

# Universidades líderes en sostenibilidad: un análisis de las iniciativas de huella de carbono en Latinoamérica

## Leading universities in sustainability: an analysis of carbon footprint initiatives in Latin America

Sebastian Guillén-Chávez<sup>1\*</sup> 

1 Universidad Científica del Sur, Carrera de Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.



**Citar como:** Guillén-Chávez, S. (2023). «Universidades líderes en sostenibilidad: un análisis de las iniciativas de huella de carbono en Latinoamérica». *South Sustainability*, 4(2) e081.  
DOI: 10.21142/SS-0402-2023-e081

Artículo recibido: 21/2/2023  
Arbitrado por pares  
Artículo aceptado: 26/6/2023



© El autor, 2023. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

\*E-mail de correspondencia:  
sebasgch5@gmail.com

### RESUMEN

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico se cuantifican mediante la huella de carbono (HC). Por ello, como líderes mundiales en innovación técnica, las universidades deberían liderar la transición hacia la carbononeutralidad. Sin embargo, pocas universidades latinoamericanas reúnen, publican y establecen metas de HC. Por lo tanto, este estudio evaluará las acciones propuestas en las universidades latinoamericanas, utilizando información de Scopus, ScienceDirect, Redalyc, PubMed y Google Scholar, para evaluar las técnicas de medición (M), mitigación (MT) y compensación (C) de emisiones de GEI, siguiendo la norma ISO 14064:2018. Se determinó que 55 universidades emitieron 526 998,89 Tn CO<sub>2</sub>eq en el periodo 2016-2022. El consumo indirecto de combustibles (39,38 %) es la principal fuente de emisiones, mientras que el transporte sostenible (26,1 %), la tecnología renovable (21,7 %), la gestión de residuos (16,7 %), las buenas prácticas de gestión y ecoeficiencia (19,6 %) y la gestión de residuos (17,4 %) mitigan las emisiones. Las operaciones de compensación de GEI incluyen la reforestación, la compra de créditos de carbono y las terrazas verdes de los campus, con proyectos de captura de carbono en América Latina por un total de 182 383,67 Tn CO<sub>2</sub>eq/año.

**Palabras clave:** huella de carbono, sostenibilidad, universidad, gestión de emisiones

### ABSTRACT

Anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions are quantified through the carbon footprint (CF). Therefore, as world leaders in technical innovation, universities should lead the transition to carbon neutrality. However, few Latin American universities collect, publish, and establish carbon footprint targets. Therefore, this study will evaluate the proposed actions in Latin American universities, using information from Scopus, ScienceDirect, Redalyc, PubMed and Google Scholar to evaluate the techniques of measurement (M), mitigation (MT) and compensation (C) of GHG emissions, following ISO 14064:2018. Determining that 55 universities emitted 526 998.89 Tn CO<sub>2</sub>eq in the period 2016-2022. Indirect fuel consumption (39.38%) is the main source of emissions, while sustainable transport (26.1%), renewable technology (21.7%), waste management (16.7%), good management and eco-efficiency practices (19.6%), and waste management (17.4%) mitigate emissions. GHG offset operations include reforestation, the purchase of carbon credits and campus green terraces, with carbon capture projects in Latin America totaling 182 383,67 Tn CO<sub>2</sub>eq/year.

**Keywords:** carbon footprint, sustainability, university, emissions management



## Introducción

La medición de la huella de carbono (HC) nos permite describir, medir y reducir nuestra contribución al cambio climático. Al determinar nuestras emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero (GEI), podemos tomar medidas para minimizarlas y reducir los impactos al ambiente (Vásquez *et al.*, 2015). Asimismo, es posible comparar la contribución con la de otras organizaciones y personas, ya que nos ayuda a establecer metas y objetivos para llegar a la carbononeutralidad (Común y Saavedra, 2017). La carbononeutralidad se obtiene minimizando las emisiones de los sectores de mayor impacto ambiental (energía, transporte y uso de recursos, etc.), a fin de obtener un equilibrio entre emisiones generadas y capturadas (Huang *et al.*, 2022). Por lo tanto, para lograr la carbononeutralidad en las universidades se deben considerar procesos de compromiso, medición y verificación en cada unidad productiva (empresa o producto), dado que se trata de un proceso cíclico basado en la retroalimentación constante tras la implementación de medidas de mitigación y compensación. La medición de HC es una de las etapas iniciales, tal como se observa en la figura 1. En el cálculo de la HC se establecen marcos regulatorios populares y las pautas internacionales para la determinación de los GEI organizacionales, tales como el Estándar Corporativo del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la ISO 14064:2018-1 (Kiehle *et al.*, 2022). En el marco del World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), se desarrolló el Protocolo de GEI (GHG Protocol en inglés). Esta estrategia desarrolla la notificación y contabilidad de las emisiones de GEI por parte de las organizaciones. De igual modo, proporciona un marco completo y detallado para identificar, medir y notificar las emisiones en varias categorías, incluidas las emisiones directas de Alcance 1 (procedentes de fuentes que la organización controla

directamente) y las emisiones indirectas de Alcance 2 y 3 (procedentes de la generación de electricidad adquirida y otras fuentes externas, respectivamente). El GHG Protocol se ha convertido en una referencia ampliamente reconocida para la medición y notificación de las emisiones de GEI a nivel corporativo debido a su uso del Análisis Input-Output Ambientalmente Extendido (EIOA), una variante específica del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). El EIOA es un método que integra datos económicos y ambientales para evaluar el impacto ambiental total de una economía, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero (Diniz *et al.*, 2021).



Figura 1. Procesos para llegar a la carbononeutralidad en universidades.



Figura 2. Evolución de las metodologías de medición de HC.

Por otro lado, la norma ISO 14064:2018-1 es la nueva versión de la ISO 14064:2006, que se centra específicamente en la cuantificación, el monitoreo y el reporte de las emisiones de GEI. Esta norma establece un marco para la implementación de un sistema de gestión de inventario de emisiones de GEI. Proporciona orientación detallada sobre los principios y requisitos para llevar a cabo inventarios de emisiones, incluyendo la identificación y el cálculo de las fuentes de emisiones, la selección de los factores de emisión apropiados y la compilación de los datos en un informe. En la figura 2 se observan los principales cambios en las metodologías de cálculo de HC; así, la ISO 14064:2018 describe 6 categorías de medición, entre las emisiones directas (combustibles) e indirectas (electricidad, transporte, uso de productos y análisis de ciclo de vida de productos). La ISO 14064:2018 posee un nuevo enfoque de medición, referido a la categoría 5, que amplía el estudio de cuna a tumba para los bienes utilizados por la organización, por lo que se sigue un enfoque de análisis de ACV de proveedores por insumo o proceso realizado, debido a que estas emisiones resultan de las actividades de terceros asociadas con los insumos utilizados por la organización (Cano *et al.*, 2022).

La implementación de la HC junto al rol de enseñanza e investigación de las universidades permite lograr una sensibilización sobre el cambio climático en la comunidad universitaria (Ozawa *et al.*, 2013; Townsend y Barrett, 2015), con el objetivo de liderar en el desarrollo de prácticas y tecnologías sostenibles (Álvarez *et al.*, 2014). Las instituciones deben identificar las fuentes primarias de emisiones y tomar medidas para minimizarlas (Aponte y Heyde, 2017). Sin embargo, actualmente existen dificultades en la disponibilidad de información y las estrategias para la recopilación de datos (Kiehle *et al.*, 2022), tal como la falta de homogeneización y validación de normas para medir la HC, debido a que cada universidad recopila y analiza los datos de forma diferente, lo que dificulta las comparaciones y la obtención de resultados coherentes. En la investigación se seguirá el modelo de identificación de las estrategias de medición (M), mitigación (MT) y compensación (C) de la HC que tienen las universidades, con el propósito de determinar, analizar y reducir las emisiones de GEI para evitar el cambio climático (Hostos y Ortiz, 2017). La medición consiste en determinar la cantidad de emisiones generadas por una organización o actividad (Aburto y Guisella, 2019). La mitigación se aplica mediante prácticas más sostenibles y eficientes para disminuir las emisiones (Kuehr, 2007; Dolf y Teehan, 2015). Mientras tanto, la compensación busca promover la captura de carbono de las emisiones residuales mediante la promoción de proyectos que generan reducciones de emisiones en otras áreas (Escobedo *et al.*, 2014).

Algunas de las acciones que las universidades pueden tomar para medir, mitigar y compensar su HC incluyen el uso de energías renovables (Folorunso *et al.*, 2020), la

eficiencia energética (Abolarin *et al.*, 2013; Gomez *et al.*, 2016), la gestión sostenible de residuos (Aroonsrimorakot *et al.*, 2013; Fajardo y Guzman, 2017), la promoción del transporte sostenible (Utaraskul, 2015) y la sensibilización sobre el cambio climático entre la comunidad universitaria. Estas acciones no solo reducen su HC personal, sino que también contribuyen a la construcción de un mundo más sostenible y son una forma de contribuir a la lucha contra el cambio climático (Kihara y Inoue, 2002). El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto de las iniciativas para la determinación y reducción de HC en universidades de Latinoamérica. Se analizarán diferentes programas y proyectos implementados en instituciones educativas de la región, con el fin de determinar su contribución a la reducción de emisiones de GEI, así como sus factores de emisión y fuentes representativas. La revisión de la literatura permitirá identificar las prácticas más eficientes y las barreras a la implementación de políticas sostenibles en universidades de Latinoamérica.

## Metodología

En este trabajo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica publicada sobre las iniciativas de M, MT y C de su HC por parte de las universidades a nivel de Latinoamérica. En su elaboración, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA 2020 (figura 3) para la correcta realización de revisiones sistemáticas (Page *et al.*, 2021). Se utilizaron las palabras clave «huella de carbono en las universidades», «emisiones universitarias», «medición de huella de carbono» y «gestión de carbono en universidades», en español y en inglés, de los últimos 7 años (2016-2022). La información fue buscada en bases de datos como ScienceDirect, Scopus, Redalyc, PubMed y Google Académico (figura 1). Se eligieron aquellos artículos con los siguientes criterios: 1) la estructura del título, considerando las palabras clave y el objetivo de la investigación; 2) el resumen, el cual debe presentar información relevante en la M, MT, C de su HC; 3) el país, considerando solo son artículos de Latinoamérica. En los artículos seleccionados se identificaron la cantidad de GEI (CO<sub>2</sub>), la metodología de cálculo de emisión (ISO 14064/GHG Protocol), las estrategias de MT y C, el alcance de medición de los componentes Parcial (P, de 1 a 3), Semicompleto (SC, de 4 a 5) y Completo (C,  $\geq 6$ ), la fuente principal de emisión y su porcentaje de contribución (%) a la HC y los factores de emisión por componente.

## Resultados

En la figura 3 se observa el modelo de la revisión sistemática PRISMA, donde se identificaron 1300 investigaciones totales sobre la temática de HC, pero solo se utilizaron 55 investigaciones, considerando aquellas que desarrollen un proceso de evaluación del impacto y efectividad de las iniciativas de HC en universidades de Latinoamérica. Asimismo, se identificaron investigaciones en 13 países de Latinoamérica, tal como se observa en la figura 4.





