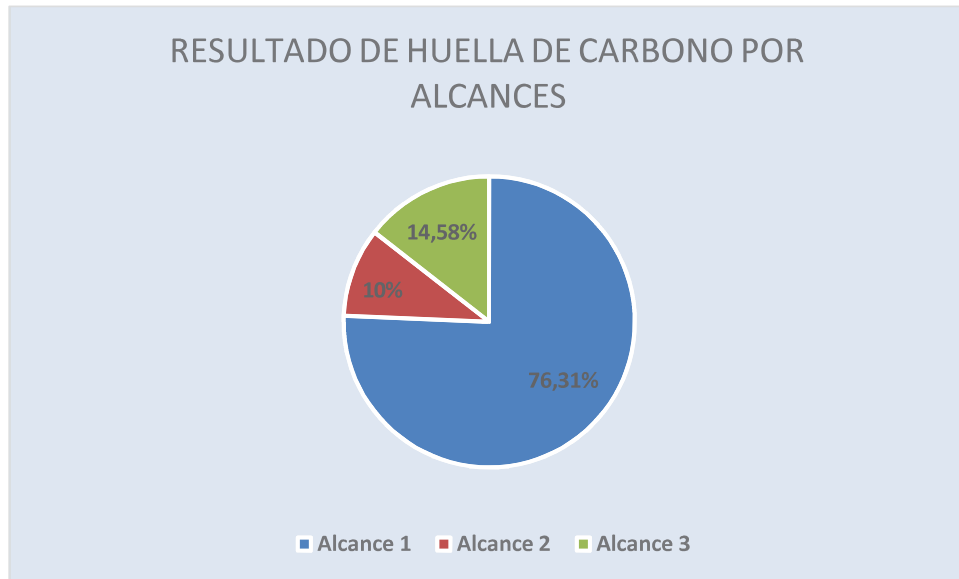


Figura. 1. Huella de carbono en porcentaje de emisiones de GEI por alcance

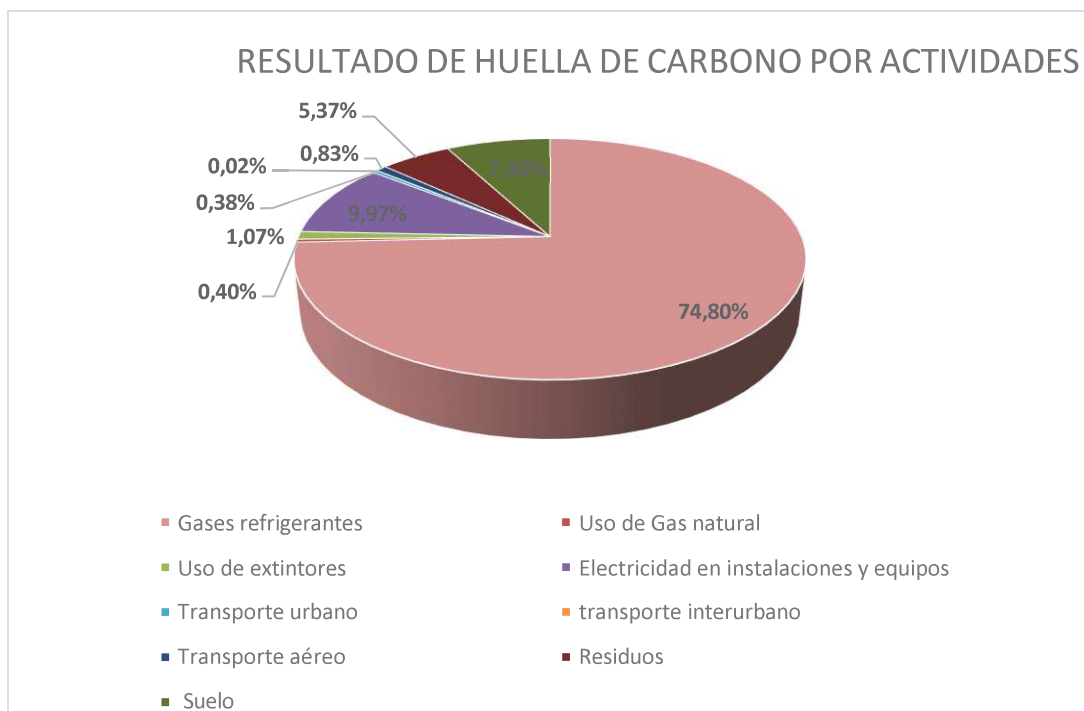


Figura 2. Huella de carbono en porcentajes de emisiones de GEI por Actividades.