Figura 3. Modelo PRISMA para la recopilación de artículos en revisiones sistemáticas.

La tabla 1 contiene un resumen de los artículos que establecen los estándares de medición, principal fuente de medición y alcance de la HC por universidad. Se identificaron 16 estudios de tipo parcial (P) de HC: Bolivia (6,25 %), Brasil (6,25 %), Colombia (6,25 %), Ecuador (37,5 %), Perú (31,25 %) y Guatemala (12,5 %). Es decir, son investigaciones que describen que su HC es equivalente a 3 categorías de medición, entre las cuales se destaca la medición parcial para el consumo de electricidad y combustibles de manera directa e indirecta. Para los estudios semicompletos (SC) se obtuvieron 23 estudios: Colombia (39,1 %), Ecuador (21,7 %), Perú (21,7 %), México (4,3 %), Nicaragua (4,3 %), El Salvador (4,3 %) y Argentina (4,3 %), en donde se abordan en la medición de 4 a 5 componentes de medición, aunque falta la diferenciación



Figura 4. Número de artículos por país (n = 55).

entre el consumo directo e indirecto de combustibles; asimismo, se consideran aquellos estudios en donde su HC es menor a 1Tn CO<sub>2</sub>eq. Por otro lado, para investigaciones completas de HC se consideran las 6 categorías de ISO 14064:2018, con un total de 17 artículos: 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%).

Tabla 1. Enfoques de gestión de HC en universidades de Latinoamérica

Enfoque de gestión	Análisis bibliométrico			Tipo de medición		Principal fuente de emisión		Alcance de medición
	Título	Cita	País	Huella de carbono (Ton CO <sub>2</sub> equivalente/año)	Método de medición de HC	Descripción	%	
M	Aproximación al cálculo de la huella ecológica de la Universidad de Nariño sede Torobajo para el primer semestre de 2014	(Burgos y Figueroa, 2016)	Colombia	1084,61	Manual propio de la universidad	Transporte	69,3	SC
M/MT	Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Costa Rica para el periodo 2012-2014. Rumbo a la carbono neutralidad	(Chavarría et al., 2016)	Costa Rica	9802	Manual propio, Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica	Transporte	29	C

M	Cálculo de la huella de carbono de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	(Fajardo y Guzman, 2016)	Colombia	595,29	ISO 14064	Generación de residuos	76	SC
M/MT/C	Diseño de un plan de gestión para la implementación de la carbono neutralidad en la Universidad Centroamericana	(Medrano y Méndez, 2016)	Nicaragua	4783,18	Manual propio de la universidad	Transporte	69,8	SC
M	Análisis de la sostenibilidad ambiental en los alumnos de pregrado de la Universidad Católica San Pablo mediante el cálculo de la huella ecológica	(Rivas, 2016)	Perú	27184,54	Manual propio de la universidad	Transporte	67,8	SC
M	Cálculo de la huella ecológica de la Universidad Internacional SEK del Ecuador	(Yepéz, 2016)	Ecuador	858,22	Manual propio de la universidad	Transporte	81,5	SC
M	Huella ecológica del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja	(Álvarez <i>et al.</i> , 2016)	Ecuador	330,97	Manual propio de la universidad	Transporte	71	C
M/MT	Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los Campus Norte y Sur de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U. D. C. A en el año 2014	(Aponte, 2017)	Colombia	511,58	ISO 14064 - GHG Protocol	Aguas residuales	40,6	C
M/MT/C	Estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizados para desplazarse hacia la UNALM	(Comun y Saavedra, 2017)	Perú	1490,12	Manual propio	Transporte	93,2	P
M/MT	Estimación de las emisiones de CO <sub>2</sub> de los estudiantes de la UCB (Campus Tupuraya), por el uso de transporte y propuestas de mitigación	(Fernández y Lazo, 2017)	Bolivia	601,06	Manual propio	No aplica	-	P
M/MT	Cálculo de la huella de carbono para la Facultad de Artes ASAB de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas	(Hostos y Ortiz, 2017)	Colombia	24,67	ISO 14064 - Agencia Internacional de Energía	Consumo de electricidad	79,3	P
M/MT	Gerencia del conocimiento: respuesta reductora de la huella de carbono de la Universidad de Guayaquil	(Landivar y Sanchez, 2017)	Ecuador	37,26	Manual propio de la universidad	No aplica	-	P
M/MT/C	Cálculo de la huella ecológica generada por la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira	(Piedrahita, 2017)	Colombia	311,97	Manual propio de la universidad	Transporte	56,1	SC
M	Carbon footprint of transportation habits in a Brazilian university	(Barros <i>et al.</i> , 2018)	Brazil	14	ISO 14040	No aplica	-	P
M/MT	Inventario de gases con efecto invernadero de la Universidad Técnica Nacional sede Atenas, Costa Rica y su relación con el número de estudiantes	(Cordero, 2018)	Costa Rica	1164	Manual propio, Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica	Residuos pecuarios	57	C
M	Determinación de la huella de carbono y huella hídrica en el Instituto Tecnológico Superior Sucre, Quito, Ecuador: Propuesta de un sistema de mitigación	(Erazo, 2018)	Ecuador	15 935,2	ISO 14064	Consumo de electricidad	95,3	P
M/MT/C	Cálculo de la huella ecológica. Campus de la Universidad Central de Venezuela	(Guerra y Rincón, 2018)	Venezuela	208,62	Manual propio de la universidad	Generación de residuos	42,8	C



M/C	Determinación de la huella ecológica en la comunidad universitaria «Santiago Antúñez de Mayolo», campus universitario de Shancayán - período anual 2014	(Huerta y Popayán, 2018)	Perú	1441,6	GHG Protocol	Transporte	31,7	C
M/MT/C	Medidas de reducción y mitigación de la huella de carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador matriz Quito	(Melo, 2018)	Ecuador	7343,97	ISO 14064 - GHG Protocol	Consumo de papel	75,1	P
M	Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064-1:2006, en el Centro de Producción «Productos Unión»	(Morales, 2018)	Perú	1234,12	GHG Protocol	Consumo de combustibles	92,2	P
M/MT/C	Huella de carbono del traslado de estudiantes, profesores y trabajadores de la Universidad Ricardo Palma (URP)	(Aburto y Guisella, 2019)	Perú	332,42	GHG Protocol	No aplica	-	P
M/MT	The role of higher education institutions regarding climate change: the case of Escuela Superior Politécnica del Litoral and its carbon footprint in Ecuador	(Criollo <i>et al.</i> , 2019)	Ecuador	5009,22	ISO 14064 - WBCSD	Consumo de electricidad	66	SC
M	Determinación de huella de carbono del agua y los residuos sólidos como indicador ambiental en la Facultad de Ingeniería de la USAC	(Elel, 2019)	Guatemala	2463,88	ISO 14067 - GHG Protocol	Consumo de combustibles	53,2	P
M/MT	The carbon footprint of a public university campus in Mexico City	(Mendoza, 2019)	México	2956,28	ISO 14064	Transporte	66,5	C
M/MT/C	Cálculo de la huella de carbono en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali para la elaboración de un plan de carbono neutro, Pucallpa-Perú	(Perez, 2019)	Perú	153,73	GHG Protocol	Transporte	77,7	SC
M/C	Determinación de la huella de carbono de la Universidad de La Salle sede Candelaria. Universidad de La Salle	(Reyes y Panche, 2019)	Colombia	3976,07	ISO 14064 - GHG Protocol	Transporte	54,3	SC
M	Actualización de la huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito para el año 2015	(Salazar <i>et al.</i> , 2019)	Ecuador	6225,41	Manual propio de la universidad	Transporte	76,6	SC
M/MT	Evaluación de dos metodologías para la determinación de la Huella de Carbono en los ambientes académicos y administrativos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali durante el año 2016 para la propuesta de una cultura en carbono neutro	(Ushiñahua, 2019)	Perú	105,13	GHG Protocol	Transporte	87,8	C
M/MT	Estimación de la huella de carbono y de la huella hídrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga en el año 2018	(Vega, 2019)	Colombia	409,19	GHG Protocol	Consumo de electricidad	41,2	SC
M/MT	Carbon footprint estimation in a university campus: Evaluation and insights	(Yañez <i>et al.</i> , 2019)	Chile	5472,89	GHG Protocol	Transporte	57,1	C
M	Aportes para la Inclusión de la Dimensión Medioambiental en los Sistemas de Información	(Zanfrillo y Artola, 2019)	Argentina	0,82	ISO 14067 - GHG Protocol	Consumo de combustibles	42	SC
M	Huella de Carbono según la ISO 14064-1:2011 de las actividades académicas de la Universidad Peruana Unión, sede Lima	(Zerón y Arias, 2019)	Perú	1240,14	ISO 14064	Generación de residuos	51,1	C

M	Estimación de la huella ecológica de la Universidad Peruana Unión	(Jaimes, 2019)	Perú	3742,9	Manual propio de la universidad	Consumo de electricidad	85,3	SC
M	Determinación de la huella ecológica de las Carreras de Ingeniería del área Económico Administrativa de la Universidad Tecnológica de Nayarit	(Robledo, 2019)	México	188173,04	Manual propio de la universidad	Consumo de electricidad	50,2	SC
M	Modelo de gestión para la reducción de la huella de carbono en el centro de investigaciones de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala	(Cabrera et al., 2019)	Guatemala	95,90	Manual propio de la universidad	No aplica	93,9	P
M/MT/C	Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero	(Cabezas y Chavarro, 2020)	Colombia	11319,4	ISO 14064	Transporte	96,3	C
M	Huella de carbono en el campus central de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de São Paulo, Piracicaba, estado de São Paulo, Brasil	(Campos, 2020)	Brazil	84818,69	ISO 14064 - GHG Protocol	Residuos pecuarios	90,6	C
M/MT	Evaluación del consumo energético y huella de carbono del edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte	(Farinango, 2020)	Ecuador	20,43	GHG Protocol	No aplica	-	P
M/MT	Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, provincia de Los Ríos	(García, 2020)	Ecuador	12546,89	ISO 14065	Construcción y inmobiliario	53,3	SC
M	Responsabilidad Social y Huella Ecológica: el caso de la Universidad Politécnica de San Luis Potosí	(Neri et al., 2020)	México	2675,36	Manual propio de la universidad	Consumo de electricidad	49,9	C
M	La huella del carbono relacionado al consumo del combustible de las unidades de transporte de la Universidad Nacional del Altiplano Puno	(Quispe, 2020)	Perú	182,56	Manual propio de la universidad	No aplica	-	P
M/MT	Huella de carbono: emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería	(Saavedra, 2020)	Perú	63,17	ISO 14064	No aplica	-	P
M	Estimación de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Peruana Unión, aplicando el método componente modificado	(Norabuena y Shiguay, 2020)	Perú	1006,96	Manual propio de la universidad	Construcción y inmobiliario	37	SC
M/MT	Formulación de soluciones tecnológicas que mitiguen la huella de carbono en la Universidad Santo Tomás, sede Aguas Claras-Villavicencio	(Carrillo y Rivera, 2021)	Colombia	1084,62	GHG Protocol	Transporte	81,3	SC
M	Estimación de la huella de carbono en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales	(Gonzalez y Franco, 2021)	Colombia	386,2	ISO 14064 - GHG Protocol	Consumo de electricidad	49,2	SC
M	Determinación de huella de carbono en los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, Cajamarca 2020	(Huaman y Tejada, 2021)	Perú	142,91	GHG Protocol	Consumo de combustibles	51,3	SC
M/MT	Formulación de estrategias para la reducción y mitigación de la Huella de Carbono de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	(Ardila y Tovar, 2021)	Colombia	481,92	ISO 14064	Generación de residuos	75,9	SC



M/MT	Reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio de posgrados y CIITT de la UCACUE	(Ulloa y Samaniego, 2021)	Ecuador	18,68	ISO 14064	No aplica	-	P
M/MT	Carbon footprint of a university campus from Colombia	(Varón <i>et al.</i> , 2021)	Colombia	8969	ISO 14064	Transporte	85,5	C
M	Estimación de la Huella Ecológica con base a los límites de confianza del Instituto Tecnológico de Chihuahua	(Moreno <i>et al.</i> , 2021)	México	9291,57	Manual propio de la universidad	Transporte	51,2	C
M/C	Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus using the UNE-ISO 14064-1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard	(Cano <i>et al.</i> , 2022)	Colombia	7250,52	ISO 14064 - GHG Protocol	Generación de residuos	59,9	C
M	Estimación de la huella de carbono de la Universidad Católica de Cuenca	(Carrión y Bacuilima, 2022)	Ecuador	37,56	Manual propio de la universidad	No aplica	-	P
M/MT	Estudio de la huella de carbono en la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de El Salvador	(Flamenco y Luna, 2022)	El Salvador	4096,99	GHG Protocol	Consumo de electricidad	92,5	SC
M/MT	Huella de carbono institucional como indicador de sostenibilidad en la Universidad de la Costa	(Larios <i>et al.</i> , 2022)	Colombia	72 039,06	ISO 14064 - GHG Protocol	Generación de residuos	97,5	SC

### Enfoque de gestión 1: Medición

En la tabla 2 se describen las categorías de medición de HC según la ISO 14064:2018. Se considera la información publicada de las universidades, considerando el balance final de cada HC por país. Se obtuvo una HC total de 526 998,8877 Tn CO<sub>2</sub>eq. Las universidades latinoamericanas tienen una HC variable, y en general de moderada a alta, con un mínimo de 14 (Barros *et al.*, 2018) y un máximo de 188 173,044 (Robledo, 2019) de Tn CO<sub>2</sub>eq. Se encontró que las actividades más frecuentes y comunes a priorizar en la medición de HC son el consumo de electricidad (83,6 %), el transporte de estudiantes (65,5 %), el consumo directo de combustible (61,8 %), el consumo de papel (58,2 %), la generación de residuos (54,5 %), la generación de aguas residuales y consumo de agua (47,3 %) y otros. Sin embargo, la generación de residuos pecuarios en Brasil genera mayor cantidad de emisiones por componente (76 834,96 Tn CO<sub>2</sub>eq) (Campos, 2020). Asimismo, se determinó que el GHG Protocol es la metodología más utilizada, con un 20 % de prevalencia. Lo sigue el ISO 14064 con un 12,72 % de uso, mientras que los enfoques mixtos que combinan ambas metodologías alcanzan el 14,54 %. Sin embargo, también existen metodologías nacionales basadas en la cuantificación directa por componentes y factores de emisión, tal como se presentan en la Universidad Nacional del Altiplano Puno (Quispe, 2020) y la Universidad San Francisco de Quito (Salazar *et al.*, 2019), donde el HC se estableció mediante indicadores para los componentes

de transporte (unidades vehiculares, km recorridos, galones consumidos), energía (KWh o MWh) residuos sólidos (kg de residuos) de investigaciones nacionales e internacionales, lo que representa el 38,18 % del total.

En cuanto al enfoque de medición en universidades latinoamericanas, los resultados indican que existe una tendencia a priorizar los estudios basados en las categorías 2 (emisiones por consumo de electricidad importada) y 3 (consumo indirecto por transporte). Además, también se identificó la existencia de investigaciones que se enfocan en analizar las huellas de carbono por pabellones o establecimientos educativos individuales (Farinango, 2020; Saavedra, 2020), cuyo alcance se reduce a las emisiones por consumo eléctrico para las instalaciones, considerado un estudio de rango parcial (P).

En la figura 5 se describe la distribución por categorías de la HC universitaria según la ISO 14064:2018. La mayor generación de GEI se dio a partir del combustible utilizado para el transporte de estudiantes y personal administrativo, correspondiente a la categoría 3 (207 514,2182 Tn CO<sub>2</sub>eq). Asimismo, se determina que la HC total por consumo directo de combustible (9880,33 Tn CO<sub>2</sub>eq), aire acondicionado (4890,61 Tn CO<sub>2</sub>eq), residuos pecuarios (78 012,61 Tn CO<sub>2</sub>eq), electricidad (95 891,34 Tn CO<sub>2</sub>eq), residuos sólidos generales (100 125,74 Tn CO<sub>2</sub>eq), aguas residuales y consumo de agua (6949,7 Tn CO<sub>2</sub>eq), insumos (8708,603 Tn CO<sub>2</sub>eq) y otros (15 025,72 Tn CO<sub>2</sub>eq).



Tabla 2. Fuentes de emisión de universidades de Latinoamérica

Referencia	Categoría 1			Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4		Categoría 5 y 6	
	Consumo directo de combustibles: movilidad propia	Ambientación	Residuos pecuarios	Electricidad	Consumo indirecto de combustibles para transporte terrestre	Residuos sólidos generales	Aguas residuales y consumo de agua	Insumos	Otros
(Burgos y Figueroa, 2016)	0	0	0	158,11	751,21	0	0	25,47	149,82
(Chavarria et al., 2016)	1960,4	0	490,1	2548,52	2842,58	686,14	1274,26	0	0
(Fajardo y Guzman, 2016)	135,87	0	0	5,14	0	452,53	0	1,74	0
(Medrano y Méndez, 2016)	237,2	0	0	420,53	3339,14	275,99	510,33	0	0
(Rivas, 2016)	0	0	0	0	22 160,17	4,85	0	485,44	4534,08
(Yepez, 2016)	0	0	0	107,1	732	0,66	0,73	17,73	0
(Alvarez et al., 2016)	0	0	0	33,47	122,42	41,08	104,83	8,98	20,24
(Aponete, 2017)	132,77	0	20,72	130,56	0	15,03	207,92	0	0
(Comun y Saavedra, 2017)	100,71	0	0	0	1389,41	0	0	0	0
(Fernández y Lazo, 2017)	0	0	0	0	601,06	0	0	0	0
(Hostos y Ortiz, 2017)	0,00028	0	0	19,57	0	0	0	4,9695	0
(Landivar y Sanchez, 2017)	0	0	0	0	0	0	0	37,26	0
(Piedrahita, 2017)	0	0	0	6,1	293	0	0,34	0,79	11,74
(Barros et al., 2018)	0	0	0	0	14,004	0	0	0	0
(Cordero, 2018)	209,52	0	663,48	11,64	0	221,16	46,56	23,28	0
(Erazo, 2018)	0	0	0	15191	0	744,5	0	0	0
(Guerra y Rincón, 2018)	36,73	0	0	13,67	0	89,25	0,11	48,91	19,96
(Huerta y Popayán, 2018)	202,60	0	0	361,44	456,7	0	0,75	246,57	173,53
(Melo, 2018)	752,81	0	0	0	1076,27	0	0	5514,52	0
(Morales, 2018)	1138,43	0	0	95,69	0	0	0	0	0
(Aburto y Guisella, 2019)	0	0	0	0	332,42	0	0	0	0
(Criollo et al., 2019)	1043,68	649,46	0	3306,04	0	0	10,05	0	0
(Elel, 2019)	1311,36	0	0	0	0	925,11	227,40	0	0
(Mendoza, 2019)	107,22	3,39	0	716,55	1964,96	0,09	5,48	158,58	0
(Perez, 2019)	3,47	0	0	29,21	119,47	0	0	1,5	0
(Reyes y Panche, 2019)	2,49	0	0	162,28	2159,76	1651,55	0	0	0
(Salazar et al., 2019)	93,2	0	0	1063,3	4770,1	263,6	35,2	0	0
(Ushiñahua, 2019)	0,61	0	0	10,98	92,35	0,91	0	0,28	0
(Vega, 2019)	104,22	0	0	168,42	115,64	17,28	0	3,61	0
(Yañez et al., 2019)	227,9	36,38	0	1982,32	3124,42	81,14	0	12,59	8,14



(Zanfrillo y Artola, 2019)	0,34	0	0	0,26	0,14	0,003	0	0,02	0,05
(Zerón y Arias, 2019)	129,82	29	0	9,72	89,25	841,16	133,51	7,87	0
(Jaimes, 2019)	0	0	0	1915,9	1207	0	3,3	51,9	564
(Robledo, 2019)	0	0	0	51 414,12	133 542	173,05	2580,19	463,68	0
(Cabrera et al., 2019)	0	0	0	95,90	0	0	0	0	0
(Cabezas y Chavarro, 2020)	322,92	0	3,349	69,5	10 905,54	31,2	0,92	0,07	0,16
(Campos, 2020)	325,84	0	76 834,96	6826,93	749,25	0	0	81,72	0
(Farinango, 2020)	0	0	0	0	20,43	0	0	0	0
(García, 2020)	0	3878,06	0	862,17	0	0	0	1116,18	6690,47
(Neri et al., 2020)	0	0	0	1333,93	480,77	21,06	15,17	254,24	570
(Quispe, 2020)	0	0	0	0	182,56	0	0	0	0
(Saavedra, 2020)	0	0	0	63,17	0	0	0	0	0
(Norabuena y Shiguay, 2020)	325,31	0	0	9,8	0	0	93,51	13,28	565,04
(Carrillo y Rivera, 2021)	7,28	0,57	0	190,38	882,22	9,42	0	0	0
(Gonzalez y Franco, 2021)	114,6	0	0	190,1	61,4	19,9	0	0	0
(Gutiérrez et al., 2021)	22,27	109,2	0	752,07	0	13 888,72	430,39	0	0
(Huaman y Tejada, 2021)	73,31	0	0	5,05	0	0	2,78	61,77	0
(Ulloa y Samaniego, 2021)	0	0	0	18,68	0	0	0	0	0
(Varón et al., 2021)	62,4	3,5	0	221,6	7666,1	41,8	25,1	7	905,3
(Moreno et al., 2021)	295,73	0	0	409,01	3545,77	4667,08	15,6	13,61	344,67
(Cano et al., 2022)	204,15	0	0	1009,33	4,21	4340,54	1223,77	0	468,52
(Carrión y Bacuilima, 2022)	0	0	0	37,56	0	0	0	0	0
(Flamenco y Luna, 2022)	157,26	137,36	0	3788,34	0	0	0,67	13,36	0
(Larios et al., 2022)	0	43,7	0	40,19	1705,41	70 249,76	0	0	0
(Ardila y Tovar, 2021)	35,2	0	0	80,03	0	365,99	0	0,57	0

### Enfoque de gestión 2: Mitigación

En la tabla 3 se observan las medidas de mitigación propuestas. El 50,9 % de las investigaciones proponen estrategias para la mitigación de GEI. Sin embargo, solo el 18 % de estas establecen el grado de reducción. Se identificaron oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones en áreas específicas,

como el incentivo para utilizar movilidad compartida de manera sostenible (26,1 %), la implementación de tecnologías renovables (21,7 %), la implementación de planes de gestión (19,6 %), el reciclaje, la segregación y valorización de residuos (17,4 %), la optimización en el uso del agua (6,5 %) y un sistema de educación ambiental (4,3 %). Estas acciones mitigan 522,23 Tn CO<sub>2</sub>eq.