Con los datos calculados de cada fuente de emisión de GEI se realizaron las figuras, que permitieron analizar los resultados sobre que fuentes tenían mayor impacto ambiental por su proliferación de gases efecto invernadero que provocan el calentamiento global y contaminación ambiental. El mayor porcentaje de eliminación de GEI fue en el alcance 1, siendo que los que mayor emisión de CO₂ son los equipos de aire acondicionado BTU 24000, 3600 y 6000, seguido de las neveras (Figura 3).

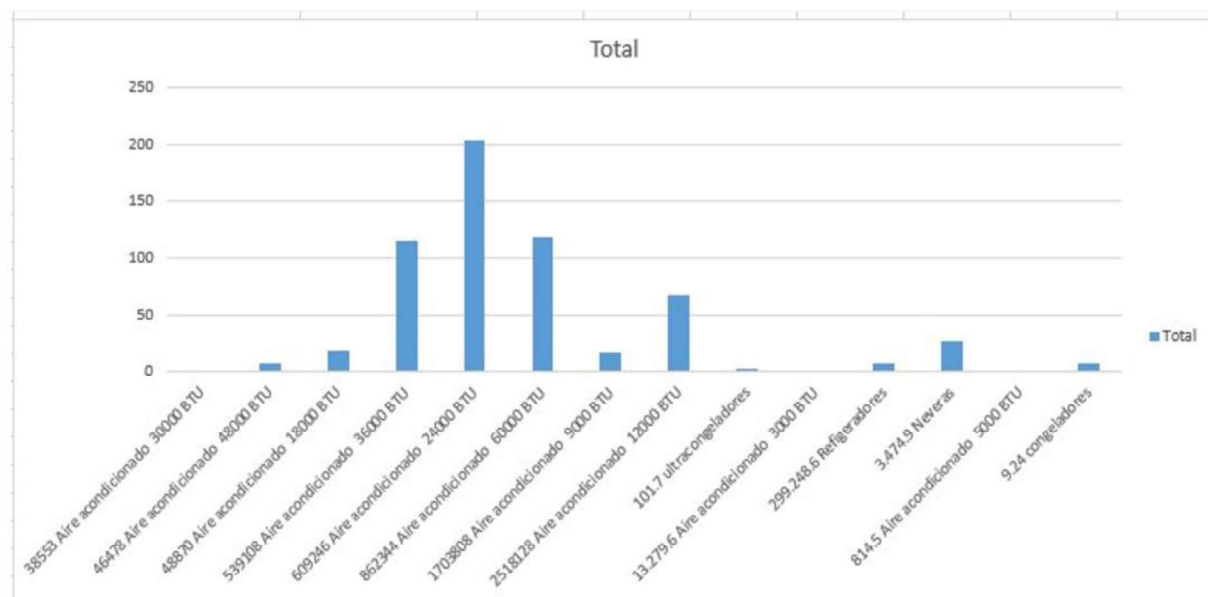


Figura 3. Emisión de gases refrigerantes en Toneladas de CO₂ equivalentes

La emisión de gas natural fue de 10,37 de CO₂ eq de Kg/m³, con mayor consumo en los meses de febrero, abril y mayo.

En cuanto al consumo de energía eléctrica en equipos, se observa que los equipos que generaron una mayor emisión de GEI fueron los computadores seguido del uso de los abanicos (figura 4).

Sobre el transporte interurbano se destaca que en los viajes de la Universidad del Atlántico las rutas de viajes que generaron un mayor índice de GEI, fueron las realizadas de Barranquilla a Bogotá y de Barranquilla a Ibagué, con promedio de 64,074 de Ton de CO₂ por Kilómetros de recorrido y consumo de combustible; coeficiente de variación de 76,202,7%.

De los viajes aéreos, se analiza que la ruta Barranquilla a Bogotá fue la de mayor frecuencia y la ruta con mayor distancia fue la de Barranquilla hasta Pekín y Francia, resultando un promedio de 933,68 Kg de CO₂, con coeficiente de variación de 132,619%, de todos los viajes aéreos.

El promedio anual de residuos fue de 114,23 de toneladas equivalentes en CO₂, en el consumo de papel fue un promedio de 17,588 Kg y un coeficiente de variación en huella de carbono de 109,38% de Kg/CO₂

De los árboles sembrados se encontró que existe una mayor proporción de árboles de mango y los robles, seguido de las palmeras y los olivos, siendo los árboles de mango, roble y palmeras los que más tasa de remoción de CO₂ representan.

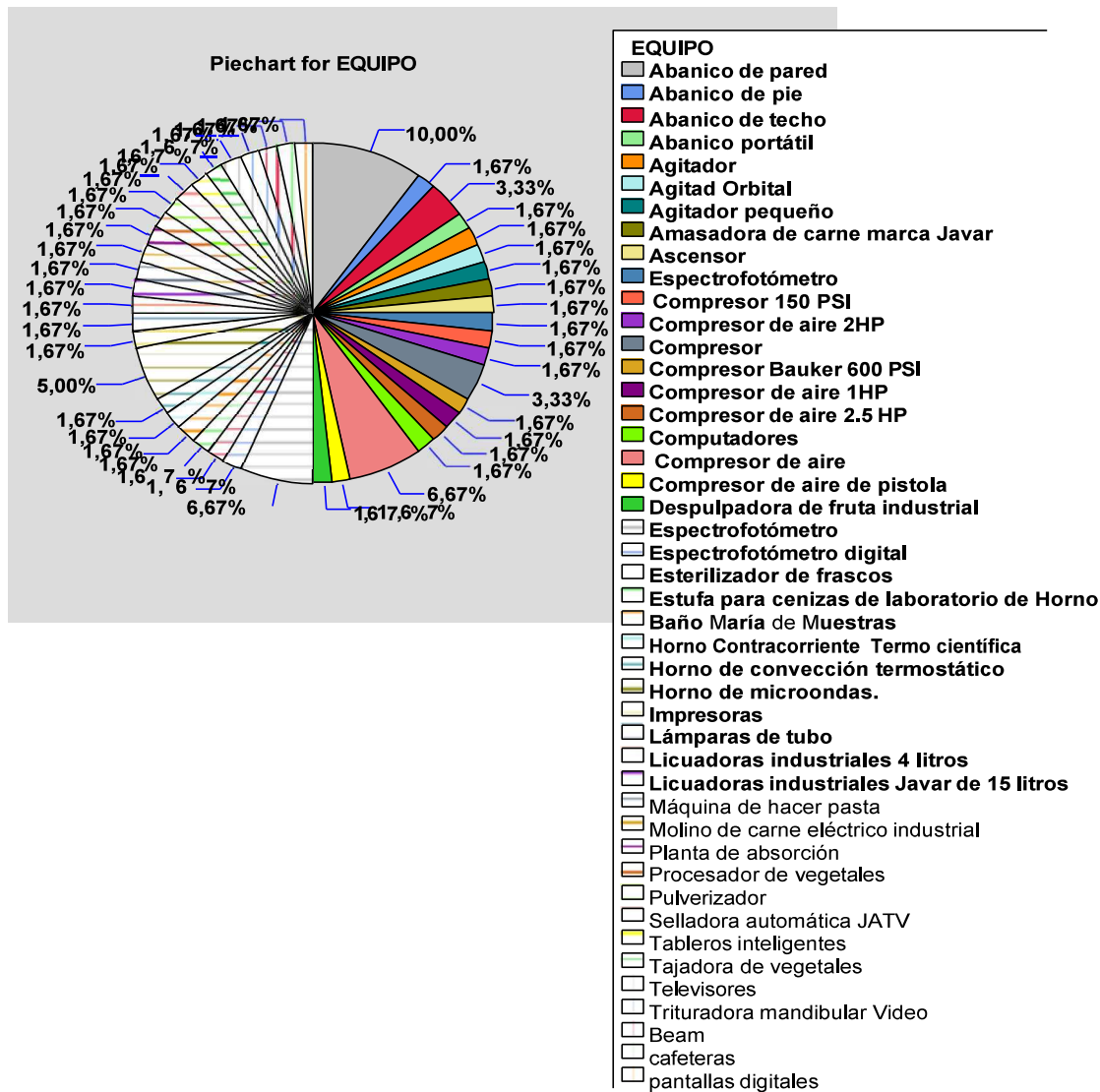


Figura 4. Porcentaje de la cantidad de los equipos eléctricos en la Universidad del Atlántico