**Figura 5.** Distribución por categoría de HC universitaria según ISO 14064:2018.

**Tabla 3.** Medidas de mitigación propuestas por las universidades de Latinoamérica

Referencia	Medida de mitigación	Reducción de emisiones
(Aburto y Guisella, 2019)	Movilidad inteligente	Sin especificar
(Aponte, 2017)	Movilidad inteligente, mantenimiento y planes de ecoeficiencia, generación de biogás	Sin especificar
(Ardila y Tovar, 2021)	Prácticas de ecoeficiencia y educación ambiental	Sin especificar
(Cabezas y Chavarro, 2020)	Movilidad inteligente, biodigestores de residuos agropecuarios	Sin especificar
(Carrillo y Rivera, 2021)	Movilidad inteligente o alternativa e implementación de prácticas de ecoeficiencia (electricidad y residuos)	Sin especificar
(Chavarria <i>et al.</i> , 2016)	Manejo de residuos orgánicos	Sin especificar
(Comun y Saavedra, 2017)	Movilidad inteligente	Sin especificar
(Cordero, 2018)	Plan de ecoeficiencia para combustibles, residuos y energía eléctrica	Sin especificar
(Criollo <i>et al.</i> , 2019)	Planes de eficiencia energética para construcción y transporte	Sin especificar
(Farinango, 2020)	Prácticas de ecoeficiencia (energía)	Sin especificar
(Fernández y Lazo, 2017)	Movilidad inteligente	Sin especificar
(Flamenco y Luna, 2022)	Instalación de sistemas fotovoltaicos	463 Tn CO <sub>2</sub> eq
(García, 2020)	Plan de ecoeficiencia para combustibles, energía eléctrica, uso de materiales y agua	Sin especificar
(Guerra y Rincón, 2018)	Agricultura regenerativa, planes de ecoeficiencia, segregación y valorización de residuos	Sin especificar

(Hostos y Ortiz, 2017)	Movilidad inteligente y manejo de residuos sólidos	Sin especificar
(Landivar y Sanchez, 2017)	Prácticas de ecoeficiencia en el uso de papel	Sin especificar
(Larios <i>et al.</i> , 2022)	Movilidad inteligente, micromovilidad, plan de ecoeficiencia (residuos)	Sin especificar
(Medrano y Méndez, 2016)	Producción más limpia y gestión ambiental	Sin especificar
(Melo, 2018)	Prácticas de ecoeficiencia (papel, energía, combustibles GLP y Diesel)	Sin especificar
(Mendoza, 2019)	Establecimiento de políticas	Sin especificar
(Perez, 2019)	Energías renovables, planes de ecoeficiencia (energía y materiales), educación ambiental, movilidad inteligente	Sin especificar
(Piedrahita, 2017)	Planes de ecoeficiencia (electricidad, agua, papel y movilidad)	Sin especificar
(Saavedra, 2020)	Reemplazo de fluorescente por LED1600 de 100 lúmenes/W	56 % (35,37 t CO <sub>2</sub> eq)
(Ulloa y Samaniego, 2021)	Reducción de consumo eléctrico por panel solar	0,04753 t CO <sub>2</sub> eq
(Ushiñahua, 2019)	Planes de ecoeficiencia (energía, papel), segregación de residuos, movilidad inteligente	22,66 % (23,82 t CO <sub>2</sub> eq)
(Varón <i>et al.</i> , 2021)	Reducción de consumo de agua, mejora en los sistemas eléctricos e implementación de clases virtuales	0,2 kg CO <sub>2</sub> eq/h
(Vega, 2019)	Planes de ecoeficiencia y movilidad eléctrica	Sin especificar
(Yañez <i>et al.</i> , 2019)	Movilidad inteligente	Sin especificar

### Enfoque de gestión 3: Compensación

En la tabla 4 se identifican las medidas de compensación propuestas, las cuales tienen el eje de gestión de captura de carbono de manera directa e indirecta. Representan el 20 % de los artículos revisados, de los cuales el 72 % proponen alternativas concretas para la compensación de sus emisiones.

En el Perú, la Universidad Ricardo Palma se ha planteado la reforestación de 0,53 ha de *Paulownia tomentosa* para el secuestro de carbono. Asimismo, en la Universidad Nacional de Ucayali se propuso un plan de carbono neutro en que implementan la compra de bonos de carbono propuesto por el Banco Mundial y el gobierno holandés. Asimismo, la Universidad de La Salle en Colombia determinó que las lagunas y bosques aledaños a su campus capturan CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> mg/m<sup>2</sup>/día, mediante un monitoreo de la calidad de aire con cromatografía de gases.



Por otro lado, en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador se planteó un modelo mixto entre las terrazas sostenibles y la reforestación. No obstante, este tipo de acciones no especifican detalladamente los mecanismos para calcular y compensar las emisiones de carbono.

Sin embargo, en la Universidad Centroamérica de Nicaragua se compensó las emisiones mediante la protección de la Finca Lupe, en donde se estimó la captura de carbono mediante ecuaciones alométricas, y se logró compensar el 34,6 % de las emisiones totales de las universidades latinoamericanas.

### Factores de emisión

En la tabla 5 se observan todos los factores de emisión reportados en las investigaciones de HC. Se describen las unidades de medida para componentes de medición de energía (KWh), combustible (L, m<sup>3</sup> o GJ), residuos sólidos (kg), agua (m<sup>3</sup>), aguas residuales (kg de DQO y DBO), papel (kg) y construcción (m<sup>2</sup>). En la figura 6 se describe el ponderado por país latinoamericano y se homogenizan las unidades presentadas anteriormente. Mediante la desviación estándar y varianza, se describe que existe una mayor diferencia en los datos para el factor de emisión de refrigerantes, gasolina, aguas residuales, residuos sólidos y construcción. Los factores de conversión más cercanos a la media promedio son los de electricidad, agua, papel, consumo de GLP, gas natural y diésel.

**Tabla 4.** Medidas de compensación propuestas por las universidades de Latinoamérica

Referencia	Acción de compensación	Cantidad de emisiones compensadas (%)
(Medrano y Méndez, 2016)	Conservación de bosque húmedo (Finca La Lupe)	180 303, 61 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Comun y Saavedra, 2017)	Compra de bonos de carbono y reforestación con bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> ) en 19,6 ha	1490,12 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Piedrahita, 2017)	Proyecto de reforestación (75,87 ha)	418,04 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Guerra y Rincón, 2018)	Captura de carbono en bosques	0,13 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Huerta y Popayán, 2018)	Implementación de 604,25 ha productivas (52,3 %) en pesca y agricultura	Sin especificar
(Melo, 2018)	Reforestación y terrazas verdes	Sin especificar
(Aburto y Guisella, 2019)	Plantar 0,53 ha de <i>Paulownia tomentosa</i>	4938,69 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Perez, 2019)	Bonos de carbono	Sin especificar
(Reyes y Panche, 2019)	Sumideros de carbono	29,67 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Cabezas y Chavarro, 2020)	Captura de carbono por lagos y bosques	3,130 Tn CO <sub>2</sub> eq/año y 13.11 Tn CO <sub>2</sub> eq/año
(Cano et al., 2022)	Captura de carbono universitaria	125,86 Tn CO <sub>2</sub> eq/año

**Tabla 5.** Factores de emisión por componente analizado

Referencia	Energía eléctrica	Refrigerante o extintores	Diésel	Gas GLP	Gas natural	Gasolina	Viajes aéreos	Residuos sólidos	Aguas residuales	Agua	Actividades pecuarias	Insumos	Construcción
(Chavarria et al., 2016)	0,13 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	2,69 kg CO <sub>2</sub> /L	1,61 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-	0,4 kg CO <sub>2</sub> / km	0,0581 kg CH <sub>4</sub> /kg	0,876 kg CH <sub>4</sub> / persona/año	-	Ganado vacuno (Crecimiento): 111,70 kg CH <sub>4</sub> / cabeza		
Ganado vacuno (estiércol): 1 kg CH <sub>4</sub> /cabeza													
Cerdos: 1 kg CH <sub>4</sub> /cabeza													
Caballos: 18 kg CH <sub>4</sub> /cabeza													
Ovejas: 5 kg CH <sub>4</sub> /cabeza													
Aves: 0,02 kg CH <sub>4</sub> /cabeza													
(Medrano y Méndez, 2016)	0,117 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	2,69 kg CO <sub>2</sub> /L	1,61 kg CO <sub>2</sub> /L	-	2,26 kg CO <sub>2</sub> /L	-	Relleno sanitario: 0,0581 kg CH <sub>4</sub> /kg / Compost: 4 kg CH <sub>4</sub> /kg	Lagunas: 2,63 kg CH <sub>4</sub> / persona/año				
Tanques sépticos: 4,38 kg CH <sub>4</sub> / persona/año													
Descarga a ríos: 0,876 kg CH <sub>4</sub> /persona/año													
(Aponte, 2017)	0,199 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	-	1,98 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	7,62 kg CO <sub>2</sub> /gal	-	Compostaje: 0,01 kg CH <sub>4</sub> /kg / Incineración de residuos: 0,027 kg CH <sub>4</sub> /kg húmedo	Vertimientos tratados: 0,2 kg CH <sub>4</sub> /kg	-	Ganado vacuno: 9,33 kg CH <sub>4</sub> /cabeza		
Caballos: 18 kg CH <sub>4</sub> /cabeza													
(Comun y Saavedra, 2017)					56 kg CO <sub>2</sub> / 0,092 GJ kg CH <sub>4</sub> / 0,003 GJ kg N <sub>2</sub> O / GJ								



(Hostos y Ortiz, 2017)	0,166 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	-	-	-	-	Relleno sanitario: 0,8 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	-	-	-	Papel: 3 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Landivar y Sanchez, 2017)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Papel: 0,991 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Melo, 2018)	0,2982 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	74 100 kg/TJ	-	56 100 kg/TJ	69 300 kg/TJ	-	-	-	-	-	-
(Erazo, 2018)	0,290 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Plástico: 2,538 kg CO <sub>2</sub> /kg / Papel: 1,84 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Huerta y Popayán, 2018)	0,547 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	2,61 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-	2,38 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-	0,0052 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	-	-	Papel: 1,84 kg CO <sub>2</sub>
(Morales, 2018)	0,2095 t CO <sub>2</sub> eq/ MWh	-	74 100 kg CO <sub>2</sub> /TJ	63 100 kg CO <sub>2</sub> /TJ	64 200 kg CO <sub>2</sub> /TJ	69 300 kg CO <sub>2</sub> /TJ	-	-	-	-	-	0
(Cuerra y Rincón, 2018)	0,23 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	-	-	-	-	Relleno sanitario: 91,7 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	-	-	-	Papel: 1,84 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Aburto y Guisella, 2019)	-	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	63,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	56,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	69,3 kg/GJ	-	-	-	-	-	-
(Perez, 2019)	0,247 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	63,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	56,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	69,3 kg/GJ	-	-	-	-	-	Papel: 2,679 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Reyes y Panche, 2019)	0,2 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	3 0512 kg CO <sub>2</sub> /gal	-	7,6181 kg CO <sub>2</sub> /gal	-	-	12,84 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	-	-
(Salazar et al., 2019)	0,3423 kg CO <sub>2</sub> /KWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Ushiñahua, 2019)	0,247 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	2,9443 kg CO <sub>2</sub> /kg	56,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	2,9443 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	-	-	-	-	Papel: 1,98 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Vega, 2019)	-	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	-	-	69,3 kg/GJ	-	0,421 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	-	-	Papel: 1,6 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Yañez et al., 2019)	-	1810 kg CO <sub>2</sub> e/kg o 2088 kg CO <sub>2</sub> e/kg	2676 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	1642 kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-

(Zerón y Arias, 2019)	0,3972 t CO <sub>2</sub> e/MWh	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /Gj	63,1 kg CO <sub>2</sub> /Gj	-	69,3 kg/Gj	-	0,421 kg CO <sub>2</sub> e/kg	-	0,5 kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	-	Papel: 0,991 kg CO <sub>2</sub> e/kg
(Criollo <i>et al.</i> , 2019)	0,25 t CO <sub>2</sub> e/KWh	R22: 1810 kg CO <sub>2</sub> eq/kg / R410: 2088 kg CO <sub>2</sub> eq/kg	2,69 kg CO <sub>2</sub> eq/L	2937,32 kg CO <sub>2</sub> eq/tn	-	2,31 kg CO <sub>2</sub> eq/L	-	-	-	-	-	Tratamiento MBR (1,255 kg CO <sub>2</sub> eq/kg DBO) / Lodos activados (1,27 kg CO <sub>2</sub> eq/kg DBO) / Flotación por aire (1,273 kg CO <sub>2</sub> eq/kg DBO)
(Mendoza, 2019)	0,4579 Tn CO <sub>2</sub> /MWh	322,24 kg CO <sub>2</sub> eq/kg	-	-	-	-	-	-	-	0,34 kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	-	Papel: 0,991 kg CO <sub>2</sub> e/kg
(Zanfrillo y Artola, 2019)	508 kg CO <sub>2</sub> /MWh	-	-	-	2,15 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	-	-	0,383 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	-	-	Papel: 1,32 kg CO <sub>2</sub> e/kg
(Elel, 2019)	-	-	2,61 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-	2,38 kg CO <sub>2</sub> /L	-	0,61 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	0,12 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-
(Cabezas y Chavarro, 2020)	0,119 kg CO <sub>2</sub> e/KWh	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /Gj	-	-	69,3 kg/Gj	56,1 kg/Gj	1,92 kg CO <sub>2</sub> /kg	5,6 kg CO <sub>2</sub> /kg DQO	-	-	Papel: 1,8 kg CO <sub>2</sub> e/kg
(Campos, 2020)	0,588 t CO <sub>2</sub> /MWh	-	2,603 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-	2,212 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-	-	-	-	Ganado vacuno (crecimiento): 66 kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año
Ganado vacuno (estiércol): 2 kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año												
Caballos: 18 kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año												
Aves: 0,117 kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año												
(Farinango, 2020)	0,3426 tn CO <sub>2</sub> eq/MWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



(Saavedra, 2020)	0,52144 tn CO <sub>2</sub> eq/ MWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(García, 2020)	0,4509 t CO <sub>2</sub> eq/ MWh	Extintores: 1 kg CO <sub>2</sub>	74 kg CO <sub>2</sub> /gal	63,067 kg CO <sub>2</sub> / gal	-	69,3 kg CO <sub>2</sub> /gal	-	513 kg CO <sub>2</sub>	-	0,788 kg CO <sub>2</sub> eq/ m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	Urea: 3,6 kg CO <sub>2</sub>
Papel: 1,84 kg CO <sub>2</sub> eq/kg																			
(Carrillo y Rivera, 2021)	0,13 Tn CO <sub>2</sub> /MWh	1,833 kg CO <sub>2</sub> /kg	74,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	0,2642 kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	55,5 kg CO <sub>2</sub> /GJ	69,3 kg/ GJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Huaman y Tejada, 2021)	0,2 kg CO <sub>2</sub> e/KWh	-	-	6,1 kg CO <sub>2</sub> eq/ gl	2,15 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	8,71326 kg CO <sub>2</sub> eq/gl	-	-	-	0,5 kg CO <sub>2</sub> eq/ m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	Papel: 7,7 kg CO <sub>2</sub> /kg
(Zapateiro, 2021)	0,0225 Tn CO <sub>2</sub> eq/ MWh	-	-	-	2,09 kgCO <sub>2</sub> eq/ m <sup>3</sup>	-	0,285 kg CO <sub>2</sub> eq/km- persona	Generación: 0,82 kg CO <sub>2</sub> eq/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Relleno sanitario: 0,61 kg CO <sub>2</sub> eq/kg																			
(Flamenco y Luna, 2022)	0,6798 Tn CO <sub>2</sub> /MWh	R-22: 1810 kg de CO <sub>2</sub> eq/kg / R-410: 1725 kg de CO <sub>2</sub> e/ kg	2,594 kg CO <sub>2</sub> e/l	1,522 kg CO <sub>2</sub> e/l	-	2,758 kg CO <sub>2</sub> e/l	-	-	-	0,3440 kg de CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	Papel: 3 kg de CO <sub>2</sub> eq/ kg
(Ardila y Tovar, 2021)	0,23 kg CO <sub>2</sub> eq/ MWh	-	74,1 kg CO <sub>2</sub> /GJ	-	-	-	-	Generación: 12,83 kg CO <sub>2</sub> e/kg RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Papel: 0,939 kg de CO <sub>2</sub> eq/ kg
(Burgos y Figueroa, 2016)	0,0003678 Tn CO <sub>2</sub> / kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Papel: 0,273 Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> de CO <sub>2</sub> / Tn papel
(Ulloa y Samaniego, 2021)	1,2282 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Larios et al., 2022)	0,166 Tn CO <sub>2</sub> eq/ MWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Residuos aprovechables: 21 kg CO <sub>2</sub> eq/ Tn / Residuos peligrosos: 1,65 kg CO <sub>2</sub> eq/k /



(Carrión y Bacullima, 2022)	0,18882 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Cano et al., 2022)	0,199 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh	-	74,193,48 kg CO <sub>2</sub> / Tj	67,185,12 kg CO <sub>2</sub> / Tj	-	69,323,69 kg CO <sub>2</sub> / Tj	-	Relleno sanitario: 587 kg CO <sub>2</sub> eq/tn	-	-	-	-	-
Incineración: 21,36 kg CO <sub>2</sub> eq/tn													
Reciclaje: 8,28 kg CO <sub>2</sub> eq/tn													
Compostaje: 10,20 kg CO <sub>2</sub> eq/tn	73 kg CO <sub>2</sub> eq/ person	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Rivas, 2016)	-	-	-	-	15,3 TnCO <sub>2</sub> /Tj	-	-	-	-	-	-	-	-
(Moreno et al., 2021)	0,527 kg CO <sub>2</sub> /kWh	-	7,41 kg CO <sub>2</sub> /l	6,31 kg CO <sub>2</sub> /l	5,61 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	6,93 kg CO <sub>2</sub> /l	-	Residuos generales: 19,1 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	-	-	-	-
Residuos peligrosos: 32,3 kg CO <sub>2</sub> /kg	-	0,5 kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Jaimes, 2019)	0,000547 Tn CO <sub>2</sub> / kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Norabuena y Shiguay, 2020)	0,547 Tn CO <sub>2</sub> /MWh	-	-	0,006 Tn CO <sub>2</sub> /kg GLP	-	-	-	-	0,0005 Tn CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	-	-	0,01042 Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Papel: 10,4 kg CO <sub>2</sub> m <sup>2</sup>
(Piedrahita, 2017)	0,00065 tn CO <sub>2</sub> / kWh	-	0,003 Tn CO <sub>2</sub> /L	-	0,002006 Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,002114 Tn CO <sub>2</sub> /Lt	-	-	0,34 t CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	-	-	0,432 t CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Papel: 0,1746 t CO <sub>2</sub> /tn
(Cabrera et al., 2019)	0,194 ton CO <sub>2</sub> /MWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



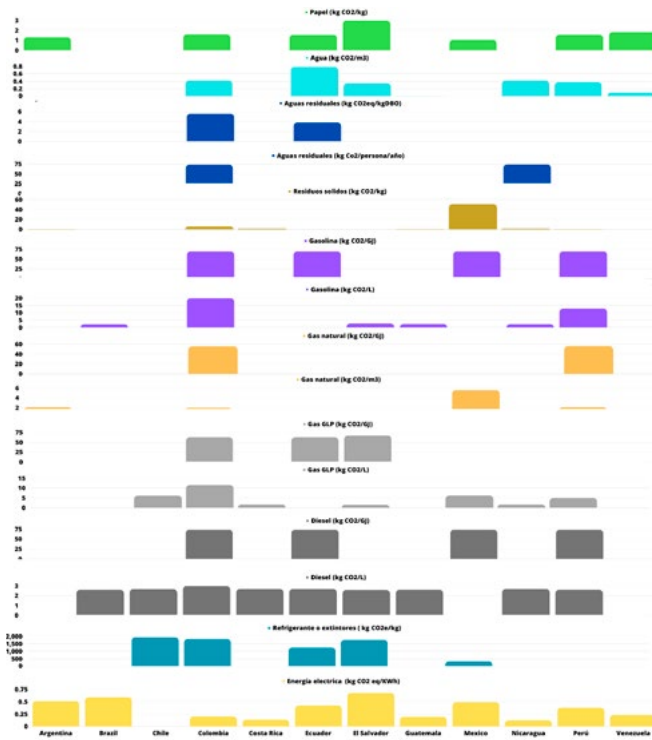


Figura 6. Distribución por promedio de los factores de emisión por país.

**Discusión**

A pesar de que Latinoamérica contribuye con menos del 5 % de las emisiones globales de GEI, es fundamental cuantificar las mejoras en los procesos desde el ámbito universitario, considerando el potencial de las energías renovables y su impacto en el producto interno bruto (PIB), sobre la base de la matriz energética regional (Belloc y Molina, 2023). Por ello, la importancia de la sostenibilidad y el medioambiente ha llevado a las universidades de todo el mundo a adoptar medidas para reducir su HC. Las universidades latinoamericanas no se quedan atrás y han comenzado a implementar iniciativas de medición, mitigación y compensación de sus emisiones (Li *et al.*, 2021).