Finalmente se realizó la evaluación del impacto ambiental generados por la emisión de GEI en la Universidad del Atlántico, que recaen sobre el cambio climático y especialmente sobre el calentamiento global, en la Tabla 2. de este trabajo se puede leer el impacto ambiental producido por cada actividad que se evaluó acorde a su aporte en toneladas de GEI al medio ambiente. El Ministerio de Medio Ambiente en Colombia tiene un listado de las categorías estandarizadas de los impactos ambientales (15), relacionadas con el agua, suelo aire, entre otras que ayudan a orientar a las instituciones cuando pretenden elaborar estudios de impacto ambiental. El listado del ministerio se rige bajo la normatividad establecida en el decreto 1076 de 2015 y demás leyes ambientales vigentes, además forma parte de la actualización de la Metodología

General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGPEA), el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales, el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos y los Términos de referencia (TdR) para proyectos, obras o actividades. Para la presente evaluación se tomó como referencia la guía de evaluación de impacto ambiental propuesta por Vicente Coneasa que nos da a conocer la forma como se debe evaluar un impacto ambiental, así mismo se tuvo en cuenta la evaluación de impacto ambiental para huella corporativa propuesta por Ihobe (16), en el cual se parte de una matriz con categoría de impactos ambientales con los soportes evaluativos de huella de Carbono, en este caso se utilizó como matriz el índice de resultados de fuentes de emisión de gases efecto invernadero, con un tipo de evaluación de impacto ambiental parcial, es decir que el impacto ambiental generado afecta al medio ambiente

de forma parcial y sus efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la aplicación de diversas acciones de cuidado y protección ambiental.

Tabla 2. Evaluación de Impacto ambiental de métrica de huella de carbono

Alcances	Actividad	Aporte E-GEI emitidos Ton.CO ² equiv.	%	Categoría de Impacto	Impacto ambiental	Calificación
Alcance 1	Consumo de Gases refrigerantes en el uso de equipos de refrigeración	6,367	74,8	Agotamiento de la capa de ozono	Contribución al debilitamiento de capa de ozono debido a la emisión de Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)	9 (Crítico)
	Uso de Gas natural	34,56	0,40	Agotamiento de la capa de ozono	El gas natural contiene metano (CH ₄) que contribuye al cambio climático y al empeoramiento de la calidad del aire.	3 (moderado)
Alcance 2	Uso de extintores	91,56	1,07	Agotamiento de la capa de ozono Toxicidad humana	Contienen compuestos de fluorocarbonos, como clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) además mezclas y sustancias químicas como PFOS, PFAS y PFOA. Estos elementos tienen efectos perjudiciales para los seres vivos y el medio ambiente.	5 (medio)
	Uso de electricidad en instalaciones y equipos	849	9,97	Agotamiento de la capa de ozono	El proceso de combustión del carbón emite contaminantes atmosféricos como CO ₂ , SO ₂ , NO _x , partículas, CO y COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)	7 (notable)
	Uso de Transporte urbano	33	0,38	Agotamiento de capa de ozono Partículas	Produce emisión de gases contaminantes (OZO, CO, NO _x ,	2 (moderado)
	Uso de Transporte interurbano	2	0,02	Agotamiento de capa de ozono	Partículas en suspensión y otros) y contaminación acústica.	
	Uso de transporte aéreo	71	0,83	Agotamiento de capa de ozono		
	Depósito de Residuos	457	5,37	Eutrofización Uso del agua Acidificación	Aporta a la Contaminación del suelo, del agua y la proliferación de fauna nociva transmisora de enfermedades.	
	Uso de Suelo	677,66	7,9	Uso de la tierra Uso de recursos	La ocupación de suelo genera impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, y contribuyen en mayor proporción en los procesos de cambio climático a nivel regional	
Calificación: 0-2;bajo; 2-4: Moderado; 4-6 Medio; 6-8 notable; mayor a 8 crítico.						
Medidas de corrección o mitigación			-Realizar un plan de gestión ambiental en la Universidad del Atlántico para reducir o mitigar las emisiones de GEI. -Aplicar diversas estrategias en el uso de transporte, energía, equipos de climatización, etc.			

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), las medidas de mitigación son el conjunto de políticas y tecnologías orientadas a limitar y reducir las emisiones de GEI y mejorar los sumideros de los mismos.

Las sugerencias para la Universidad del Atlántico ante los resultados del presente trabajo de investigación, en primera medida concientizar a los profesores, estudiantes, y administrativos un mayor uso del transporte público, pero que los vehículos transportadores utilicen gas natural comprimido, como también el uso de bicicletas, y la implementación de reglas de organización del tránsito y de mejoras técnicas en los vehículos, reducir el transporte de largas distancias. Una mejor gestión en los residuos, evitar la eliminación de gas metano que ocasiona los rellenos sanitarios y aumentar la siembra de árboles. Un uso más eficiente de la energía eléctrica, desconectar luces o equipos que no estén en uso, como de implementar el uso de energías renovables, como la marina, la eólica, la solar, hidroeléctrica, energía geotérmica y energía de la biomasa. Contar con proveedores que compartan valores de sostenibilidad ambiental. Por último, impartir enseñanzas sobre el cuidado ambiental y la elaboración de proyectos de desarrollo limpio, que generen acciones de reducción de huella de carbono y la autoconciencia por la ética y los valores hacia la disminución de los gases efecto invernadero, a través de promover lecturas, publicidad y cursos dirigidos sobre cambio climático, gestión ambiental, manejo de residuos, etc.

Discusión

Los estudios sobre huella de carbono en instituciones, presentan resultados muy variados debido a que la metodología para su medición presenta diferencias notables en los cálculos, elección de inventarios, la complejidad de representar las emisiones de gases no relacionados con el carbono (toneladas equivalente de CO₂), y la alta variabilidad de los valores nominales de los factores de emisión, que hacen a esta metodología, una medida restringida de indicador de representar las emisiones de todos o parte de los gases efecto invernadero según el alcance de medición. Adicional a lo anterior, existe una gran divergencia metodológica que inhiben procesos de implementación debido a la variedad de los procedimientos y métodos para cuantificar las emisiones, y la limitada capacidad de gestión de la información en las instalaciones de cada institución (10, 16). Sin embargo, los estudios coinciden en su mayor parte en que hacen alusión a la necesidad de buscar o tomar medidas de

reducción o mitigación de los gases efecto invernadero para contribuir a la disminución del calentamiento.

Para ese año elegido de estudio, año 2018, en Colombia se produjo una huella de carbono de 81,632 de megatoneladas de CO₂ equivalentes (Datos macro. 2023), comprendiéndose que tan solo una megatonelada equivale a 1 millón de toneladas es decir 1×10^6 según el sistema internacional de medidas y en América latina y el Caribe se tuvo una huella de carbono de 1.633.570 de megatoneladas de emisiones de CO₂; a nivel mundial se produjo un promedio de 36,77 de miles de millones de toneladas métricas de CO₂ (Statista, 2024). Sería muy interesante entonces calcular en cuanto estaría la emisión de CO₂ de la Universidad del Atlántico con respecto a la emisión mundial, pero esto si ya sería para un estudio más complejo, de lo que si se tiene conocimiento es que Colombia representa el 0,6% de emisiones de CO₂ a nivel mundial (8).

Con el pasar de los años las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) han seguido aumentando. A comienzos de este siglo, estaban en 23.500 millones de toneladas métricas aproximadamente, pero en 2019 alcanzaron los 37.000 millones. Ahora bien, en 2020 hubo una reducción de unos 2.000 millones de toneladas métricas por la pandemia de COVID-19 (18). En otro suceso en que las emisiones bajaron fue en 2009, debido a la recesión económica mundial, pero el aumento tomó nuevamente rigor en el año 2021 y así ha continuado subiendo hasta nuestros días (3, 19). Lo cierto es que muy a pesar de tantas campañas y congresos sobre protección ambiental y reducción de emisiones de CO₂, aun la población a nivel mundial no ha tomado muy en serio el grave problema que está atravesando nuestro planeta en materia de calentamiento global y cambio climático, que generan el desgaste de la capa de ozono, las altas subidas de temperaturas terrestres y oceánica, los deshielos en el ártico, poniéndose así en riesgo a la fauna y vegetación de los ecosistemas. Por lo tanto, cabe una pregunta que hacernos ¿Qué medidas en realidad se están tomando desde lo local hasta a nivel mundial, desde los primeros planteamientos mundiales, el acuerdo de París (20) y otros eventos, para frenar el cambio climático?, la verdad es que aún le queda a la humanidad tomar más concientización por el medio ambiente y la salud. Se necesita adquirir con precisión la aplicación de las energías renovables, consolidar una política gubernamental más inversionista en la acción climática, que sean útiles para llevar a cabo estrategias y acciones climáticas por el carbono neutral (21).