Las metodologías principales para medir la HC son el GHG Protocol y la ISO 14064. Estas metodologías ofrecen enfoques distintos para calcular la HC a nivel de ACV y EEIOA (Gao *et al.*, 2014). Ambas metodologías son útiles para evaluar las fuentes y causas de las emisiones. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el GHG Protocol no es certificable (Kiehle *et al.*, 2022). Por lo tanto, la elección de la metodología adecuada depende del contexto y los objetivos específicos de la HC. La ISO 14064 es útil para evaluar el impacto de un producto en su ciclo de vida (emisiones indirectas), mientras que el enfoque detallado del GHG Protocol se utiliza para analizar las emisiones indirectas a través de las adquisiciones y compromisos ambientales con proveedores (Diniz *et al.*, 2021).

La medición de la HC es el primer paso para comprender el impacto ambiental de una universidad. Algunos estudios han demostrado que la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero en las universidades provienen de la generación de energía, el transporte y la alimentación (Karishma *et al.*, 2021). Por lo tanto, la descarbonización se ha convertido en una meta global para hacer frente al cambio climático. En este sentido, se han llevado a cabo diferentes investigaciones a nivel internacional para lograr este objetivo, como la diversificación de la matriz energética (Amakom *et al.*, 2022) y la utilización del *software* «Sistema de planificación de alternativas energéticas a largo plazo» (LEAP, en inglés) para estudiar la sostenibilidad energética (Adelaja *et al.*, 2022). Además, se están investigando otras formas de medición, como el consumo de agua en el tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos, como estrategias adicionales de reducción (Syafudin *et al.*, 2020).

Estas estrategias de innovación surgen a partir de la necesidad frente a los desafíos prácticos en la recopilación de datos sobre la HC, especialmente en relación con la correlación entre ingresos y emisiones de carbono en la movilidad (Robinson *et al.*, 2018; Sippel, Meyer, Scholliers, 2018), así como sus medidas de reducción, debido a que es importante al desarrollar políticas efectivas para reducir la HC a nivel internacional (Sangwan *et al.*, 2018). Una vez que se ha realizado la medición de la HC, la siguiente etapa es la reducción de las emisiones. Esto puede lograrse a través de la implementación de tecnologías renovables, la eficiencia energética en edificios y la promoción de prácticas sostenibles en la comunidad universitaria (Ferrero *et al.*, 2022). Además, la educación y conciencia sobre el cuidado del medioambiente puede ayudar a fomentar un cambio en la cultura de la comunidad universitaria (Guerrero *et al.*, 2022).

En comparación con Latinoamérica, algunos países han establecido un enfoque en la cooperación internacional para reducir la HC, especialmente en el sector de transporte (Iskandar *et al.*, 2020). Estas políticas ayudarán a la mitigación y compensación de los GEI (Kiehle *et al.*, 2022), con un impacto ambiental y económico positivo (Mendoza, Quintero y Ortiz, 2021). En esa línea, se utiliza un método avanzado para medir y reducir la HC que abarca múltiples alcances (Zakaria *et al.*, 2020). Sin embargo, el alcance 3 de emisiones indirectas es de los más complejos de cálculo, debido a la comparación de cantidades y tipos de insumos y la dificultad de información no controlada por servicios tercerizados de transporte (Yañez *et al.*, 2019), por lo que se debe utilizar un sistema de cálculo aproximado por distancias mediante un ACV de productos, porque la principal fuente de emisión de las universidad provienen de ella.

Por ello, la mejora en los sistemas de la movilidad urbana debe ser una de los principales mecanismos de mitigación (Sobrino, 2021), ya que se ha determinado que

el sector transporte es una importante fuente de emisión en las universidades (39 %). Asimismo, es necesario considerar aspectos innovadores en la gestión de energía y cambios en la gestión universitaria, para adoptar prácticas sostenibles a nivel internacional; por ejemplo, la implementación de la estrategia de ahorro por eventos como la «Hora del planeta» en la aplicación del modelo de las «3R» en la gestión de residuos (Zakaria *et al.*, 2020) y la implementación permanente de clases virtuales.

Durante la pandemia del covid-19 se redujo la HC en un 30 % gracias a la educación en línea (Filimonau *et al.*, 2021). Esto demuestra la importancia de implementar políticas educativas y sostenibles a nivel internacional para reducir la HC (Folorunso *et al.*, 2021). Asimismo, se ha determinado que la educación en línea es una buena práctica, ya que se registró una reducción en las emisiones totales en comparación con otros países importantes como China, India, Japón y los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Yin *et al.*, 2022). Por lo tanto, es necesario estudiar más a fondo los impactos de la educación en línea en la reducción de emisiones y fomentar su uso (Heller *et al.*, 2021), considerando que se emiten 0,2 kg CO<sub>2</sub>eq/h en las clases virtuales (Varón *et al.*, 2021).

Los proyectos de mitigación en las universidades tienen el potencial de generar un impacto significativo en su camino hacia la carbononeutralidad. Estas iniciativas abarcan una amplia gama de áreas, desde la gestión eficiente de las instalaciones y la adopción de tecnologías sostenibles hasta la promoción de la innovación tecnológica basada en energías renovables. Se ha demostrado que la implementación de soluciones innovadoras en el campus universitario no solo contribuye a la reducción de emisiones, sino que también impulsa el crecimiento económico, al estar directamente vinculada al PBI, y fomenta la mitigación del cambio climático (Xin *et al.*, 2022). Además, la adopción de políticas universitarias orientadas a la integración de clases virtuales puede desempeñar un papel importante en la reducción de la huella de carbono, ya que disminuye la necesidad de desplazamientos físicos y reduce las emisiones asociadas al transporte (Yin *et al.*, 2022).

En Latinoamérica, a pesar de la creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de GEI, la investigación sobre prácticas de compensación es limitada por la falta de medidas de caracterización y validación. Esta falta de estudios de compensación de GEI en las universidades de Latinoamérica representa un obstáculo importante para el desarrollo de políticas sostenibles a nivel local y regional, debido a la necesidad de estudios de factibilidad basados en mecanismos de validación de servicios ecosistémicos (Chen *et al.*, 2019). Por ello, es necesario que se impulsen más investigaciones para identificar soluciones prácticas y sostenibles en el ámbito universitario, con el objetivo de

contribuir a la lucha contra el cambio climático y asegurar un futuro más sostenible para todos, considerando que en la revisión solo se ha compensado el 0,3 % de las emisiones universitarias (Ferrero *et al.*, 2022).

De igual manera, las estrategias de compensación de la HC implican la toma de medidas para compensar las emisiones no reducidas. Esto puede lograrse a través de la inversión en proyectos de energía renovable y la protección de la biodiversidad, ya que existe una brecha en la contabilidad del carbono, lo cual no permite establecer estrategias de compensación adecuadas a la realidad (Adeyeye *et al.*, 2022). Asimismo, la cooperación entre la industria y la universidad también promueve el desarrollo de sistemas de innovación y tecnología, lo que ayuda a reducir y mitigar las emisiones de GEI (Song *et al.*, 2020). La comunidad académica puede compensar su impacto ambiental a través de un diseño urbano verde y una gestión ecológica económica (Pătărlăgeanu *et al.*, 2020). Un ejemplo de esta colaboración es el método de medición climática utilizado por la Alianza Universitaria Sostenible en Austria, que busca monitorear las emisiones a largo plazo donde se consideren medidas efectivas para reducir y mitigar su HC (Getzinger *et al.*, 2019). Se consiguió estandarizar los esfuerzos de reducción de tres universidades en Austria con 10 medidas enfocadas al uso de la energía y transporte, según su ubicación geográfica.

Existe un desafío en cuanto a la aplicación de herramientas tangibles en la medición de la HC en otras instituciones (Valls y Bovea, 2021), que va desde la identificación de factores de emisión, hasta las herramientas de recopilación de información. Por lo tanto, es necesario establecer alianzas institucionales para comparar y verificar la HC, sin olvidar que la diferencia en los factores de emisión entre países se debe a su relación con su matriz energética (Wang, 2019), la cual es referenciada a la composición de fuentes de energía que utiliza, como la generación de electricidad, la industria y el transporte.

Por ello, existe una relación entre las emisiones medias de GEI per cápita y el PIB, que oscila entre 1,7 en El Salvador y 8,7 en Argentina. Esto se debe al tamaño de la población, el grado de industrialización, la dependencia de fuentes de energía intensivas en carbono, la eficiencia energética y la regulación ambiental. Por el contrario, las emisiones medias de GEI por PIB varían entre 0,325 en Chile y 0,699 en Bolivia, lo que indica que las naciones con un ratio elevado pueden depender de negocios intensivos en emisiones como la industria pesada o la extracción de recursos naturales. Argentina, Colombia, Ecuador, El Salvador, Haití y México, por otra parte, presentan una asimetría negativa en las emisiones de GEI per cápita y por PIB, lo que indica emisiones reducidas en relación con la población o la actividad económica en comparación con la media regional (Belloc y Molina, 2023).



Para mejorar la medición de las emisiones locales de HC (hidrocarburos) en términos de generación de factores, se puede utilizar el enfoque del ACV de acuerdo con la norma ISO 14064. Este enfoque se centra en el seguimiento y análisis de las emisiones causadas en una localidad específica. Para aplicar este enfoque, se puede utilizar la metodología de cálculo empleada en proyectos de energía, que se enfoca en el cálculo de HC por proyecto. Se ha observado una relación entre la frecuencia de uso de políticas de generación de energía renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub> (Chai *et al.*, 2023). Además, en proyectos se puede realizar un análisis de sensibilidad de los impactos directos (categoría 1) en las variables del proceso de HC. Esto tiene como objetivo optimizar el diseño y la operación del proceso para reducir el consumo de energía basado en la red actual, que depende de combustibles fósiles (Xue *et al.*, 2023).

Aunque se reconoce ampliamente la importancia de que las universidades alcancen la carbononeutralidad, es fundamental examinar de cerca los medios para lograr este objetivo. Si bien las medidas de mitigación y compensación se pueden implementar, no garantizan un desarrollo sostenible a largo plazo. Por lo tanto, es crucial considerar el impacto positivo de la investigación universitaria al analizar los objetivos ambientales y de sostenibilidad. Además, las universidades deben enfocarse en desarrollar métodos para reducir la HC de otras entidades, como empresas industriales, incluso si esto dificulta alcanzar la carbononeutralidad. El uso de indicadores de sostenibilidad adicionales, además de la HC, puede ayudar a abordar estas interrogantes.

## Conclusión

Los resultados de los estudios sobre HC en universidades de Latinoamérica muestran que las principales fuentes de emisión son el transporte (39,38 %), la generación de residuos (19 %) y el consumo de energía eléctrica (18,2 %). Además, se encontró que aplican metodologías mixtas entre el GHG Protocol y la ISO 14064, debido a que ambas son aplicables en la evaluación de fuentes y causa de emisiones. Sin embargo, las universidades no cuentan con políticas formales ni estrategias para la gestión de su HC. A pesar de ello, se identificaron oportunidades para reducir las emisiones, como el fomento de transporte sostenible (26,1 %), la tecnología renovable (21,7 %), la gestión de residuos (16,7 %), las buenas prácticas de gestión y ecoeficiencia (19,6 %), y la gestión de residuos (17,4 %). Aunque el 50,9 % de las investigaciones proponen estrategias para la mitigación de GEI, solo el 18 % las aplica. En este sentido, resulta necesario que las universidades generen esfuerzos para el desarrollo de programas cuantificables de mitigación y compensación en Latinoamérica, debido a que solo se está alcanzando un 34,6 % de reducción de GEI anual. A pesar de los desafíos que existen, la investigación y la colaboración entre universidades, gobiernos y empresas pueden ayudar a alcanzar un futuro más sostenible.