La determinación de la huella de Carbono es importante para identificar y analizar las fuentes de emisiones de gases efecto invernadero que más producen CO₂ en una institución ya que le permite generar acciones en múltiples ámbitos para reducir o compensar las emisiones de GEI, el resultado obtenido en huella de carbono de la Universidad del Atlántico fue de 8.507,78 Toneladas de CO₂ equivalente, que causa un impacto ambiental en el cambio climático y calentamiento global, en el sentido de aportar contaminación por la emisión de gases efecto invernadero y potenciar el calentamiento global, esto nos llama a reflexionar, que tanto se tiene que mejorar en la institución con respecto a las gestiones, estrategias, planes y proyectos ambientales en torno a la reducción de gases efecto invernadero.

En el presente estudio se obtuvo una emisión de 8.507,78 Toneladas de CO₂ equivalente en el año 2018. En el alcance 1 de emisiones directas fueron 6.493,12 toneladas de GEI correspondiente al 76,31% de las emisiones, el alcance 2 de emisiones indirectas por energía eléctrica con 849 Toneladas de GEI, correspondiente al 10% de las emisiones y finalmente el alcance 3 con 1.240,66 toneladas de GEI correspondiente al 14,58% de las emisiones, observándose una alta variabilidad de los consumos de electricidad y uso de equipos de refrigeración, posiblemente a que en esta institución aún no se ha pasado a la instalación de energías renovables, como también se encontró un alto índice de viajes fuera de la ciudad, probablemente a la participación de profesores y estudiantes y de grupos de investigación apoyados económicamente, así como de administrativos en eventos académicos, deportivos o de gestión administrativa. Pero esta medición bajo considerablemente cuando se presentó en años siguientes el COVID-19, ya que obligó a la institución a desarrollar muchas actividades de forma virtual y los consumos energéticos bajaron su densidad en relación a la producción de toneladas equivalentes de CO₂, pero después pasada esta etapa de enfermedad, se volvió a las actividades presenciales en la institución y se continuó con el gasto tradicional de energía y consumo de combustibles fósiles.

La evaluación de impacto ambiental obtenida, nos da a conocer que existe un mayor porcentaje de impacto en las actividades relacionadas con el uso de equipos refrigerantes ya que se generan gases fluorados que contribuyen al agotamiento de la capa de ozono por contener hidrofluorocarbonos (HCFC). La emisión de GEI por el uso de transporte terrestre y aéreo también tiene proporciones altas de emisiones ya que el sistema de

transporte actual está condicionado con el uso de combustibles fósiles y la población de la universidad es bastante alto. El uso del suelo que también ocupa un lugar amplio de emisión por las diversas construcciones de la institución, calculadas a un factor por la duración de las edificaciones a 50 años, nos indica que, entre más necesidad de cobertura educativa, uso de salones y oficinas administrativas haya, habrá una mayor contaminación del ambiente.

Cuando se toma la tarea de medir huella de carbono de una institución la pregunta que circula en nuestra mente es si la huella obtenida es más alta o más baja que las demás instituciones, vale la pena aclarar que la huella obtenida de la universidad del Atlántico fue de 8.507,78 Ton equivalente de CO₂, menor al reportado por Rodríguez y Martínez (2018), en la Universidad Libre de Bogotá para el año 2016, reportando un valor de 46.700,277 Ton CO₂ eq, totales siendo 1,3% en los alcances 1 y 2, en cambio en el alcance 3 fue en un 98,7%. De forma semejante se observa con los valores reportado por Larios et al (9), en el año 2020, en la Universidad de la Costa, de la misma ciudad de Barranquilla, reportando un valor de 72.039,061 TonCO₂eq, las cuales corresponden a 43,70 (0,060%) Ton CO₂ eq para las emisiones directas de alcance I, 40,19 (0,06%) Ton CO₂ eq para las emisiones indirectas por energía de alcance II y para otras emisiones indirectas de alcance III corresponde un valor de 71.955,16 (98,8%) TonCO₂eq. Diferentemente, a lo obtenido en la Universidad del Atlántico en el 2018, donde la de mayor emisión fue en el alcance 1. Esta diferencia puede deberse la elección de otros factores seleccionados y a selección de inventarios de fuentes de emisión (22).

La emisión de GEI, en la Universidad del Atlántico, al compararse con otros estudios, realizados en otras Universidades Colombianas, muestra que descritos por Guillén-Chávez, S. (8), en una revisión sistemática sobre la determinación de huellas de carbono en universidades latinoamericanas, describe que la Universidad de Pasto en el 2014 emitió 1084,61 Ton.CO₂ –eq; en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U. D. C. A de Bogotá se reporta una emisión de 511,58 Ton.CO₂ –eq, en la Universidad La Salle sede Candelaria reporta en su estudio en el año 2018 emisión de 3976,07 Ton.CO₂ –eq, y en la Universidad de Bucaramanga reporta una emisión en el año 2018 de 409,19 Ton.CO₂ eq, valores muy menores a lo presentado en este estudio en la universidad del Atlántico, esto puede estar relacionado con diferencia en extensión de las universidades,

infraestructura y/o población y hay que resaltar que el estudio de la Universidad del Atlántico se tuvieron en cuenta las 4 sedes, Sin embargo, todas concuerda que el mayor porcentaje de emisión lo presentó el alcance 3, con excepción del estudio realizado en la Universidad de Bucaramanga, el mayor porcentaje lo presentó el alcance 2, diferente a lo observado en los valores de la Universidad del Atlántico, donde el mayor porcentaje de emisión estuvo en el alcance 1.

Por otro lado, en Colombia de manera voluntaria algunas empresas están midiendo su huella de carbono y se han vinculado al programa Nacional de Carbono neutralidad y al Programa SINA Carbono Neutralidad 2050, el cual aún no se conoce si será alcanzable o no las metas trazadas, lo que si es cierto es que todavía no se ha hecho obligatoria la medición y reporte de huella de carbono para todas las empresas. La medición de la huella de carbono obtenida en este trabajo viene siendo una iniciativa voluntaria o preámbulo para una evaluación futura de impacto ambiental que ayudará a que se continúen realizando este tipo de trabajos y se cristalicen en proyectos de carbono neutral.

Existen una serie de eventos realizados a nivel mundial en pro de resolver el problema de cambio climático o del calentamiento global, con cifras promisoras para el futuro, que son muy difíciles de alcanzar por la humanidad, ya que la tendencia central de las comunidades en el mundo se enfatiza hacia el consumo masivo de bienes y servicios y la producción de productos con contenido químico contaminante y que además cada día generan actividades con un alto consumo energético. Sin embargo, según conferencia de la Dra. Andrea Baracaldo, zootecnista, realizada en el 59 Congreso nacional y décimo internacional de Ciencias Biológicas, anunció que en la producción del ganado se ha pensado mucho sobre la mitigación de los gases de efecto invernadero mediante la implementación de tecnologías 4.0, como dro-

nes, software especializado, estaciones meteorológicas y sensores, que propicia la producción sana de forraje y el manejo animal, al facilitar un monitoreo preciso y en tiempo real (23).

El cálculo de huella de carbono de la Universidad del Atlántico en el presente estudio abre una oportunidad para que se reflexione en torno a la problemática ambiental que se vive a diario y al desarrollo de actividades cotidianas y de trabajo que afecta el medio ambiente. El estudio realizado permitió descubrir que los gases efecto invernadero causan impactos ambientales perjudiciales y que se les tiene que prestar atención para mitigarlos o reducirlos, si queremos un ahorro energético y económico, un carbono neutral, apuntar hacia un desarrollo laboral y educativo sin contaminación y ser buen ejemplo para otras instituciones. Por tanto, se requiere aplicar proyectos sobre la eficiencia energética, cambios de hábitos, reducción en consumo de combustibles e insumos, mejoras en la logística, gestión de los residuos, entre otras se ayudaría a reducir su huella de carbono y en contribuir a un desarrollo sostenible.

Agradecimientos

Los autores dan los agradecimientos a todas las personas que de una o de otra forma aportaron su apoyo para poder dar este trabajo, a las diferentes empresas de energía eléctrica como de agua en la entrega de los registros de las cuatro sedes de la Universidad sedes de la universidad; las oficinas de Servicios generales, y de planeación de la Universidad del Atlántico por informaciones de datos relevantes para el cálculo de la emisión. A los estudiantes, profesores y administrativos que participaron en la encuesta para calcular el uso de buses o transporte urbano. A los integrantes de los sindicatos SINTRAUNICOL, SINTRAPROVUA, and SINTRA-DEUA por su invaluable colaboración en la realización de este estudio.

Referencias

1. Roca Villanueva, B., Beltrán Salvador, M., & Gómez Huel, R. (2019). Cambio climático y salud. *Revista Clínica Española*, 219(5), 260–265. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2019.01.004>
2. International Organization for Standardization. (2006). *ISO 14064-1:2006(es). Gases de efecto invernadero—Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed1:v1:es>
3. Naciones Unidas. (2016). *Convención Marco sobre el Cambio Climático: Reglamento de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es/documents>
4. Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia. (2021). *Colombia se compromete a reducir el 20 % de sus emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030*. <https://www.cancilleria.gov.co/newsroom/news/colombia->
5. Restrepo-Betancur, L. F., Peña-Serna, C., & Martínez-González, M. F. (2019). Climate change in the city of Medellín – Colombia, throughout fifty years (1960–2010). *DYNA*, 86(209), 312–318. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.69531>
6. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. <https://www.miteco.gob.es/es.html>
7. Beltrán-Llervador, J., Íñigo-Bajo, E., & Mata-Segreda, A. (2014). La responsabilidad social universitaria, el reto de su construcción permanente. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 5(14), 3–18.
8. Guillén-Chávez, S. (2023). Universidades líderes en sostenibilidad: Un análisis de las iniciativas de huella de carbono en Latinoamérica. *South Sustainability*, 4(2).
9. Larios Rico, M., Ariza Orozco, V., & Zuleta Mejía, M. (2022). *Huella de carbono institucional como indicador de sostenibilidad en la Universidad de la Costa – CUC* [Trabajo de grado de pregrado, Universidad de la Costa]. Repositorio Institucional CUC. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/9132>
10. Rodríguez Bernate, M., & Martínez Cortés, C. (2018). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la Universidad Libre – Sede principal*. Repositorio Institucional Universidad Libre. <https://repository.unilivre.edu.co/handle/10901/15876>
11. Álvarez, L., & Taboada, R. (2021). Efectos del cambio climático en la salud pública: Una revisión sistemática 2015–2020. *Revista Española de Salud Pública*, 95, e202103042. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272021000100190
12. Oyarzún, M., Lanas, F., Wolff, M., & Quezada, A. (2021). Impacto del cambio climático en la salud. *Revista Médica de Chile*, 149(5), 738–746. <https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v149n5/0717-6163-rmc-149-05-0738.pdf>
13. Greenhouse Gas Protocol. (2005). *Protocolo de gases de efecto invernadero*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf
14. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). Glosario. En T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, et al. (Eds.), *Cambio climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC*. Cambridge University Press.
15. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Listado de impactos ambientales específicos*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Listado-de-Impactos-Ambientales-Especificos-2021-V.4.pdf>
16. Ihobe. (2024). *Guía metodológica para la integración de métricas de evaluación de impacto ambiental de organización*. <https://www.ihobe.eus/publicaciones/guia-metodologica-para-integracion-metricas-evaluacion-impacto-ambiental-organizacion>
17. Statista. (2023). *Emisiones mundiales de CO₂ de 1995–2023*. <https://es.statista.com/estadisticas/635894/emisiones-mundiales>
18. Environmental Protection Agency. (2023). *Indicadores de cambio climático: Gases de efecto invernadero*. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-atmospheric-concentrations-greenhouse-gases>

19. World Economic Forum. (2022). *Reuniones sobre el impacto del desarrollo sostenible*. <https://es.weforum.org/events/sustainable-development-impact-meetings-2022/>
20. Gonzalo, J. (2018). *Acuerdo de París sobre cambio climático e instrumentos conexos*. Editorial Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/ga9789587840896>
21. Guerra Sánchez, M., Assaf Montaña, J. C., & Ascanio Mantilla, N. J. (2021). Implementación de energías renovables como garantía al derecho fundamental a un ambiente sano en Colombia. *Revista CES Derecho*, 12(2), 87–106. <https://doi.org/10.21615/cesder.6163>
22. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Inventario de gases de efecto invernadero (GEI)*. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/inventario-de-gases>
23. Baracaldo, A. (2024). Tecnología 4.0 y la ganadería hacia una producción sostenible [Resumen]. *Memorias del Congreso Nacional de Ciencias Biológicas*, (10), 16. ISSN 2665-265X.