## Fuente de financiamiento

Autofinanciado.

## Potenciales conflictos de interés

Ninguno.

## Referencias bibliográficas

- Abolarin, S. M., Gbadegesin, A. O., Shitta, M. B., Yussuff, A., Eguma, C. A., Ehwerhemuepha, L. y Adegbenro, O. (2013).** «A collective approach to reducing carbon dioxide emission: A case study of four University of Lagos Halls of residence». *Energy and Buildings*, 61, pp. 318-322. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.041>
- Aburto, H. y Guissella, M. (2019).** *Huella de carbono del traslado de estudiantes, profesores y trabajadores de la Universidad Ricardo Palma (URP)*. Tesis en grado en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Adelaja, A. O., Omotoriogun, O. A., Oluwo, A. A. y Oyekeye, O. M. (2022).** «Energy use and carbon footprint in a university: Nigeria case study». En: *Bioenergy and Biochemical Processing Technologies* (pp. 51-66). Springer International Publishing. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96721-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96721-5_6)
- Adeyeye, D., Olusola, A., Orimoloye, I. R., Singh, S. K. y Adelabu, S. (2022).** «Carbon footprint assessment and mitigation scenarios: a benchmark model for GHG indicator in a Nigerian University». *Environment Development and Sustainability*, 25, pp. 1361-1382. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02098-1>
- Álvarez, P., Quezada, L. y Capa, L. (2016).** «Huella ecológica del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja». *Cedamaz*, 6(1).
- Amakom, C. M., Ogungbenro, O. A., Iheonu, N. O., Nkwoada, A., Iwueke, D. C., Anya, J. y Okoye, J. (2022).** «Annual carbon footprint from local electricity generation in Federal University of Technology, Owerri, Imo state, Nigeria». *Environmental Health Insights*, 16, 11786302221136732. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/11786302221136732>
- Aponte, H. A. (2017).** *Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los Campus Norte y Sur de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U. D. C. A en el año 2014*. Trabajo de grado. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Ardila, M. F. y Tovar, A. I. (2021).** *Formulación de estrategias para la reducción y mitigación de la Huella de Carbono de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Trabajo de grado en Ingeniería Ambiental. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R. y Buadit, T. (2013).** «Carbon footprint of faculty of environment and resource studies, Mahidol university, Salaya campus, Thailand». *APCBEE Procedia*, 5, pp. 175-180. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apcb.2013.05.031>
- Barros, M. V., da Silva, B. P. A., Piekarski, C. M., da Luz, L. M., Yoshino, R. T. y Tesser, D. P. (2018).** «Carbon footprint of transportation habits in a Brazilian university». *Environmental Quality Management*, 28(1), pp. 139-148. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/tqem.21578>
- Belloc, I. y Molina, J. A. (2023).** «Are greenhouse gas emissions converging in Latin America? Implications for environmental policies». *Economic Analysis and Policy*, 77, pp. 337-356. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.11.022>
- Burgos, C. C. y Figueroa, M. A. (2016).** *Aproximación al cálculo de la huella ecológica de la Universidad de Nariño sede Torobajo para el primer semestre de 2014*. Universidad de Nariño.
- Cabezas, J. D. y Chavarro, M. A. (2020).** *Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero*. Universidad de Salle.
- Cabrera, E. A. M., Garza, S. M. M. y Zapata, E. V. A. (2019).** «Modelo de gestión para la reducción de la huella de carbono en el centro de investigaciones de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala». *Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, 3, pp. 626-635.
- Campos, C. N. (2020).** *Huella de carbono en el campus central de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, estado de Sao Paulo, Brasil*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas
- Cano, N., Berrio, L., Carvajal, E. y Arango, S. (2022).** «Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus using the UNE-ISO 14064-1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard». *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(2), pp. 3980-3996. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22119-4>
- Carrillo, G. y Rivera, M. J. (2021).** *Formulación de soluciones tecnológicas que mitiguen la huella de carbono en la Universidad Santo Tomás, sede Aguas Claras-Villavicencio*. Universidad Santo Tomás, Colombia.
- Carrión, J. A. y Bacuilima, M. A. (2021).** *Estimación de la huella de carbono de la Universidad Católica de Cuenca*. Universidad Católica de Cuenca
- Castillo, M. y Patricia, G. (2018).** *Medidas de reducción y mitigación de la huella de carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, matriz Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Chai, S., Liu, Q. y Yang, J. (2023).** «Renewable power generation policies in China: Policy instrument choices and influencing factors from the central and local government perspectives». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 174(113126), 113126. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113126>
- Chavarría, F., Molina, O., Gamboa, R. y Rodríguez, J. (2016).** «Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Costa Rica para el periodo 2012-2014. Rumbo a la carbono neutralidad». *Uniciencia*, 30(2), pp. 47-62.
- Chen, T., Hsu, H., Pan, S. y Chiang, P. (2019).** «Advances and challenges of implementing carbon offset mechanism for a low carbon economy: The Taiwanese experience». *Journal of Cleaner Production*, 239(117860), 117860. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117860>
- Común, K. E. y Saavedra, A. M. (2017).** *Estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizados para desplazarse hacia la UNALM*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cordero, R. O. (2018).** «Inventario de gases con efecto invernadero de la Universidad Técnica Nacional sede Atenas, Costa Rica y su relación con el número de estudiantes». *Repertorio Científico*, 21(2), pp. 59-69.
- Criollo, N. P., Superior, E. y Superior E. (2019).** «The role of higher education institutions regarding climate change: The case of Escuela Superior Politécnica del Litoral and its carbon footprint in Ecuador». International Mechanical Engineering Congress and Exposition IMECE 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1115/IMECE2019-10676>
- Diniz, E. H., Yamaguchi, J. A., Rachael dos Santos, T., Pereira de Carvalho, A., Alégo, A. S. y Carvalho, M. (2021).** «Greening inventories: Blockchain to improve the GHG Protocol Program in scope 2». *Journal of Cleaner Production*, 291(125900), 125900. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125900>
- Dolf, M. y Teehan, P. (2015).** «Reducing the carbon footprint of spectator and team travel at the University of British Columbia's varsity sports events». *Sport Management Review*, 18(2), pp. 244-255. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.06.003>



- Elel, J. R. (2019).** *Determinación de huella de carbono del agua y los residuos sólidos como indicador ambiental en la Facultad de Ingeniería de la USAC.* Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Erazo, S.A. (2018).** *Determinación de la huella de carbono y huella hídrica en el Instituto Tecnológico Superior Sucre, Quito, Ecuador: Propuesta de un sistema de mitigación.* Universidad Internacional SEK.
- Escobedo, A., Briceño, S., Juárez, H., Castillo, D., Imaz, M. y Sheinbaum, C. (2014).** «Energy consumption and GHG emission scenarios of a university campus in Mexico». *Energy for Sustainable Development: The Journal of the International Energy Initiative*, 18, pp. 49-57. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.10.005>
- Fajardo, A. X. y Guzman, C. E. (2016).** *Cálculo de la huella de carbono de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Farinango, C. D. (2020).** *Evaluación del consumo energético y huella de carbono del edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte.* Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Fernández, T. D. I. y Lazzo, N. A. (2018).** «Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los estudiantes de la UCB (Campus Tupuraya), por el uso de transporte y propuestas de mitigación». *Acta Nova*, 8(3), pp. 433-450.
- Ferrero, A., Thouvenin, R., Hoogewoud, F., Marcireau, I., Offret, O., Louison, P., Monnet, D. y Brézin, A. P. (2022).** «The carbon footprint of cataract surgery in a French University Hospital». *Journal Francais d'Ophthalmologie*, 45(1), pp. 57-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2021.08.004>
- Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N. y Wintrip, R. (2021).** «The carbon footprint of a UK University during the COVID-19 lockdown». *The Science of the Total Environment*, 756(143964), 143964. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143964>
- Flamenco, C. L. y Luna, H.O. (2022).** *Estudio de la huella de carbono en la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de El Salvador.* Informe técnico. Universidad de El Salvador.
- Folorunso, S. S., Onibonoje, M. O. y Wara, S. T. (2021).** «Time Series-Based Carbon Footprint Forecast in a University Campus: ABUAD as a case study». En: *IEEE PES/IAS PowerAfrica* (pp. 1-5). Disponible en: <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica52236.2021.9543297>
- Folorunso, Samuel S., Onibonoje, M. O. y Wara, S. T. (2020).** «A mitigation concept for energy-demand based carbon footprint in a university campus». En: *IEEE PES/IAS PowerAfrica* (pp. 1-5). Disponible en: <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219838>
- García, S. L. (2020).** *Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, provincia de Los Ríos.* Proyecto de investigación. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d9bfa66-0a74-45bc-a6ca-ee6da09685f4/content>
- Getzinger, G., Schmitz, D., Mohnke, S., Steinwender, D. y Lindenthal, T. (2019).** «Treibhausgasbilanz von Universitäten in Österreich: Methode und Ergebnisse der Bilanzierung und Strategien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen». *Gaia*, 28(4), pp. 389-339. Disponible en: <https://doi.org/10.14512/gaia.28.4.13>
- Gómez, N., Cadarso, M.-Á. y Monsalve, F. (2016).** «Carbon footprint of a university in a multiregional model: the case of the University of Castilla-La Mancha». *Journal of Cleaner Production*, 138, pp. 119-130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.009>
- González, C. M. y Franco, F. L. (2021).** *Estimación de la huella de carbono en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.* Boletín Ambiental. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81900/BoletinAmbiental185EstimaciondelahuelladecarbonoenlaUniversidadNacionaldeColombiaSedeManizales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerra, J. y Rincón, I. (2018).** «Cálculo de la huella ecológica. Campus de la Universidad Central de Venezuela». *Luna Azul*, (46), pp. 3-19.
- Guerrero, A., García, F., Navarro, J. y Alba, D. (2022).** «General mapping of the environmental performance in climate change mitigation of Spanish universities through a standardized carbon footprint calculation tool». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10964. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph191710964>
- Gutiérrez, J. P. F., Infante, T. G. V., Toro, S. B. y Yambay, K. G. (2021).** «Huella de carbono de la Universidad Técnica de Machala período 2018-2020». *Dominio de las Ciencias*, 7(5), pp. 78-92.
- Heller, R. F., Sun, Y.-Y., Guo, Z. y Malik, A. (2021).** «Impact on carbon emissions of online study for a cohort of overseas students: A retrospective cohort study». *F1000Research*, 10, 849. Disponible en: <https://doi.org/10.12688/f1000research.55156.5>
- Hostos, A. F. y Ortiz, A. F. (2017).** *Cálculo de la huella de carbono para la facultad de artes ASAB de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Huamán, K. F. y Tejada, A. J. (2021).** *Determinación de huella de carbono en los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, Cajamarca 2020.* Tesis en Ingeniería Ambiental. Universidad Privada del Norte.
- Huang, G., Xu, Z., Qu, X., Cao, J., Long, S., Yang, K., ... Ma, X. (2022).** «Critical climate issues toward carbon neutrality targets». *Fundamental Research*, 2(3), pp. 396-400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2022.02.011>
- Huerta J. V. y Popayán E.M. (2018).** *Determinación de la huella ecológica en la comunidad universitaria «Santiago Antúnez de Mayolo», campus universitario de Shancayán - periodo anual 2014.* Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Iskandar, J., Rahma, N., Rosnarti, D. y Purnomo, A. B. (2020).** «The carbon footprint of Trisakti University's campus in Jakarta, Indonesia». IOP Conference Series. *Earth and Environmental Science*, 452(1), 012103. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/452/1/012103>
- Jaimes, L. L. (2019).** *Estimación de la huella ecológica de la Universidad Peruana Unión.* Tesis de maestría en Desarrollo Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Karishma, C. G., Kottiswaran, S. V., Balasubramanian, A. y Kannan, B. (2021).** «Estimation of carbon footprint in Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore». *Journal of Environmental Biology*, 42, pp. 1134-1140. Disponible en: [https://doi.org/10.22438/jeb/42/4\(SI\)/MRN-1534a](https://doi.org/10.22438/jeb/42/4(SI)/MRN-1534a)
- Kiehle, J., Kopsakangas-Savolainen, M., Hilli, M. y Pongrácz, E. (2022).** «Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu». *Journal of Environmental Management*, 329(117056), 117056. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117056>
- Kihara, I. y Inoue, T. (2002).** «CO<sub>2</sub> emissions per individual based on a survey of university students». *Applied Energy*, 72(3-4), pp. 645-658. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0306-2619\(02\)00058-2](https://doi.org/10.1016/s0306-2619(02)00058-2)
- Kuehr, R. (2007).** «Towards a sustainable society: United Nations University's Zero Emissions Approach». *Journal of Cleaner Production*, 15(13-14), pp. 1198-1204. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.020>
- Landívar, J. y Sánchez Gálvez, S. (2017).** «Gerencia del conocimiento: Respuesta reductora de la huella de carbono de la Universidad de Guayaquil». *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1), pp. 154-160.
- Larios, M. F., Ariza, V. E. y Zuleta, M. J. (2022).** *Huella de carbono institucional como indicador de sostenibilidad en la Universidad de la Costa.* Trabajo de pregrado. Universidad de la Costa.

- Li, X., Tan, H. y Rackes, A. (2015).** «Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China». *Journal of Cleaner Production*, 106, pp. 97-108. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.084>
- Li, Z., Sun, W., Xiang, Y., Thomson, C. y Harrison, G. (2021).** «Arranging university semester date to minimize annual CO2 emission: A UK university case study». *IScience*, 24(12), 103414. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103414>
- Medrano, X. V. y Méndez A. J. (2016).** *Diseño de un plan de gestión para la implementación de la carbono neutralidad en la Universidad Centroamericana*. Tesis de grado en Ingeniería en Calidad Ambiental. Universidad Centroamericana, Costa Rica.
- Melo G. P. (2018).** *Medidas de reducción y mitigación de la huella de carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, matriz Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Mendoza, R., Quintero, R. y Ortiz, I. (2019).** «The carbon footprint of a public university campus in Mexico City». *Carbon Management*, 10(5), pp. 501-511. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1642042>
- Morales, R.E. (2018).** *Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064-1:2006, en el Centro de Producción «Productos Unión»*. Universidad Peruana Unión.
- Moreno, R. E. Q., Salcido, J. L. P. y Mejía, J. R. (2021).** Estimación de la Huella Ecológica con base a los límites de confianza del Instituto Tecnológico de Chihuahua». *Sociedad, Permacultura y Agricultura Sustentable*.
- Neri, J. C., Santos, J. L. y Arriaga, M. G. (2020).** «Responsabilidad Social y Huella Ecológica: el caso de la Universidad Politécnica de San Luis Potosí». *Revista Cultura Económica*, 38(100).
- Norabuena, D. E. y Shiguay, S. L. (2020).** *Estimación de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Peruana Unión, aplicando el método componente modificado*. Tesis en Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión.
- Ozawa, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J. y Fleming, P. (2013).** «Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study». *Journal of Cleaner Production*, 56, pp. 185-198. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.028>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... y Alonso-Fernández, S. (2021).** «Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas». *Revista Española de Cardiología*, 74(9), pp. 790-799. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pătărlăgeanu, S. R., Negrei, C., Dinu, M. y Chiocar, R. (2020).** «Reducing the carbon footprint of the Bucharest university of economic studies through green facades in an economically efficient manner». *Sustainability*, 12(9), 3779. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12093779>
- Perez, M. (2019).** *Cálculo de la huella de carbono en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali para la elaboración de un plan de carbono neutro, Pucallpa-Perú*. Tesis en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Ucayali.
- Piedrahita, A. F. (2017).** *Cálculo de la huella ecológica generada por la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira*. Tesis en Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Quispe, G. R. (2020).** *La huella del carbono relacionado del consumo del combustible de las unidades de transporte de la Universidad Nacional del Altiplano Puno*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional del Altiplano Puno
- Reyes, D. S. y Panche, L. T. (2019).** *Determinación de la huella de carbono de la Universidad de La Salle sede Candelaria*. Tesis en Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.
- Rivas, X. D. (2017).** *Análisis de la sostenibilidad ambiental en los alumnos de pregrado de la Universidad Católica San Pablo mediante el cálculo de la huella ecológica*. Tesis en Ingeniería Industrial. Universidad Católica San Pablo.
- Robinson, O. J., Tewkesbury, A., Kemp, S. y Williams, I. D. (2018).** «Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities». *Journal of Cleaner Production*, 172, pp. 4435-4455. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.147>
- Robledo, Y. M. (2019).** «Determinación de la Huella Ecológica de las Carreras de Ingeniería del área Económico Administrativa de la Universidad Tecnológica de Nayarit». *Universo de la Tecnológica*, 12(1), pp. 16-18.
- Saavedra, B. E. (2020).** «Huella de carbono: emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú». *Revista TECNIA*, 30(1), pp. 121-138. Disponible en: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.827>
- Salazar, F., Valencia, M., Velasco, A. y Ochoa, L. V. (2019).** «Actualización de la huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito para el año 2015». *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(2), pp. 254-265.
- Sangwan, K. S., Bhakar, V., Arora, V. y Solanki, P. (2018).** «Measuring carbon footprint of an Indian university using life cycle assessment». *Procedia CIRP*, 69, pp. 475-480. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.111>
- Sippel, M., Meyer, D. y Scholliers, N. (2018).** «What about greenhouse gas emissions from students? An analysis of lifestyle and carbon footprints at the University of Applied Science in Konstanz, Germany». *Carbon Management*, 9(2), pp. 201-211 Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1440851>
- Sobrinho, N. (2021).** «Impacto sobre el cambio climático que genera la movilidad en la UPM: Cálculo de la huella de carbono». Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2021. Universidad de Burgos.
- Song, Y., Zhang, J., Song, Y., Fan, X., Zhu, Y. y Zhang, C. (2020).** «Can industry-university-research collaborative innovation efficiency reduce carbon emissions?». *Technological Forecasting and Social Change*, 157(120094), 120094. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120094>
- Syafrudin, S., Zaman, B., Budihardjo, M. A., Yumaroh, S., Gita, D. I. y Lantip, D. S. (2020).** «Carbon footprint of academic activities: A case study in Diponegoro University». *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 448(1), 012008. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/448/1/012008>
- Townsend, J. y Barrett, J. (2015).** «Exploring the applications of carbon footprinting towards sustainability at a UK university: Reporting and decision making». *Journal of Cleaner Production*, 107, pp. 164-176. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.004>
- Ulloa, B. R. y Samaniego, O. J. (2021).** *Reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio de posgrados y CIITT de la UCACUE*. Trabajo de titulación en Ingeniería Ambiental. Universidad Católica de Cuenca.
- Ushiñahua, O. (2019).** *Evaluación de dos metodologías para la determinación de la Huella de Carbono en los ambientes académicos y administrativos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali durante el año 2016 para la propuesta de una cultura en carbono neutro*. Tesis en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Ucayali.



- Utaraskul, T. (2015).** «Carbon footprint of environmental science students in Suan sunandha rajabhat university, Thailand». *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 197, pp. 1156-1160. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.371>
- Valls-Val, K. y Bovea, M. D. (2021).** «Carbon footprint in Higher Education Institutions: a literature review and prospects for future research». *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(9), pp. 2523-2542.
- Varón, M., Osorio, J. y Morales, T. (2021).** «Carbon footprint of a university campus from Colombia». *Carbon Management*, 12(1), pp. 93-107. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1876531>
- Vásquez, L., Iriarte, A., Almeida, M. y Villalobos, P. (2015).** "Evaluation of greenhouse gas emissions and proposals for their reduction at a university campus in Chile". *Journal of Cleaner Production*, 108, 924-930. DOI: [10.1016/j.jclepro.2015.06.073](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.073)
- Vega, D. R. (2019).** *Estimación de la huella de carbono y de la huella hídrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga en el año 2018*. Tesis de grado en Ingeniería Ambiental. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Wang, J. C. (2019).** «Analysis of energy use intensity and greenhouse gas emissions for universities in Taiwan». *Journal of Cleaner Production*, 241(118363), 118363. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118363>
- Xin, D., Ahmad, M. y Khattak, S. I. (2022).** «Impact of innovation in climate change mitigation technologies related to chemical industry on carbon dioxide emissions in the United States». *Journal of Cleaner Production*, 379(134746), 134746. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134746>
- Xue, N., Lu, J., Gu, D., Lou, Y., Yuan, Y., Li, G., Kumagai, S., Saito, Y., Yoshioka, T. y Zhang, N. (2023).** «Carbon footprint analysis and carbon neutrality potential of desalination by electro dialysis for different applications». *Water Research*, 232(119716), 119716. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119716>
- Yañez, P., Sinha, A. y Vásquez, M. (2019).** «Carbon footprint estimation in a university campus: Evaluation and insights». *Sustainability*, 12(1), p. 181. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12010181>
- Yepéz, V. L. (2016).** *Cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad Internacional SEK del Ecuador*.
- Yin, Z., Jiang, X., Lin, S. y Liu, J. (2022).** «The impact of online education on carbon emissions in the context of the COVID-19 pandemic - Taking Chinese universities as examples». *Applied Energy*, 314(118875), 118875. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118875>
- Zakaria, R., Aly, S. H., Hustim, M. y Oja, A. D. M. (2020).** «A study of assessment and mapping of carbon footprints to campus activities in Hasanuddin University Faculty of Engineering». *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 875(1), 012023. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/875/1/012023>
- Zanfrillo, A. I. y Artola, M. A. (2019).** «Aportes para la inclusión de la dimensión medioambiental en los sistemas de información». *Capic Review*, 17, pp. 1-13.
- Zapateiro, D. A. (2021).** *Análisis de la huella de carbono y la huella ecológica en la Universidad Tecnológica de Bolívar. Estudio de caso Grupo Piloto Oficinas Sostenibles UTB*. Universidad Tecnológica de Bolívar
- Zerón, M. L. y Arias, J. B. (2019).** *Huella de Carbono según la ISO 14064-1:2011 de las actividades académicas de la Universidad Peruana Unión, sede Lima*. Tesis en Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión.