



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO**



FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

**“PROPUESTA DE NEUTRALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO
DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO,
DERIVADA DE LAS ACTIVIDADES SUSTANTIVAS DEL AÑO
2021 y 2022”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

YOSELIN MONTOYA GARCÍA

DIRECTOR

DR. EN U. JUAN ROBERTO CALDERÓN MAYA

CODIRECTOR

DR. EN S. D. NOÉ ARMANDO COLÍN MERCADO

TOLUCA, MÉXICO, OCTUBRE 2023

Contenido

1. Planteamiento del problema y propuesta de solución	10
1.1. Problemática	10
1.2. Justificación.....	11
1.3. Objetivos	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
2. Marco teórico conceptual.....	14
2.1 Cambio climático	14
2.2 Efecto invernadero	14
2.3 Gases de efecto invernadero	15
2.4 Calentamiento global.....	18
2.5 Huella ecológica.....	19
2.6 Huella de carbono	20
2.7 Análisis de ciclo de vida	22
2.8 Fuentes de emisión	22
2.9 Neutralidad del carbono	23
3. Antecedentes de la investigación.....	25
3.1 Universidades en Europa	25
3.1.1 Universidad de Córdoba (UCO), España	25
3.1.2 Universidad de Alcalá (UAH), España.....	25
3.1.3 Universidad de Valencia (UV), España	26
3.1.4 Universidad de Santiago de Compostela (USC) España	27
3.1.5 Universidad de Jaén, España.....	28
3.1.6 Universidad Politécnica de Manresa (EUPM), España	28
3.2 Universidades en América	29
3.2.1 Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Colombia	29
3.2.2 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.....	30
3.2.3 Universidad Central de Venezuela.....	30
3.2.4 Universidad Nacional de Costa Rica	31

3.3	Universidades en México	33
3.3.1	Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)	33
3.3.2	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).....	33
3.3.3	Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)	34
4.	Metodología de la investigación.....	36
4.1	Metodologías para el cálculo de la huella de carbono.....	36
4.2	Metodología para aplicar en las IES.....	42
5.	Cálculo de la huella de carbono en la UAEMéx.....	46
5.1	Determinar el año o periodo a evaluar	47
5.2	Definir límites organizacionales y operacionales.....	47
5.3	Identificar las fuentes de emisión de GEI	48
5.4	Determinar los alcances.....	51
5.5	Establecer factores de emisión	53
5.6	Recolectar datos e información.....	56
5.7	Realizar el cálculo	62
5.8	Análisis y discusión de los resultados	65
6.	Plan de neutralización de la huella de carbono de la UAEMéx.....	69
6.1	Plan para neutralizar la huella de carbono	69
6.2	Aplicar el plan de neutralización de la HC.....	85
6.3	Realizar retroalimentación.....	86
7.	Conclusiones	87
	Referencias	92
	Anexos	105

Índice de Tablas

Tabla 1	Equivalencias de Dióxido de Carbono	18
Tabla 2	Tipos de fuentes de emisión	36
Tabla 3	Matrícula de la comunidad universitaria	43
Tabla 4	Factor de emisión para la energía	51
Tabla 5	Factores de emisión para combustibles	51
Tabla 6	Factor de emisión para el papel	51
Tabla 7	Factores de emisión para residuos	52
Tabla 8	Factor de emisión para construcción	52
Tabla 9	Otros factores de emisión	53
Tabla 10	Consumo de combustibles en el año 2021 y 2022	53
Tabla 11	Otros Combustibles del año 2022	54
Tabla 12	Consumo energético del año 2021 y 2022	56
Tabla 13	Residuos de la UAEMéx	56
Tabla 14	Extensión de la UAEMéx	57
Tabla 15	Obra nueva construida en el año 2021 y 2022	58
Tabla 16	Consumo de papel de la UAEMéx del 2021 y 2022	58
Tabla 17	Alcance 1	59
Tabla 18	Alcance 2	60
Tabla 19	Alcance 3	61
Tabla 20	Huella de Carbono de la UAEMéx en el 2021	62
Tabla 21	Huella de Carbono de la UAEMéx en el 2022	62
Tabla 22	Huella de carbono per cápita de las IES	65
Tabla 23	Generación de composta en la UAEMéx	68
Tabla 24	Captura de CO _{2e} de las áreas verdes	69
Tabla 25	Actividades 2021	69
Tabla 26	Actividades 2022	70
Tabla 27	Especies que absorben CO ₂ en los Huertos	78
Tabla 28	Especies que absorben CO ₂	82

Índice de Figuras

Figura 1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI	39
Figura 2 Metodología para la UAEMéx	43
Figura 3 Fórmula para calcular la Huella de Carbono	64

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Composición química de la atmósfera

13

Introducción

Derivado de la situación a la que se enfrenta el planeta Tierra, denominado cambio climático, problemática que se refiere a las variaciones de temperatura ocasionadas por la generación de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales traen múltiples consecuencias como, manifestaciones de fenómenos extremos, extinción de especies y daños a la salud humana.

En este sentido, considerando que la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), es un Institución de Educación Superior (IES) conformada por una comunidad de alto impacto, en la cual diariamente se realizan diferentes actividades y éstas producen cantidades de GEI, por ello, surge el presente estudio, cuyo objetivo principal es calcular la huella de carbono a partir de sus actividades sustantivas en el año 2021 y 2022, al igual que proponer el diseño de un plan de neutralización.

La investigación comprende ocho apartados, de los cuales, el primero expone la problemática que refiere a este estudio, al igual que el objetivo principal, y los objetivos específicos, los cuales contribuyeron como guía a lo largo del presente trabajo. El segundo apartado, define la terminología utilizada a lo largo de la investigación, la cual permitió la comprensión respecto al tema de huella de carbono.

El tercer apartado, presenta los principales casos de estudio de universidades a nivel internacional, como Europa y América, para posteriormente estudiar el caso de México, analizando IES que han trabajado en el cálculo de su huella de carbono, de las cuales, algunas se han involucrado en la reducción de sus emisiones, por lo que fueron referentes en cuanto a las metodologías aplicadas y resultados obtenidos.

Posteriormente, se encuentra la parte metodológica, donde se exponen las principales metodologías utilizadas a nivel internacional, de las cuales, una vez analizadas, se obtuvieron los principales elementos aplicables para el caso de las IES, de esta manera, se logró diseñar y proponer una metodología híbrida, dirigida a IES y utilizada en la UAEMéx como caso de estudio.

Como resultado de la metodología propuesta, se presenta el cálculo de la HC de la UAEMéx para ambos años, donde en primera instancia, se identificaron las principales actividades generadoras de GEI: electricidad, movilidad, consumo de combustibles fósiles, generación de residuos, consumo de papel y construcciones.

Lo anterior permitió clasificar las fuentes de emisión e integrarlas en tres alcances, como los definen las metodologías, por un lado, el alcance uno, al ser sobre emisiones directas, consideró el consumo de combustibles fósiles que la Universidad utiliza para sus vehículos como: gasolina, diésel, gas natural y gas natural vehicular.

Mientras que, el alcance dos, al comprender las emisiones semi-directas, es decir, de origen externo, calculó el consumo energético, el cual es un recurso indispensable y necesario para el funcionamiento de la Universidad. Respecto al alcance tres, al referirse a las emisiones indirectas, se consideraron residuos, consumo de papel y construcciones.

A partir de los resultados obtenidos se generó una propuesta de neutralización, conformada por una lista de actividades que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual se describe en el apartado siete, además se retoma la función de la implementación de especies de árboles y vegetales, los cuales tienen la capacidad de absorber CO₂e del entorno.

Finalmente, se presentan las conclusiones de esta investigación, donde se menciona la importancia de calcular la HC en IES, así como la metodología híbrida propuesta, la cual tiene la finalidad de ser replicada en más Instituciones para que éstas puedan realizar una autoevaluación, al igual que un plan de neutralización a través de diferentes acciones que les permita encaminarse a una institución más verde.

La presente investigación, al sugerir una nueva metodología dirigida a IES para el cálculo de la HC de la UAEMéx, y a su vez, proponer un plan para su neutralización, se convierte en un referente a nivel superior en el tema de huella de carbono y en el tema ambiental.

1. Planteamiento del problema y propuesta de solución

1.1. Problemática

Actualmente el planeta Tierra se enfrenta al aumento de temperatura ocasionado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la actividad humana, de modo que han contribuido considerablemente al cambio climático, siendo uno de los problemas ambientales de mayor atención y cuidado para la sociedad.

El cambio climático es un problema que enfrenta la población mundial y sus efectos cada vez son más evidentes, estos ocasionan complicaciones en el ambiente y, por consiguiente, en el modo de vida del ser humano, lo que trae consecuencias a nivel global como: el aumento de nivel del mar, la escasez de agua, la pérdida de hectáreas de bosques y la manifestación de fenómenos extremos.

Todo lo anterior genera un impacto en los diferentes grupos de personas a distintas escalas (comunidad, región o incluso país) ocasionando, en la mayoría de los casos: pérdidas humanas y económicas, así como el deterioro del hábitat y el entorno. Por esta razón, el Grupo de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2023), ha catalogado el cambio climático como un problema de alerta global, debido a los efectos que genera sobre el ambiente y la humanidad.

La manifestación del cambio climático resulta perjudicial debido a la presencia de altas cantidades de gases de efecto invernadero, mismos que se encuentran en el aire, siendo estos: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6).

La generación antrópica de estos gases es nociva para el humano y contribuyen de manera significativa al calentamiento global, mismo que en el año 2022 incrementó $0.86\text{ }^\circ\text{C}$ respecto al siglo XX, el cual correspondió a $13.9\text{ }^\circ\text{C}$ (NCEI, 2023). Por ello, han surgido diversas alternativas para enfrentar esta crisis mundial, dentro de las cuales se encuentran herramientas de gestión como: la huella ecológica o huella de carbono, en ambos casos, se trata de un indicador que permite conocer el impacto

ocasionado a lo largo del tiempo y su aplicación, puede ser de manera personal o colectiva.

En este sentido, en esta investigación, se pretende calcular la huella de carbono y analizar los resultados obtenidos, para proponer medidas que no solo disminuyan los gases de efecto invernadero, sino que compensen el daño ocasionado por los GEI generados en las IES y así permitan combatir el calentamiento global.

1.2. Justificación

La Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) constituye una comunidad de alto impacto, debido a las distintas actividades realizadas diariamente que emiten una cantidad considerable de GEI al aire, éstas son principalmente ocasionadas por: la movilidad que ofrece la Institución a su comunidad, la generación de residuos, el consumo energético dentro de los espacios universitarios, entre otras actividades.

Por lo anterior, se plantea conocer las fuentes de emisión directas e indirectas que emiten GEI, posteriormente cuantificarlas y proponer alternativas que contribuyan a reducir la huella de carbono de la Universidad. Con ello, se pretende otorgarle el valor suficiente al uso y aplicación de la HC como indicador y como parte fundamental de la evaluación ambiental ante la crisis climática.

Cabe resaltar que el propósito de esta investigación es, además de obtener la huella de carbono de la Universidad, proponer su neutralización a través de estrategias y alternativas como: fortalecer la implementación de campañas de acopio de residuos, reforestaciones institucionales y la eficiencia energética.

Además, sugerir otras actividades que contribuyan a reducir las emisiones de GEI y así permitan beneficios en el aspecto ecológico, social, cultural, económico, educativo, político y tecnológico en la Institución y, de esta manera, encaminar a la UAEMéx hacia una universidad más verde.

En el aspecto ecológico, la Universidad se mostrará como una Institución que actúa y busca involucrarse en las problemáticas ambientales actuales, además de integrar

herramientas de gestión ambiental dentro de su evaluación, de modo que se convierta en una universidad mayormente sostenible y un referente dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES), en cuanto al tema de huella de carbono.

Por el lado social, considerando que la Universidad está conformada por una comunidad integrada por: estudiantes, académicos y administrativos, estos serán parte primordial en el cambio de perspectivas, es decir, se pretende lograr que los individuos se involucren en el tema ambiental, a través de su participación en las distintas actividades planteadas a lo largo de esta investigación.

Mientras que, en el ámbito económico, el cálculo de huella de carbono permitirá conocer las fuentes generadoras de GEI en la UAEMéx y se podrán identificar las actividades con mayor cantidad de gases emitidos, con la finalidad de optimizar el uso de estos recursos y al mismo tiempo reducir sus emisiones.

En cuanto a lo cultural, el tema de educación ambiental va más allá de buenas acciones y activismo, por lo que al pertenecer a una Institución que se ha desarrollado en el tema ambiental, también representa adquirir una perspectiva amplia sobre la importancia del entorno natural dentro y fuera de las IES, en este contexto, el objetivo es que la comunidad universitaria adquiera y comparta conocimientos, sensibilidad y valores respecto al ambiente.

En el ámbito educativo, el cálculo de la HC refuerza el aprendizaje en los individuos, adquiriendo conocimientos y experiencias al respecto, lo que les permite involucrarse y desarrollarse en temas ambientales, logrando obtener una perspectiva de sostenibilidad.

Mientras que, en el aspecto político, se encaminará hacia la normatividad correspondiente, siendo la Universidad un ejemplo a seguir para la sociedad, y finalmente en cuanto al tema tecnológico, el cálculo de HC, representa un desarrollo para la UAEMéx en la ciencia e innovación.

Por lo anterior y atendiendo a la problemática inicial, en esta investigación se presenta la medición de la huella de carbono como herramienta de evaluación ambiental en la UAEMéx, además de un plan de acción con propuestas con la

finalidad de reducir y, en la medida de lo posible, neutralizar las emisiones de GEI derivadas de las actividades sustantivas de la Universidad.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Para alcanzar el fin de la presente investigación, se define como objetivo general: **realizar la propuesta de neutralización de la huella de carbono generada por las actividades sustantivas de la Universidad Autónoma del Estado de México en los años 2021 y 2022.**

1.3.2 Objetivos específicos

Por otro lado, se pretende atender a los siguientes objetivos específicos:

- Identificar Instituciones de Educación Superior que hayan calculado su huella de carbono para comparar sus metodologías y resultados.
- Identificar dentro de la Universidad las principales actividades generadoras de gases de efecto invernadero.
- Medir la generación de CO₂e en la UAEMéx para conocer la huella de carbono Institucional.
- Proponer acciones que permitan neutralizar la huella de carbono en la UAEMéx.

2. Marco teórico conceptual

Con la finalidad de facilitar la comprensión de la presente investigación, este apartado será dedicado a identificar y definir los términos más importantes relacionados con la temática de huella de carbono como: el cambio climático, el efecto invernadero y sus gases principales, el calentamiento global y otros.

En este sentido, se ordenarán los términos utilizados, partiendo de una perspectiva y contexto general, con la finalidad de llegar a lo particular, priorizando aquellos conceptos que consolidan la acepción de huella de carbono y su neutralización, de manera que, en conjunto, permitan comprender la problemática que esto representa.

2.1 Cambio climático

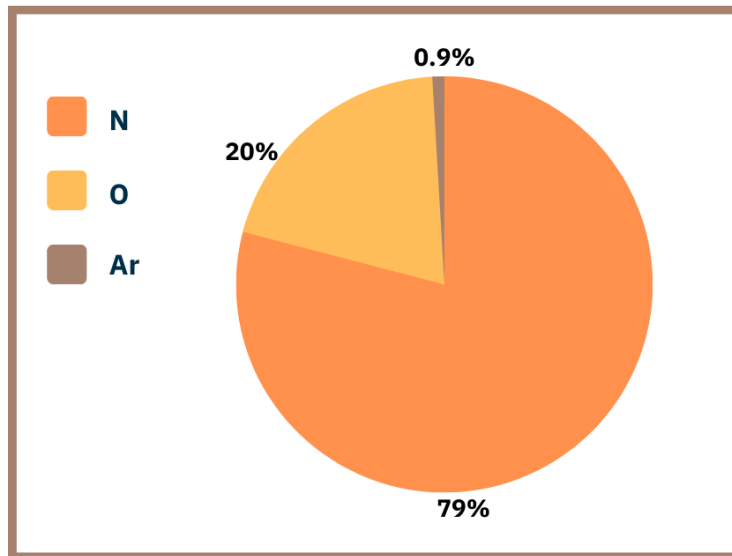
El cambio climático es un término que hace referencia a variaciones en los patrones de temperatura, en donde al incrementar la generación de algunos gases, aumenta también la temperatura de la Tierra, lo cual se atribuye al factor antropogénico, es decir, a los procesos productivos y servicios que ofrece el hombre (Soto, 2015).

En dichos procesos y servicios se generan gases de efecto invernadero conocidos como GEI y son causantes de un fenómeno, que se describirá más adelante, llamado efecto invernadero éstos son: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (Benavides y León, 2007).

2.2 Efecto invernadero

El efecto invernadero consiste en el proceso por el cual la atmósfera se calienta, siendo ésta una capa que envuelve a la Tierra y dentro de su composición química, se encuentran gases de manera natural como: nitrógeno (N), oxígeno (O), argón (Ar) y dióxido de carbono (CO₂); siendo estos de vital importancia para el desarrollo de la vida (Caballero *et al.*, 2007).

Gráfico 1 Composición química de la atmósfera



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Caballero *et al.* (2007).

La atmósfera a través de estos gases forma una capa que retiene parte de la energía solar, a consecuencia de esto, se produce el efecto invernadero. Es importante considerar que, dicho proceso, sucede de manera natural y su finalidad es equilibrar la temperatura de la superficie terrestre (Trespalcios *et al.*, 2018).

También se manifiesta como producto de la actividad humana, llamado efecto invernadero antropogénico, donde la atmósfera presenta GEI, los cuales al encontrarse en altas cantidades resultan contraproducentes para el planeta (Benavides y León, 2007).

2.3 Gases de efecto invernadero

De acuerdo con lo establecido en Japón, en el año de 1957 a través del convenio internacional llamado Protocolo de Kioto, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se establecieron los principales gases de efecto invernadero (SEMARNAT, 2017).

Dentro de los GEI, el vapor de agua (H_2O) es considerado como el más abundante, debido a la cantidad en la que se encuentra en la atmósfera y nubes, y éstas se ven afectadas cuando la atmósfera se calienta. Por otro lado, la concentración media del vapor de agua no es alterada directamente por la acción humana, sino que el

forzamiento radiactivo ocasionado por el aumento de GEI, afecta indirectamente el ciclo del agua en la Tierra (Benavides y León, 2007).

Este gas tiene la capacidad de retener el calor en la superficie terrestre, y de esta manera el aire puede contener mayor cantidad de agua, lo cual permite incrementar la temperatura, además el vapor de agua es el principal responsable de la humedad ambiental de la Tierra (Trespalcios *et al.*, 2018).

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los gases de efecto invernadero, generado a partir de fuentes naturales y antrópicas, siendo el segundo más perjudicial dentro de la contribución del cambio climático, producto de la actividad humana, como: la quema de combustibles fósiles y bosques, la deforestación, además de los distintos procesos por parte del sector industrial, lo que ha traído alteraciones en: la atmósfera, la superficie terrestre y al océano (Benavides y León, 2007).

El dióxido de carbono representa aproximadamente el 70% de los gases de efecto invernadero derivado, principalmente de la quema de combustibles fósiles y de los restos de plantas y animales que se han fosilizado durante miles de años, mismos que, al contener carbono en altas concentraciones, se han utilizado como combustibles (Trespalcios *et al.*, 2018).

Según Arroyo y Ramírez-Monroy (2020), el CO₂ es uno de los gases que más se han estudiado a lo largo de los últimos 60 años, a causa de las actividades antropogénicas, por lo que resulta ser dañino a todo ser vivo, debido a la capacidad que tiene de aumentar la temperatura del planeta y desestabilizar los ecosistemas y el equilibrio en ellos.

Otro GEI es el metano (CH₄) generado, principalmente a partir de la descomposición de la materia orgánica en los distintos procesos biológicos como: la producción digestiva de los rumiantes, la siembra de diversos cultivos y la quema de éstos, así como la disposición final de los residuos, y los tratamientos anaerobios de aguas residuales (Benavides y León, 2007).

Un ejemplo muy particular es el caso de los rumiantes, ya que su estiércol es una de las fuentes más importantes de metano, pues se estima que una vaca produce alrededor de 90 kilos de este gas al año, lo que manifiesta un alto impacto anual

dentro de la producción del sector ganadero a lo largo del tiempo (Benavides y León, 2007).

De acuerdo con Trespalacios *et al.*, (2018), el metano corresponde al 20% de los GEI, además de tener un tiempo de duración de vida en la atmósfera de aproximadamente 12 años, pese a ello resulta dañino para el ambiente y la salud humana al desplazarse en el aire.

Por otro lado, se encuentra el óxido nitroso (N_2O), que es un gas que pertenece a los GEI y es generado a partir de la quema de combustibles fósiles, el pastoreo, el uso de algunos fertilizantes para la producción en los suelos y la actividad agrícola, para esta última el N_2O es producto del proceso microbiológico llamado nitrificación y desnitrificación (Benavides y León, 2007).

El óxido nitroso tiene una duración aproximada en la atmósfera de 120 años y corresponde al 7% de los GEI, por lo que resulta altamente perjudicial debido al tiempo de estancia que tiene, además de intensificar el efecto invernadero (Trespalacios *et al.*, 2018).

Los perfluorocarbonos (PFC) también son GEI, pero provenientes principalmente de la industria, particularmente en el sector electrónico y en la refrigeración (MTERD, 2022). Los PFC se tratan de moléculas sintéticas (átomos de carbono y flúor), en estado líquido claros, e incoloros, no solubles en agua y tienen la capacidad de diluir algunos gases como el oxígeno (O_2), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) y óxido nítrico (NO) (Cabrales, 2006).

De igual manera, se presentan los hidrofluorocarbonos (HFC), responsables del 1% de los GEI (Trespalacios *et al.*, 2018), producto de los refrigerantes en aparatos como el aire acondicionado, además de ser utilizados como solventes y propulsores de aerosoles. Son liberados, en su mayoría por fuentes industriales y sus efectos repercuten en la salud humana y en el equilibrio ecológico debido a su potencial en el ambiente, contribuyendo de manera significativa al efecto invernadero y por lo tanto al cambio climático (MTERD, 2022).

Finalmente, el hexafluoruro de azufre (SF_6), se trata de un gas que al exponerse en altas temperaturas se descompone y origina componentes tóxicos. El SF_6 es usado

principalmente en equipos de producción de energía eléctrica, por lo que actúa como gas aislante, además de encontrarse en el ámbito industrial como en los procesos de plasma en la producción electrónica. Al ser liberado el SF₆ funciona como agente que intensifica el efecto invernadero, por lo que su tiempo de permanencia en la atmósfera es alto (MMA, 2007).

Por consiguiente, para la generación de GEI se requiere de una emisión donde, de acuerdo con lo establecido por la Ley General de Cambio Climático (LGCC) (2015), este término corresponde a la liberación de gases de efecto invernadero y sus derivados o compuestos a la atmósfera.

2.4 Calentamiento global

El calentamiento global, se refiere al aumento de la temperatura de la Tierra, debido al fenómeno de efecto invernadero, el cual consiste en liberar menos calor al exterior del que se genera al interior del planeta, a causa de la presencia de GEI que, como ya se mencionó, estos gases almacenan el calor proveniente del sol, impidiendo el flujo hacia fuera del globo terráqueo, a través del fenómeno de reflexión, lo cual tiene como consecuencia un incremento constante de la temperatura al interior (Espejel y Flores, 2015).

Además, es importante mencionar que la generación de GEI contribuye al deterioro de la capa de ozono, misma que tiene como función obstruir la radiación solar, no obstante, la destrucción de ésta no permite filtrar los rayos provenientes del sol y consecuentemente la radiación incidente es mayor, incrementando más la temperatura al interior de la tierra (Espejel y Flores, 2015).

De acuerdo con un artículo publicado por National Geographic (2010), el calentamiento global se atribuye principalmente, a la actividad industrial humana que genera día a día grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero, ejemplo de ello es México, quien tan solo en el año 2020 emitió aproximadamente 804 MtCO₂e, representando así el 1.3% de las emisiones globales lo que, sin duda, ha contribuido a alteraciones y cambios en los patrones meteorológicos (BBVA, 2023).

2.5 Huella ecológica

Otros términos importantes, son aquellas herramientas que permiten evaluar el daño ocasionado por la actividad humana, siendo una de éstas la huella ecológica (HE). Este concepto fue desarrollado por primera vez en el año de 1996 por el canadiense William Rees y su colaborador Mathis Wackernagel (SEMARNAT, 2017), el cual comenzó a cobrar relevancia dentro de la sociedad y, a lo largo del tiempo, se le otorgaron distintos enfoques según el contexto en el que se encontraba.

Tal es el caso de Martínez (2007), donde describe la huella ecológica como un indicador del impacto en el entorno ejercido por la sociedad humana. Asimismo, menciona que comprende los recursos utilizados en los modelos de producción y para el consumo, también conocida como el “área biológicamente productiva”, lo que indica el espacio donde se generan recursos y se desechan los mismos.

La huella ecológica, comprende toda aquella superficie terrestre y marina, que se necesita para producir todos los recursos indispensables para la sobrevivencia humana, desde el espacio para la agricultura, minería, bosques para la producción de madera, superficies de captación de agua, áreas para la urbanización y construcción, energía y espacios para la absorción de los residuos generados por la actividad humana (SEMARNAT, 2007).

Por otro lado, la huella ecológica se ha desarrollado en torno a la relación del hombre y el medio, pues representa la conexión entre el ámbito económico y la biósfera e incluye la capacidad de carga del planeta, es decir, hace referencia al límite máximo, el cual no debe ser superado o sería considerado “sobreexplotación de los recursos” (Martínez, 2007).

Al aplicar el término de HE, es necesario considerar la zona geográfica donde se está realizando la actividad, además de los actores involucrados y, de esta manera, analizar a profundidad el porqué de su implementación. Una vez que se ha identificado la superficie productiva, se continúa con el cálculo correspondiente de acuerdo con las distintas metodologías existentes, donde además de analizarla, se

pretende realizar actividades que contrarresten y moderen los impactos negativos al medio ambiente.

La huella ecológica calcula la superficie requerida para satisfacer las necesidades de consumo, y dentro de ésta se pueden encontrar divisiones de acuerdo con los modos productivos, siendo estos: cultivos, bosques, pastos, producción en mares, superficie construida y energía (Schneider y Samaniego, 2010).

También es importante considerar que la HE, mide la demanda que tiene la humanidad sobre la biósfera y de esta manera funciona como un indicador de sustentabilidad, puesto que permite convertir el daño y/o destrucción ambiental por la actividad humana, a hectáreas de tierra productiva, con la finalidad de conocer el impacto que la sociedad ha tenido sobre el entorno y, proponer soluciones de mitigación a la crisis ambiental (Martínez, 2007).

2.6 Huella de carbono

La definición de huella de carbono se introdujo por los ambientalistas británicos que preferían consumir los productos locales en lugar de productos externos debido al alto costo de trasladarlos, es decir, las emisiones que se generaban a partir de esta acción. Posteriormente el término fue adoptado por distintos países como: Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Japón, entre otros, donde se convirtió en un indicador que pretendía cuantificar las emisiones generadas en los distintos tipos de producción a fin de reducirlas (Fernández, 2021).

Por lo anterior, la HC es considerada una herramienta de gestión ambiental que permite cuantificar y evaluar las emisiones (GEI) generadas por el ser humano y dar seguimiento al daño ocasionado y, por consiguiente, intervenir en la toma de decisiones que contribuirán a mitigar o contrarrestar el impacto sobre el ambiente, ésta normalmente se mide en kilogramos o toneladas de dióxido de carbono equivalente (Schneider y Samaniego, 2010).

Es importante mencionar que la huella de carbono puede medirse de forma personal, colectiva o de cualquier actividad económica, por ejemplo, a nivel empresa o institución, así como un servicio (Fernández-Reyes, 2015). Lo que permite

determinar la eficiencia de las actividades realizadas, y de no ser así, tomar las medidas o acciones necesarias para combatirlo.

Al determinar la huella de carbono producida se pueden obtener múltiples beneficios, entre los que destaca: lograr una aportación a la mitigación al cambio climático, generar conciencia sobre los GEI emitidos, así como identificar las actividades o espacios potenciales de producción de emisiones, lo que permite optimizar y mejorar las actividades y, a su vez, en términos económicos se logra una reducción de costos (Valderrama, 2011).

También, es de suma importancia mencionar que, cuando se habla de “dióxido de carbono equivalente” (CO₂e), se hace referencia a la medida universal en la medición de huella de carbono, lo que representa la emisión de todos los gases de efecto invernadero (TPA, 2020), como se muestra a continuación:

Tabla 1 Equivalencias de Dióxido de Carbono

Gas de efecto invernadero	Equivalente a CO₂e
Dióxido de carbono (CO ₂)	1 CO ₂ e
Metano (CH ₄)	25 CO ₂ e
Óxido nitroso (N ₂ O)	298 CO ₂ e
Hidrofluorocarbos (HFC)	124-14,800 CO ₂ e
Perfluorocarburos (PFC)	7,390-12,200 CO ₂ e
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	22,800 CO ₂ e

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con CONAMA, (2016).

Por lo anterior, la huella de carbono es considerada como una de las herramientas de sustentabilidad más importantes para cuantificar los gases de efecto invernadero emitidos y, de esta forma, adoptar estrategias y alternativas que compensen el daño ocasionado.

Asimismo, la huella de carbono también comprende las emisiones directas e indirectas, lo que conlleva al análisis de ciclo de vida en la producción de determinada actividad económica, como un producto o servicio (Espíndola y Valderrama, 2011).

2.7 Análisis de ciclo de vida

El término análisis de ciclo de vida (ACV), conforma diversas etapas que constituyen la vida útil de un producto o servicio brindado, para su estudio se intenta lograr la asociación de todos los elementos de la naturaleza, recursos y emisiones que se van generando en cada etapa de transformación del producto.

El ACV, funciona también como una metodología utilizada para evaluar todos aquellos impactos generados a partir de los servicios y bienes que ofrece determinada empresa. Como parte integral considera el proceso de transformación del producto, es decir, desde la extracción de las materias primas, transporte, el proceso de elaboración y la distribución del producto y su disposición final (Deloitte, 2012).

Es relevante mencionar que el ACV es una herramienta de gestión ambiental, gracias a su aplicación no solo se pueden conocer los impactos generados, sino que permite cambiar la manera en la que se produce, por ejemplo, en la elección de los materiales, de forma que estos no ocasionen alteraciones al entorno y resulten más convenientes en su implementación.

Por consecuencia, el análisis de ciclo de vida es un procedimiento sistemático que mide el consumo de recursos y las emisiones producidas a partir de la creación de un producto o servicio, en cuanto a su creación, uso y fin, donde su objetivo principal es reducir la carga ambiental generada a partir de las distintas actividades económicas (Arena, 2017).

2.8 Fuentes de emisión

Otro término importante y de gran utilidad para esta investigación, son las fuentes de emisión, las cuales son las generadoras de gases de efecto invernadero, provenientes de actividades cuyos procesos originan determinada cantidad de contaminantes al entorno (SEMARNAT, 2018).

Dentro de las fuentes de emisiones se encuentran las fuentes fijas o puntuales, las cuales se refieren a aquellas que se presentan en un solo lugar, es decir, son estacionarias, desarrollan operaciones o actividades que generan emisiones

contaminantes a la atmósfera, por ejemplo, las plantas de energía, fábricas o refinerías de petróleo SEMARNAT (2017).

Por otro lado, se presentan las fuentes móviles, las cuales se refieren al transporte y los vehículos automotores, mientras que las fuentes de área se tratan de actividades en conjunto, como la quema de combustibles, el uso de solventes y madera, las actividades agrícolas, el manejo de residuos, entre otras. Finalmente, las fuentes naturales, corresponden a todos los fenómenos que se encuentran de forma natural, además de la vida animal y vegetal.

2.9 Neutralidad del carbono

Debido a las emisiones de gases contaminantes en el sector público y privado, incluyendo las IES, se han realizado estudios encaminados a la neutralidad del carbono, es decir, se busca el equilibrio de la cantidad de CO₂ emitido y la cantidad que se puede absorber, para alcanzar el valor cero de emisiones de CO₂, además se involucra la compensación de las emisiones por medio de acciones y estrategias que ayudan a absorber el dióxido de carbono generado (PE, 2023).

Por su parte, el IPCC (2018) define a la neutralidad de carbono como equilibrar las emisiones netas de CO₂ a cero y para alcanzar este fin, intervienen factores que en conjunto contribuyen a lograr reducir las emisiones generadas y, adoptar un modo que resulte eficiente para compensar y enfrentar los cambios ambientales a causa del dióxido de carbono.

Para lograr la neutralidad de carbono, es necesario hablar sobre capacidad de afrontamiento, también conocido como resiliencia, en donde el sistema o entorno natural busca la manera de manejar y superar las condiciones adversas a las que se presenta, además de la actividad del hombre a favor del ambiente (ONU, 2023).

Por otro lado, según Benjamín y Masera (2001), dentro de la naturaleza existen almacenes de carbono (ecosistemas forestales) que se encargan de fijar y resguardar el CO₂, por ejemplo: el suelo, la vegetación y el mantillo. Respecto al suelo, este tiene la increíble capacidad de almacenar carbono por miles de años, lo

que le otorga mayor relevancia, mientras que, la vegetación captura el dióxido de carbono por medio del maravilloso proceso de fotosíntesis.

De esta manera, la vegetación tiene la capacidad de capturar CO₂, por ejemplo, en los ecosistemas terrestres como los bosques, donde por medio de los árboles, se almacena el carbono hasta ser reemitido al suelo o atmósfera, para después ser liberado por medio de la descomposición de la materia orgánica o la quema de la biomasa, proceso que permite que el carbono fluya y regresa a su ciclo (Benjamín y Masera, 2001).

Para alcanzar la neutralidad del carbono, es indispensable diseñar e implementar planes de acción con el objetivo de reducir y compensar las emisiones generadas, los cuales puede ser aplicados en la industria, en empresas e incluso a nivel país (UC, 2020), lo que permite evaluar el impacto de las actividades realizadas, además del emplear nuevos modos de producción y consumo que contribuyan a minimizar el deterioro ambiental.

De esta manera, a través de acciones como las descritas, se busca reducir las emisiones de gases generadas a partir de la actividad del hombre, tratando de equilibrar la cantidad entre lo emitido y lo compensado, y, por consiguiente, a combatir el cambio climático al que se enfrenta el planeta.

Partiendo de lo anterior, se retoma el papel de las IES dentro de los problemas ambientales que enfrenta el planeta a nivel global, al igual que la importancia en la formación de sus estudiantes como sociedad del futuro, teniendo en cuenta que son las encargadas de integrar y moldear a un grupo de personas que, en determinado momento actuarán y tomarán decisiones a favor del bienestar socioambiental.

Considerando esta perspectiva y el objetivo de la investigación, según Mondéjar-Navarro et al., (2011), es importante fortalecer los espacios de enseñanza y retomar la parte ambiental dentro de los centros educativos, con el propósito de no solo mejorar como institución en temas ambientales, sino adquirir nuevas perspectivas del entorno y el cómo contribuir a reducir los impactos generados.

3. Antecedentes de la investigación

Para fortalecer la presente investigación, es necesario identificar que se está haciendo al respecto en otras latitudes, motivo por el cual se presenta un análisis de algunas de las universidades que han sumado trabajo y esfuerzo por realizar estudios sobre sus emisiones de GEI generadas y, en algunos casos, han logrado cuantificar su huella ecológica o de carbono.

3.1 Universidades en Europa

3.1.1 Universidad de Córdoba (UCO), España

La Universidad de Córdoba no participa dentro del Ranking GreenMetric (RGM), sin embargo, destaca por su trabajo del cálculo de huella de carbono del año 2013 al 2020, donde en primera estancia definieron los límites del estudio (año), posteriormente identificaron las fuentes emisoras, así como los factores de emisión, y de esta manera realizaron el cálculo, para finalmente comunicar los resultados como parte de la sensibilización a su comunidad universitaria.

Cabe resaltar que se consideraron todos los edificios de la UCO para el cálculo, donde para el último año del estudio (2020), la huella de carbono correspondió a 2,045,000 kg de CO_{2e}, y considerando que la comunidad universitaria para ese año fue de 18,947 integrantes, la HC por persona fue 108 kg de CO_{2e}.

3.1.2 Universidad de Alcalá (UAH), España

De acuerdo con GreenMetric (2022) la UAH se encuentra en la posición número 32 a nivel internacional (RGM, 2023), lo que representa un gran logro en cuanto al puntaje alcanzado, y refleja el compromiso hacia la sostenibilidad ambiental dentro de su campus.

La UAH realizó su estudio para el año 2008 al 2011, utilizando algunos aspectos de la metodología ISO 14064-1:2006 y del Green House Gas Protocol (GHG Protocol). De esta manera para el año 2011, se obtuvo la HC de 8,088,080 kg de CO_{2e},

mientras que, sus emisiones per cápita fueron de 260 kg de CO₂e por miembro de la comunidad universitaria (GNF, 2013).

En cuanto a sus alcances, el alcance 1 correspondió a las emisiones asociadas al consumo de gas natural en calderas, a fugas de sustancias refrigerantes en sistemas de climatización y al consumo de carburante de vehículos, lo que generó la cantidad de 3,523,340 kg de CO₂e.

Por otro lado, en el alcance 2, se integraron las emisiones provenientes del consumo de energía eléctrica, lo que representó 4,534,660 kg de CO₂e. Finalmente, en el alcance 3, se establecieron las emisiones correspondientes a los desplazamientos en servicios de autobús, avión, tren y las asociadas a los vehículos de mantenimiento, lo cual generó la cantidad de 30,080 kg de CO₂e (GNF, 2013).

3.1.3 Universidad de Valencia (UV), España

La UV calculó la huella de carbono en hectáreas globales (hag) a partir de la cantidad de CO₂ que se generaron de las fuentes de emisión identificadas. Por un lado, es importante mencionar que las “hag” hacen referencia a la superficie de bosque de bioproductividad, es decir, la cantidad de áreas verdes que se necesitan para compensar el impacto producido.

Por lo tanto, en primera instancia, estimaron las emisiones de CO₂e, para luego convertirlas en hectáreas globales, es decir, en la cantidad de área boscosa que necesitaban para compensar su HC. La huella de carbono se determinó a partir de la metodología de Simmons y Chambers (1998), y de esta manera definieron las actividades emisoras en la UV.

Dentro de las fuentes identificadas, se encontraron: electricidad con 11,723,630 kg de CO₂e/año, movilidad con 31,562,100 kg de CO₂e/año, combustible (calefacción) 2,905,100 kg de CO₂e/año, agua con 152,730 kg de CO₂e/año, papel con 365,660 kg de CO₂e/año, construcción 1,1006,810 kg de CO₂e/año y electricidad (congeneración) con 801,810 kg de CO₂e/año (Puchades *et al.*, 2011).

Lo anterior generó la cantidad de 58,517,840 kg de CO₂e/año, lo que en términos de hectáreas globales reflejó 15,879.4 de bosque mediterráneo y un total de 21,257.9 de hag de bosque. Dicho cálculo fue considerado como medida de compensación ante la huella de carbono producida (Puchades *et al.*, 2011).

Aunado al estudio sobre huella de carbono, es importante mencionar que la UV ha realizado también distintas actividades que han contribuido a encaminarse hacia un campus verde y sostenible, lo cual le ha permitido posicionarse en el año 2022, en el lugar 147 a nivel internacional en el Ranking Green Metric (RGM, 2023).

3.1.4 Universidad de Santiago de Compostela (USC) España

En la Memoria de Responsabilidad Social 2006-2007, en el capítulo 7.2 se incluyen los resultados obtenidos del cálculo de huella ecológica, la cual se realizó para toda la Universidad para el año 2007, misma que es representada en hectáreas (hag), siendo esta una medida para mitigar el impacto generado.

De esta manera, obtuvieron que la huella ecológica per cápita fue de a 0.16 hag/persona/año. Asimismo, se logró calcular la cantidad de extensión necesaria para la asimilación de CO₂ generado, siendo de 5.217 hectáreas de bosque gallego (MRS, 2007). Cabe resaltar que la USC no cuenta con la determinación de su huella de carbono.

Por otro lado, además de la huella ecológica, definen también la planificación, gestión y evolución ambiental, incluyendo la parte energética, de agua, residuos, movilidad sostenible, así como las certificaciones y acreditaciones que han logrado obtener (MRS, 2007).

Es importante mencionar, que la USC, se encuentra dentro del Ranking mundial de GreenMetric, donde en el año 2022 se posicionó en el número 375 a nivel internacional (RGM, 2023), lo cual le ha permitido un mayor alcance en el tema ambiental.

3.1.5 Universidad de Jaén, España

De acuerdo con Parra *et al.* (2018), la Universidad de Jaén calculó la huella ecológica a partir de sus actividades realizadas, con el objetivo de conocer el impacto generado y adoptar alternativas para compensarlo. La metodología que utilizaron fue propuesta por López (2008), la cual considera datos de fijación y la fuente de emisión.

Dentro de sus actividades identificadas como fuentes emisoras se describieron las siguientes: el consumo de energía, el uso de papel, movilidad, consumo de gas y agua, generación de residuos y construcción. En el caso del uso del papel en los alumnos, se realizó una encuesta donde se consultó la cantidad que consumían al día de este recurso.

Asimismo, en cuanto al tema de movilidad se realizó una encuesta a estudiantes y trabajadores, consultando la distancia que recorrían al día, al igual que el tipo de transporte que utilizaban. Para el estudio se consideró el periodo del año 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014, donde primero se calculó la HC, y con ello, la huella ecológica.

De esta forma, la huella de carbono de la Universidad de Jaén fue de 11,688,610 kg de CO_{2e}, y considerando la cantidad de universitarios de 17,036, la HC per cápita resultó de 680 kg de CO_{2e} por persona al año, mientras que, la huella ecológica correspondió a 9,426.30 ha/año y 0.55 ha per cápita al año.

Cabe resaltar que la Universidad de Jean, se ha posicionado en el lugar 379 a nivel internacional dentro del ranking UI GreenMetric en el año 2022, lo cual demuestra el compromiso y esfuerzo que ha realizado en su campus relativo a temas ambientales y de sostenibilidad (RGM, 2023).

3.1.6 Universidad Politécnica de Manresa (EUPM), España

La UPC, calculó su huella ecológica en el año 2000, y como fuentes de emisión identificó: edificios, movilidad, papel y titulados, donde este último fue considerado debido al potencial de prevención del deterioro que los egresados pudieran tener en

el entorno desde donde ejercen su profesión, la cual no es meramente rigurosa en el estudio.

En cuanto a edificios, se contemplaron las construcciones y el consumo dentro de éstas, lo que originó la cantidad de 414.289 kg de CO₂e/año, mientras que, en movilidad, se alcanzó la cantidad de 915.540 kg de CO₂e/año y, respecto a la variable de papel, se obtuvo 19.655 kg de CO₂e/año, finalmente los titulados obtuvieron 56,977 kg de CO₂e/año. De esta manera la huella de carbono total fue de 58,326.484 kg de CO₂e/año (Jorge y Busquets, 2003).

La Universidad Politécnica de Manresa, no ha participado dentro del Ranking UI Green Metric, sin embargo, ha sumado esfuerzo y trabajo en cuanto al cálculo de su huella ecológica, estudio que le permitió conocer las emisiones de CO₂ que generó a partir de su actividad.

3.2 Universidades en América

3.2.1 Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Colombia

La UPCT, realizó un estudio sobre la huella de carbono, donde optaron por una metodología propia, pero adoptando algunos elementos de metodologías como la ISO 14064-1 y GHG Protocol para el cálculo. Dentro de sus pasos a seguir se presentan: definición de los límites, identificación de las fuentes emisoras, cálculo de emisiones, verificación y difusión de los resultados obtenidos (Hermosilla, 2014).

En primera instancia, según Hermosilla (2014), se identificaron las fuentes emisoras dentro de tres alcances, respecto al alcance uno se presentó el consumo de gas natural, el desplazamiento de los vehículos de la UPCT y las emisiones hidrofluorocarbonos, lo cual correspondió a 328,140 kg de CO₂e.

Para el alcance dos se consideró el consumo energético, generando 1,540,290 kg de CO₂e y, finalmente, para el alcance tres se calculó: movilidad, consumo de papel, consumo de agua y la generación de residuos peligrosos, lo cual generó 7,219,950 kg de CO₂e (Hermosilla, 2014).

Por consiguiente, la huella de carbono en el año 2013 fue de 9,088,395 kg de CO₂e y en cuanto a las emisiones per cápita, considerando el total de integrantes de la Universidad de 8,487, se generaron 1070.86 kg de CO₂e/persona (Hermosilla, 2014).

Finalmente, es importante retomar que de acuerdo con el ranking mundial UI Green Metric, la Universidad Politécnica de Cartagena se ubica a nivel internacional en el lugar 926, (en el año 2020), lo cual representa el esfuerzo y logro que ha alcanzado a través de sus distintas acciones dentro del tema ambiental y la sostenibilidad (RGM, 2023).

3.2.2 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

La Universidad de Chile a pesar de no encontrarse dentro del Ranking UI GreenMetric, es una universidad que se ha encaminado en temas ambientales con el estudio de huella de carbono, en el cual se identificaron las emisiones de gases de efecto invernadero para su cálculo.

En el primer alcance se enlistó como fuente de emisión: gas, gasolina, diésel, gas licuado, aire acondicionado y extintores, mientras que, en el alcance dos, se consideró la energía eléctrica y en el alcance tres, elementos como: papel, cometidos, viajes internacionales, traslado de la comunidad, y la generación de residuos.

El alcance uno representó el 5% de las emisiones totales, mientras que, el alcance dos el 37% y, el alcance tres un 58%, al realizar el cálculo correspondiente se obtuvo la HC de 8,358,000 kg de CO₂e en el periodo de abril 2014 a abril 2015, y de acuerdo con el “Plan de reducción de la huella de carbono”, la emisión por persona fue de 1,300 kg de CO₂e (OIS, 2015).

3.2.3 Universidad Central de Venezuela

En cuanto a la Universidad Central de Venezuela (UCV), tampoco ha participado dentro del Ranking UI GreenMetric, sin embargo, ha realizado un estudio sobre el

cálculo de su huella ecológica donde, en primer lugar, retomaron la importancia de las universidades dentro de la sostenibilidad como un indicador de evaluación ambiental, considerando que son fuentes de conocimiento y desarrollo profesional (Guerra y Rincón, 2018).

Por lo anterior, profundizaron en casos de universidades que adoptaron la huella ecológica como herramienta de evaluación, posteriormente describieron la situación de la UCV al igual que sus alcances. Una vez empleada la metodología propuesta por Rees y Wackernagel (1996), obtuvieron las hectáreas correspondientes para mitigar las emisiones de CO_{2e} generadas en el periodo de un año (2011-2012), siendo estas de 2,012.85 ha y, 0.030 ha/estudiante/año.

Dentro de sus variables para el cálculo de la huella ecológica, identificaron las siguientes: movilidad, consumo de agua y papel, generación de residuos, consumo de energía, alimentación y construcción. Mientras que, dentro de los resultados la actividad de mayor impacto fue la generación de residuos, seguida de la alimentación y de la movilidad.

3.2.4 Universidad Nacional de Costa Rica

Citando a Chavarría-Solera *et al.* (2016), la Universidad Nacional de Costa Rica en la búsqueda de contribuir al desarrollo sostenible, llevó a cabo la cuantificación de la huella de carbono que generaba anualmente, el estudio se realizó para el periodo 2012 a 2014, con la finalidad de comparar la cantidad de gases emitidos durante este tiempo.

El trabajo se realizó con la intención de proponer estrategias y políticas que ayuden a reducir, mitigar y compensar el daño ocasionado, así como mejorar o modificar las actividades a fin de disminuir las emisiones generadas. Por lo tanto, se buscó encontrar un equilibrio entre el CO₂ emitido y CO₂ fijado, logrando alcanzar el llamado “carbono neutralidad” (C-neutral).

Para la cuantificación de la huella de carbono se definieron e identificaron algunos pasos esenciales, siendo los siguientes:

- a) Se determinó el sitio de estudio: en este caso se aplicó para todo el campus universitario, incluyendo departamentos e instancias universitarias, asimismo, se consideraron los actores principales como los estudiantes, el personal académico y funcionarios.
- b) Se basaron en indicadores ambientales y programas vigentes de la misma Universidad.
- c) Identificaron las fuentes principales de emisiones de las actividades realizadas dentro de la Universidad: energía eléctrica, combustibles fósiles, aguas residuales y el uso de fertilizantes.
- d) Realizaron un inventario para calcular las emisiones en los años 2012-2014 de acuerdo con la metodología del Instituto Meteorológico Nacional (IMN). El inventario contempló las emisiones directas e indirectas.
- e) Del mismo modo se identificaron los gases de efecto invernadero principales derivado de sus distintas actividades, siendo este dióxido de carbono, óxido nitroso y metano.
- f) Posteriormente, para el análisis se empleó la metodología de acuerdo con la fuente de emisión, las cuales fueron: consumo de energía, consumo de combustible fósil en la flotilla vehicular y plantas eléctricas, gas licuado (LP) del servicio de alimentación, generación de residuos sólidos enviados a rellenos sanitarios, viajes aéreos realizados, la utilización de fertilizantes y tenencia de animales.
- g) Finalmente se obtuvieron resultados, entre los que destacó el aumento de del 22% de emisiones de GEI entre el 2012 al 2014, donde para el primer año se obtuvo la cantidad de 2,906,250 kg de CO_{2e}, y considerando la comunidad universitaria de 20,683 integrantes, se obtuvo la cantidad per cápita de 140 kg de CO_{2e}/persona/año. Por otro lado, en el año 2022, la huella de carbono correspondió a 3,568,000 kg de CO_{2e}, y la per cápita de 143 tCO_{2e}/persona/año, cantidad proveniente de la comunidad universitaria integrada por 24,898 individuos (Chavarría-Solera *et al.*, 2016).

La Universidad Nacional de Costa Rica, es otra IES que no ha participado dentro del Ranking UI GreenMetric, sin embargo, es una institución que trabajó en el

cálculo de su huella de carbono, lo que le permitió tener un mayor alcance dentro del tema ambiental.

3.3 Universidades en México

En el caso de México no se le ha otorgado el valor suficiente e importancia al cálculo de huella de carbono dentro de las Instituciones de Educación Superior, siendo pocos los trabajos e investigaciones respecto a la cuantificación de las emisiones de GEI. Sin embargo, se encuentran algunas universidades que han destacado por determinar su huella ambiental.

3.3.1 Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

De acuerdo con GreenMetric 2022, la Universidad Autónoma de Nuevo León ocupa el primer lugar en México como la IES más sustentable y el lugar número 15 a nivel internacional, situación que la distingue por su destacable trabajo y, con ello, alcanzar un alto puntaje en las variables a evaluar (RGM, 2023).

La UANL calculó su huella de carbono en los años 2014-2018 de acuerdo con la metodología de “Carbon Footprint TM” (UANL, 2023) , consultora integrada por un equipo de ambientalistas, ingenieros y científicos que están comprometidos con reducir y compensar la generación de GEI, sin embargo, la información que publican es muy escueta, ya que no proporcionan detalles del cálculo, limitándose a mencionar la generación de CO₂e derivada de cuatro fuentes y un dato de aproximadamente de 57.6 millones de kilogramos de CO₂e (UANL, 2023).

3.3.2 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

Dentro del “UI GreenMetric World University Ranking 2022”, la BUAP se encuentra en el lugar 58 a nivel internacional y, en el nacional en la segunda posición, gracias a las propuestas y programas dirigidos al adecuado manejo de los recursos y a la contribución con el cuidado al medio ambiente. Además, ha establecido propuestas de políticas de gestión ambiental encaminadas a la sostenibilidad, obteniendo

mayor puntaje en aspectos como energía, cambio climático, desperdicios, investigación y educación (BUAP, 2022).

La BUAP, presenta un “Manual de Sostenibilidad 2025”, el cual consiste en su sistema Universitario de Manejo Ambiental, conformado por diferentes ejes como: entorno e infraestructura sostenible y resiliente, energía y cambio climático, compras verdes y consumo responsable, manejo integral de residuos, movilidad sostenible, y seguimiento y evaluación (MS, 2023).

Respecto al cálculo de la HC, desarrollaron un mapeo, es decir, identificaron sus principales fuentes de emisión de GEI, lo que permitió un diagnóstico de actividades que tienen impactos negativos sobre el entorno y a su vez, su relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Posteriormente, elaboraron un Informe de Huella de Carbono Institucional, en el que consideraron, como principal variable, el consumo energético, no obstante, éste no se encuentra de forma pública para su consulta y, consecuentemente, no es posible documentar la información de esta institución.

3.3.3 Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)

Respecto a la Universidad Autónoma del Estado de México, se ha involucrado en el tema ambiental a través de programas, proyectos e investigaciones, lo cual le ha permitido posicionarse a nivel internacional en el lugar 414 de acuerdo con Green Metric 2022, mientras que, a nivel nacional en la posición número 15 (RGM, 2023).

En este sentido, es importante mencionar que la universidad está conformada por una cantidad considerable de estudiantes, cuya formación comprende actividades diarias como parte del aprendizaje, y cada una de éstas genera determinada cantidad de CO₂e. Por lo que una manera de conocer las emisiones de GEI, es a través de la huella de carbono como indicador de evaluación ambiental.

Por ello, surge la necesidad en la Universidad de medir la HC, a fin de no solo conocer las fuentes emisoras, sino también proporcionar alternativas para compensar la cantidad de CO₂e generado. Asimismo, se reconoce el papel de la

Institución como comunidad que contribuye a enfrentar el problema actual del cambio climático.

De esta manera, surge la utilización de la HC como herramienta de gestión ambiental dentro de las IES, siendo éstas, instituciones que crean conocimiento, innovan y desarrollan investigación. Este estudio no solo permitirá conocer las interacciones que se presentan dentro de la Universidad, sino que, podrá describir parte del modo de vida de los universitarios derivado de aspectos como: el consumo energético, de papel, plástico y otros residuos, e incluso, su movilidad.

Por lo tanto, en la búsqueda de ser una Universidad más eficiente y verde, la huella de carbono además de ser un instrumento ambiental permite presentar soluciones adecuadas a partir del cálculo realizado, con el objetivo de combatir, reducir e incluso neutralizar los GEI emitidos.

Es importante mencionar que se realizó una búsqueda en distintos medios, con la finalidad de encontrar documentos que indicarán si ya se ha realizado o intentado analizar y calcular la huella de carbono en la UAEMéx, sin embargo, no se localizaron trabajos sobre esta temática para dicha Institución.

Finalmente, se puede observar que las instituciones europeas estudiadas producen menor cantidad de CO₂e, manteniendo un promedio de 16,079,571, mientras que las instituciones de América 19,653,599, lo cual permite generar conciencia sobre el arduo trabajo que se deberá realizar en la UAEMéx, con la finalidad de neutralizar su HC.

Respecto a las metodologías utilizadas en las diferentes IES que se expusieron, destaca la utilizada por la Universidad Nacional de Costa Rica, debido a la claridad en la información que comparte y, particularmente, por los pasos que presenta para el cálculo de la huella de carbono, lo cual en la presente investigación permitirá ser un referente muy valioso.

4. Metodología de la investigación

4.1 Metodologías para el cálculo de la huella de carbono

Para la determinación de huella de carbono existen distintas metodologías cuyo objetivo es cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, dentro de las que destacan: PAS 2050 y PAS 2060, Greenhouse Gas Protocol (GHG) e ISO 14064, siendo éstas las más empleadas y reconocidas a nivel internacional.

4.1.1 Metodología PAS

La metodología PAS 2050, fue desarrollada por el British Standard Institute (BSI) en colaboración con Carbon Trust y Department for Environmental Food & Rural Affairs (DEFRA) en el año 2007, consiste en el cálculo de las emisiones generadas por un producto o servicio, y se encuentra encaminada bajo las normas ISO y el GHG Protocol. Considera el cálculo de CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SH₆, además cuenta con una guía para contabilizar las emisiones donde se describen las fórmulas a utilizar (CEPAL, 2010).

Este método retoma la evaluación del análisis de ciclo de vida de los productos, y dentro de sus lineamientos y contenido se encuentran: principios e implantación, fuentes de emisión, compensación, límites del sistema, datos e información, el cálculo de emisiones y reclamación de conformidad (Miguel, 2011).

Por otro lado, la metodología PAS 2060, fue desarrollada por los mismos actores que el PAS 2050, pero en el año 2009-2010, y a diferencia de la primera, va dirigida al cálculo de emisiones de una organización, es decir, una empresa, sitio de producción o administración; de igual manera atiende lo establecido por la ISO y el GHG Protocol. Dentro de su guía se encuentra la contabilización de las emisiones de gases, además plantea medidas de compensación y reducción para las mismas (CEPAL, 2010).

4.1.2 Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Greenhouse Gas Protocol-GHG)

Otra de las metodologías utilizadas en el cálculo de Huella de Carbono es el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Greenhouse Gas Protocol-GHG), el cual consiste en brindar estándares globales respecto a la cuantificación de GEI, así como la adecuada gestión de las emisiones realizadas y acciones para su mitigación.

Esta metodología pertenece al ámbito público privado, trabaja en conjunto con demás asociaciones, organizaciones, gobiernos y empresas. Su primera edición fue en el año 2001 y su finalidad es proporcionar orientación y herramientas (software) para el cálculo de las emisiones de GEI (GHG, 2020).

Dentro del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (2005), se establecen herramientas para el cálculo de las emisiones de GEI, siendo estos: la definición de año base, la determinación de los límites organizacionales y operativos de la empresa, la definición de alcances y otros lineamientos que permiten el cálculo.

En cuanto a los límites organizacionales y operativos, los primeros corresponden al área o áreas de la organización donde se realizará el estudio, mientras que, los operativos son la definición de los alcances 1, 2 y 3, es decir, se definen los alcances a los que se llegará y en los que se integrarán las emisiones directas e indirectas.

Por otra parte, Greenhouse Gas Protocol considera importante definir el año base, es decir, se elige el año del cual se tiene la información confiable y completa sobre las fuentes de emisión, además se justifica el porqué de la elección de dicho año. Se puede optar también por un promedio de emisiones anuales entre dos años establecidos, por ejemplo, del año 2008 al 2010.

Así mismo el GHP define tres alcances. El alcance 1, se trata de las emisiones directas de GEI, es decir, aquellas provenientes de fuentes propias o controladas, donde destacan las siguientes actividades:

- I. Generación de electricidad, calor o vapor, derivadas de la combustión de combustibles de fuentes fijas (calderas, hornos, etc.).

- II. De procesos físicos y químicos, originados comúnmente de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales (cemento, aluminio o procesamiento de residuos).
- III. El transporte de los materiales, productos, residuos y empleados, son generadores de GEI derivado de la combustión de combustibles de fuentes móviles, los cuales pueden ser propios o controlados por la empresa (automóviles, camiones, autobuses, aviones, etc.).
- IV. Emisiones fugitivas, originadas por las liberaciones intencionales o no intencionales, por ejemplo: fugas de metano durante el transporte de gas, fugas en sello, juntas o empaques de quipos, emisiones de metano (minas de carbón) o de hidrofluorocarbonos (aire acondicionado y refrigeración).

Por otro lado, el alcance 2 corresponde a las emisiones indirectas asociadas a la electricidad adquirida y consumida. Por adquirida se refiere a que es comprada o traída dentro del límite organizacional. Este tipo de emisiones ocurren de manera indirecta, pues se producen físicamente en el espacio que genera electricidad. Es una de las fuentes con mayor potencial, debido a que permite plantear nuevas medidas de ahorro y mejorar la eficiencia energética.

Mientras que, el alcance 3, se trata de otra categoría de emisiones indirectas, el cual resulta opcional, sin embargo, su integración al cálculo puede contribuir a una adecuada gestión de las emisiones de GEI. Corresponde a actividades como: viajes realizados por la empresa, disposición de los residuos, transporte de combustibles, productos y materiales adquiridos o vendidos, extracción y producción de materiales o actividades realizadas por terceros.

Para calcular las emisiones, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero presenta cinco pasos a realizar. El primero consta en la identificación de las fuentes de emisión de gases, las cuales son clasificadas dentro de tres alcances según el tipo y categoría de la fuente.

En cuanto al segundo paso, se debe buscar la metodología de acuerdo con las características y contexto del espacio a evaluar, de manera que sea la más adecuada a aplicar. Respecto al tercer paso, además de recolectar los datos

necesarios, se busca los factores de emisión correspondientes para cada actividad emisora.

Mientras que, en el cuarto paso, se realiza la aplicación de herramientas para el cálculo, y se presentan dos tipos principales a emplear, las herramientas intersectoriales y sectoriales. Las primeras comprenden combustión fija, uso de HFC en refrigeración y aire acondicionado, combustión móvil e incertidumbre en la medición y estimación. Las segundas son para calcular emisiones en sectores específicos, por ejemplo: pulpa, papel, acero, hierro, cemento, aluminio, gas, petróleo, etc.

En cuanto al último paso, en el caso de una empresa, se recopila la información necesaria de las distintas plantas o divisiones en ella, con la finalidad de compartir lo recabado a la corporación e integrar un reporte sobre los GEI. Es importante considerar algunas herramientas para la recolección y gestión de la información, como una base de datos confiable, hojas de cálculo o reportes para su llenado.

Figura 1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (2005).

Tabla 2 Tipos de fuentes de emisión

Categoría	Combustión fija	Combustión móvil	Emisiones de proceso	Emisiones fugitivas
-----------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------

Ejemplo	Equipos estacionarios o fijos, calderas, hornos, calentadores, motores, turbinas, incineradores, entre otros.	Medios de transporte: automóviles, autobuses, camiones, aviones, barcos, embarcaciones, etc.	Derivadas de procesos físicos y químicos, en calcinación en la manufactura del cemento, etc.	Fugas en uniones, juntas, sellos o empaques, emisiones por pilas de carbón, en tratamientos de aguas residuales, etc.
----------------	---	--	--	---

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (2005).

4.1.3 Metodología ISO 14064-1:2019

Continuando con las metodologías para el cálculo de HC, se encuentra ISO 14064-1:2019 (versión actual y vigente), la cual consiste en un estándar a nivel internacional que permite calcular la huella de carbono de una organización. Asimismo, permite conocer el total de los gases involucrados en las distintas actividades, a través de la determinación de inventarios de GEI, por lo que es considerada como un indicador de impacto ambiental.

Dentro de esta metodología, se encuentran los siguientes pasos:

- I. Definir límites, por un lado, se encuentran los organizacionales, es decir, los espacios a los que se aplicará el cálculo. Así como los límites operacionales, los cuales consisten en determinar los alcances o categorías, donde la norma define tres alcances:
 - a) Alcance 1: Se trata de las emisiones directas, es decir aquellas que son originadas y controladas por la misma organización (dentro del lugar).
 - b) Alcance 2: Comprende las emisiones indirectas, es decir, fuera del lugar (de origen externo), como la electricidad.
 - c) Alcance 3: Corresponde a otras emisiones indirectas, pero desde el análisis de ciclo de vida (ACV), el cual no es obligatorio para el cálculo.
- II. Determinar el año base a evaluar, se selecciona el año o periodo del cual se realizará el cálculo de emisiones.
- III. Identificar emisiones de GEI, considerándolas como: emisiones directas, indirectas y otras indirectas.

IV. Finalmente, la cuantificación de las emisiones, en donde se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Donde:

El **dato de actividad**: Variable que determina el grado o nivel de la actividad generadora de emisiones de GEI.

El **factor de emisión**: cantidad de GEI emitidos por cada unidad de la actividad, estos factores son dinámicos porque dependen de la actividad que se realiza (Eurofins, 2022).

4.1.4 Guía para el cálculo de la huella de carbono

Adicional a las metodologías descritas anteriormente, el Ministerio para la Transición Ecológica, en su: Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización; presenta una base metódica para realizar el cálculo y retoma los procedimientos más utilizados a nivel internacional, entre los que destacan: Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol), UNE-ISO 14064 e IPCC 2006 GHG Workbook (MTE, 2015).

La Guía sugiere una fórmula para determinar la huella de carbono similar a la establecida a la ISO 14064, (dato Actividad x factor emisión). Además, presenta criterios importantes a considerar antes de realizar el cálculo, donde se encuentran los siguientes:

- a) Establecer límites de organización y operativos: Consiste en definir cuáles serán las áreas o espacios que participarán en el cálculo, para posteriormente identificar las fuentes de emisión (directas e indirectas).
- b) Definir un periodo de tiempo: Es importante establecer un periodo para el cual se calculará la huella de carbono, se puede presentar para un año determinado o bien, se puede definir un periodo de tiempo y, de esta manera obtener una comparación.

- c) Compilación de datos e información: Obtener datos sobre el consumo y producción.
- d) Establecer factores de emisión: Se busca los factores de emisión adecuados y correspondientes a la fuente de emisión.

Una vez identificadas las fuentes de emisión, se agrupan en alcances, siendo estos:

- Alcance 1: Se refiere a las emisiones directas, que son propiedad o se encuentran controladas por la misma entidad, dentro de las cuales se pueden considerar, por ejemplo, las derivadas de la combustión.
- Alcance 2: Consiste en todas aquellas emisiones indirectas de GEI, provenientes de generación de electricidad.
- Alcance 3: Son otras emisiones indirectas, que son realizados por terceros, por ejemplo: los viajes externos, disposición de residuos y el transporte de materias primas o productos.

4.2 Metodología para aplicar en las IES

Las metodologías expuestas en el apartado anterior implican un costo en cuanto a su aplicación, por lo que, en el caso de las IES, pueden suponer un problema en términos económicos. En este sentido, se propone una metodología híbrida de acuerdo con las condiciones y características de la Universidad, la cual retoma lineamientos y criterios de las metodologías descritas anteriormente, e integra algunos aspectos que éstas no consideran.

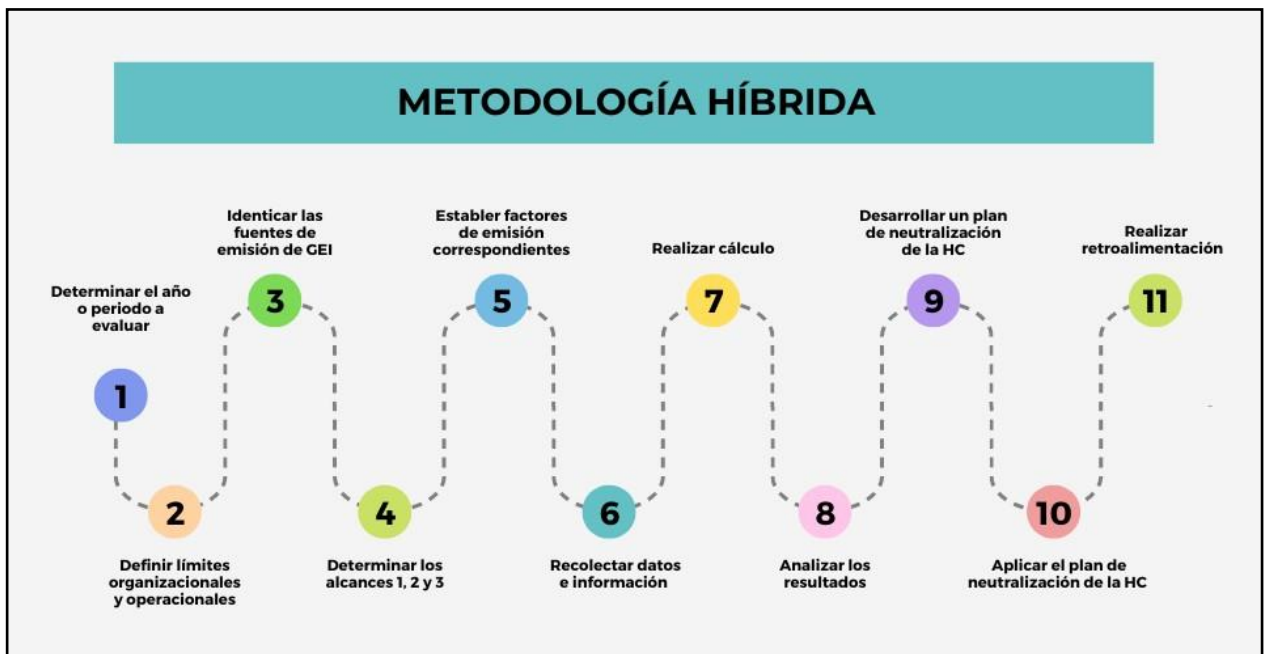
Por lo tanto, se sugiere la elaboración y aplicación de una metodología propia, la cual tiene la finalidad de ser un procedimiento confiable y preciso en el cálculo de huella de carbono. De este modo, se extiende la investigación para ser replicada en más IES, sin el afán de compararse o competir, sino por el contrario, que éstas puedan realizar una autoevaluación en la parte ambiental, y de acuerdo con su contexto, realizar las debidas adecuaciones si fuera necesario.

Así, la metodología propuesta, retoma lineamientos de la ISO 14064, como: determinación del periodo de tiempo, definición de los alcances, identificación de las fuentes de emisión y, el cálculo de las fuentes emisoras. Mientras que, del

Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, se incluyen la definición de los factores de emisión y la recolección de datos. Finalmente, de la Guía propuesta por el Ministerio de Transición Ecológica, se consideró la determinación de los límites organizacionales y operacionales.

La metodología propuesta en esta investigación presenta once pasos, los cuales fueron aplicados a la Universidad Autónoma del Estado de México, mismos que se describen a continuación y que, por su generalidad, pueden ser utilizados e implementados en cualquier IES, además es importante mencionar que, para la realización de la huella de carbono, es recomendable seguir el orden descrito.

Figura 2 Metodología para las IES



Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Pasos de la metodología propuesta para las IES

A continuación, se presentan los pasos propuestos que deberán ser utilizados para analizar la huella de carbono en las IES mexicanas y, con ello, trabajar a favor de la neutralización de ésta.

1. Determinar el año o periodo a evaluar: Definir el espacio de tiempo para el cual se realizará el cálculo, este puede ser anualmente o estableciendo un intervalo, es decir, de un año a otro.
2. Definir límites organizacionales y operacionales: Los primeros se refieren a establecer el espacio o espacios que participarán en el cálculo, el cual puede ser aplicado para toda la institución o por áreas de ésta. Mientras que, los operacionales constan de clasificar las fuentes de emisión en los tres alcances, donde además se consideran las limitaciones que se pueden presentar durante todo el proceso.
3. Identificar las fuentes de emisión de GEI: Se trata de considerar todas las actividades que realice la institución y a su vez, generen de manera directa o indirecta algún gas de efecto invernadero, ocasionando un impacto negativo al entorno, lo que la hace definirse como una fuente emisora.
4. Determinar los alcances 1, 2 y 3: En el alcance 1 se deben identificar todas las emisiones directas generadas por la institución, mientras que, el 2, corresponde a establecer las emisiones semi-directas (consumo energético), y finalmente el alcance 3, corresponde a incluir las emisiones indirectas que de alguna manera no son controladas por la institución, pero se producen a través de sus actividades y generan un impacto negativo.
5. Establecer factores de emisión correspondientes: Definir los factores según la fuente de emisión. Es importante mencionar que estos varían según el lugar y tiempo en el que se realiza el cálculo.
6. Recolectar datos e información: Realizar la recolección a través de la consulta en inventarios, compendios y demás documentos oficiales de las IES que contengan la información suficiente. Por otra parte, posiblemente surgirá la inquietud de realizar visitas a campo, por ejemplo, a los espacios académicos o a las direcciones de cada área, de las cuales se logrará obtener los datos necesarios para el cálculo. Cabe resaltar que este paso requiere de la colaboración y participación de todas las áreas involucradas.

7. Realizar el cálculo: Una vez recolectada toda la información necesaria, se deberá calcular la HC, procedimiento que consiste en multiplicar la cantidad que genera la actividad identificada, por el factor de emisión correspondiente.
8. Analizar los resultados: Evaluar los resultados obtenidos del cálculo de huella de carbono, con la finalidad de distinguir las posibles fortalezas o las actividades más potenciales dentro de la generación de GEI, y en dado caso, buscar la manera de mitigar lo producido a través de distintas estrategias.
9. Desarrollar un plan de neutralización de HC: Realizar un plan estratégico con la finalidad de neutralizar la huella de carbono generada, el cual constará de herramientas, alternativas y propuestas que mediante acciones contribuyan a reducir las emisiones de GEI y el impacto ocasionado.
10. Aplicar el plan de neutralización de HC: Una vez diseñado y revisado el plan estratégico, se deberá llevar a cabo el plan con las medidas necesarias y la participación de la comunidad universitaria.
11. Realizar retroalimentación: Analizar los aciertos y debilidades del procedimiento. Se deberán incluir las observaciones, con la intención de mejorar e iniciar de nuevo con el proceso.

5. Cálculo de la huella de carbono en la UAEMéx

De acuerdo con el World University Rankings UI GreenMetric, la Universidad Autónoma del Estado de México, ocupa la posición número 65 en América Latina, mientras que, a nivel estatal, la Universidad es consolidada como la mejor Universidad Pública Estatal de acuerdo con THE Latin America University Ranking 2022 (SIAA, 2023).

La Universidad tiene presencia a nivel internacional en países como Alemania, Argentina, España e Italia, además es una de las instituciones más grandes y antiguas de México, con más de 190 años de historia, se encuentra en alrededor de 25 municipios del Estado Mexiquense, entre los que destacan: Toluca, Tejupilco, Texcoco, Temascaltepec, Atlacomulco, Zumpango, entre otros.

Esta Institución está conformada por 10 Planteles de Escuelas Preparatorias, 22 Organismos Académicos (Facultades), 11 Centros Universitarios, 7 Unidades Académicas, 9 Institutos y Centros de Investigación, entre otros espacios universitarios (AE, 2022).

Tabla 3 Matrícula de la comunidad universitaria

Año	2021	2022
Estudiantes	93,050	95,051
Académicos	7,715	7,662
Administrativos	4,484	4,518
Total	105,249	107,231

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la AE, (2021 y 2022)

La Universidad cuenta con más de 100,000 estudiantes que día con día realizan diferentes actividades como parte de su formación y estancia dentro de ella, cada una de estas actividades generan gases de efecto invernadero y, por consiguiente, se convierten en fuentes de emisión, motivo por el cual se calculará la huella de carbono de la UAEMéx, a través de la aplicación de la metodología híbrida, propuesta en el apartado anterior.

5.1 Determinar el año o periodo a evaluar

Respecto a la definición del periodo de tiempo, se determinó el cálculo de huella de carbono para el año 2021 y 2022, lo que permitirá hacer una comparativa entre ambos resultados, analizando el aumento o disminución de emisiones según el caso, lo cual ayudará a establecer posibles medidas para contrarrestar el impacto generado, además de diseñar objetivos a alcanzar en los siguientes años.

5.2 Definir límites organizacionales y operacionales

En cuanto al límite organizacional, en esta investigación se calculó la huella de carbono de toda la Institución, es decir, se incluyeron todos los espacios universitarios, de manera que se obtuvo la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero que generó la Universidad Autónoma del Estado de México en los dos años establecidos.

Mientras que, el límite operacional abarca las emisiones directas e indirectas identificadas dentro de la Universidad, mismas que fueron comprendidas en los alcances 1, 2 y 3. No obstante, debido a la complejidad que implica el alcance 3, solo se retomaron algunos aspectos de este, derivado a la dificultad para el acceso a la información correspondiente.

Es importante destacar que, teniendo en cuenta la extensión de la Universidad, esta no cuenta con toda la información que involucra el alcance 3, el cual integra todas las emisiones indirectas referente a residuos, viajes institucionales, proveedores que entran a la Institución, adquisiciones, insumos, entre demás elementos que suelen ser muy específicos, y de los cuales no se tienen los datos necesarios.

Lo descrito anteriormente, impidió la obtención de la información, lo cual resultó complejo para precisar el alcance 3, sin embargo, a pesar de las complicaciones, se lograron recabar algunos elementos para el cálculo de este alcance. Por otro lado, respecto al alcance 1 y 2, se obtuvo la información necesaria para su cálculo correspondiente dentro de la huella de carbono.

5.3 Identificar las fuentes de emisión de GEI

La Universidad Autónoma del Estado de México involucra la formación de miles de estudiantes con el objetivo de crear una sociedad del futuro, donde sus integrantes permiten el funcionamiento de ésta, en la que además de ser generadora de conocimiento, involucra ciencia e innovación, lo cual mantiene la actividad profesional en ella.

Asimismo, permite el desarrollo de los estudiantes que, durante su estancia dentro de la Universidad, requieren del uso de determinados recursos y servicios, los cuales contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero, por lo que son considerados como fuentes de emisión de gases.

A continuación, dentro de las fuentes emisoras identificadas, se enlistan las siguientes:

- a) Electricidad**
- b) Movilidad**
- c) Residuos (sólidos y peligrosos)**
- d) Construcciones**
- e) Consumo de papel e insumos**
- f) Consumo de combustibles fósiles**

a) Electricidad

Dentro de estos servicios se encuentra el consumo de energía eléctrica, la cual destaca entre las fuentes más importantes dentro de la Universidad, siendo un pilar fundamental para el funcionamiento de ésta. Comprende todas aquellas herramientas y equipos empleados por los integrantes universitarios para llevar a cabo distintas actividades, ejemplo de ello es la iluminación en las aulas, estacionamientos, pasillos, canchas, entre otros espacios de esparcimiento.

En primera estancia se encuentran los estudiantes, quiénes emplean distintos equipos para su desarrollo profesional, como en el uso personal y académico. En el primer caso se atribuye el uso de energía para la carga de celulares, lap tops, y

demás equipos de los que pudieran hacer uso personal. Mientras que, en el lado académico, se presentan múltiples usos de la energía, entre los que se encuentran:

- Aulas de clase: Principalmente se conforma por iluminación, conectores y proyectores.
- Salas multifuncionales: Las cuales cuentan con proyectores, equipos de cómputo e iluminación.
- Salas o laboratorios especiales: Estos espacios están diseñados para el desarrollo e investigación de determinadas áreas de estudio, donde no solo se hace uso de la iluminación, sino también de diferentes tecnologías a través de distintos aparatos y equipos especiales.
- Auditorios: Uso de la energía para iluminación, proyectores y conectores para el equipo de proyección y audio.
- Bibliotecas y espacios de estudio (cubículos): Se hace uso de la energía eléctrica para luminaria y conectores para equipos electrónicos, y en el caso de la biblioteca digital, el uso de energía para el funcionamiento del equipo de computación.
- Cafeterías: Iluminación y energía para el funcionamiento de aparatos electrónicos como hornos, equipos de refrigeración, estufas, televisiones y servicio de cafetería.

Del mismo modo se encuentran los sitios comunes o mayormente frecuentados por la comunidad universitaria, como lo son los patios o áreas de esparcimiento, pasillos, estacionamientos, corredores, entre demás espacios concurridos, donde se hace uso de la energía eléctrica principalmente para la iluminación.

Por otro lado, respecto al personal administrativo como principal herramienta de trabajo, hacen uso indispensable de equipos de cómputo, de impresoras, copadoras, teléfonos fijos, escáneres, sacapuntas eléctricos, enmicadoras, perforadoras e incluso servicio de cafetería, además de algunos aparatos de uso personal.

En el caso de los docentes, éstos emplean la energía en su mayoría dentro de sus espacios de trabajo (cubículos y oficinas): en iluminación, en el funcionamiento de

los equipos de trabajo como computadoras, impresoras y/o copadoras, así como el uso del pizarrón electrónico o cañón, al igual que para uso personal (lap top, celular o tablet).

b) Movilidad

Respecto a la movilidad dentro de la Universidad, se conforma, por una parte, por el transporte universitario que ofrece, llamado Potrobús, dirigido a todos los integrantes de la Institución para el traslado a su espacio universitario correspondiente, través de distintas rutas establecidas.

Del mismo modo, cada espacio universitario cuenta con vehículos designados para el cumplimiento de sus distintas actividades institucionales, por lo que se hace uso indispensable de recursos como gasolina, diésel y servicios de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

c) Residuos

La generación de residuos dentro de la universidad es producida a partir del consumo que se realiza en la misma, dentro de ellos se encuentra la generación de residuos orgánicos, de papel, plástico, vidrio y metal según sea la actividad realizada, al igual que residuos peligrosos y de manejo especial.

Debido a la dificultad que se presentó para obtener la información respecto a la cantidad de residuos peligrosos que genera la Universidad, se consideraron solo algunos tipos de residuos de los cuales se logró obtener la información necesaria para ambos años, lo que permitió integrarlos al cálculo de HC.

d) Construcciones

En cuanto a las construcciones, la misma Universidad por sí sola representa una enorme edificación en toda su extensión, además de los metros cuadrados de edificaciones construidas dentro de la universidad durante el año 2021 y 2022. Por otro lado, es importante resaltar, que dichas construcciones son también actividades que forman parte de un proceso de generación de gases de efecto invernadero, debido al uso de recursos en este contexto y procedimiento.

e) Consumo de papel e insumos

La Universidad adquiere insumos indispensables para su operatividad y funcionamiento, además de ser recursos necesarios en los distintos espacios académicos, entre los que se encuentran artículos como: bancas, sillas, escritorios, pizarrones, impresoras, computadoras, tintas para impresión y copias, carpetas, folders, entre demás elementos que pertenecen a sus adquisiciones, y de las cuales no se cuenta con un registro adecuado y completo para su análisis.

Respecto al papel, la Universidad hace uso de este material como recurso indispensable para sus distintas actividades que realiza día con día, desde el consumo de papel higiénico dentro de los espacios universitarios, hasta con fines institucionales, por ejemplo, en la elaboración de documentos oficiales, actividades administrativas y académicas, lo cual supone una cantidad considerable de este elemento dentro de la UAEMéx.

f) Consumo de combustibles fósiles

Dentro del consumo de combustibles fósiles, además de atender al apartado de movilidad, se hace uso indispensable de recursos como gas natural, gasolina y diésel, los cuales son indispensables para el funcionamiento y operatividad de determinadas actividades de la Universidad, como en el caso de los laboratorios, por lo que resulta necesario determinar la cantidad consumida de estos.

5.4 Determinar los alcances

En cuanto a la definición de los alcances, se encuentran el 1, 2 y 3 donde se identifican y describen las emisiones directas e indirectas generadas en la Universidad, por lo que cada emisión se clasifica en un alcance de acuerdo con su tipo y características, como se muestra a continuación:

Alcance 1. Emisiones directas: Controladas por la Institución y dentro de la Institución.

- a. Consumo de combustibles fósiles: Gas natural, diésel y gasolina.

- b. Transporte universitario: La universidad a través de la Dirección de transporte universitario, ofrece el servicio de Potrobús a la comunidad estudiantil. Además, se cuentan con vehículos como patrullas, motocicletas, camionetas, ambulancias, entre demás vehículos para las distintas actividades universitarias.

Alcance 2. Emisiones indirectas: De origen externo

Energía eléctrica: La energía que es suministrada a la UAEMéx, proviene de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), proveniente de 158 centrales de generación resultante de diferentes tecnologías entre las que se encuentran: ciclo combinado, termoeléctrica, hidroeléctrica, carboeléctrica, turbogás, combustión interna, nucleoelectrica, geotermoeléctrica, eoloeléctrica y solar fotovoltaica (CFE, 2023).

El consumo de la energía eléctrica hace posible el funcionamiento de los equipos de cómputo como principal herramienta dentro de la universidad, así como luminaria y demás equipos electrónicos necesarios para la operatividad de la Universidad.

Alcance 3. Emisiones semi- directas

Transporte externo: A pesar de contar con el servicio de transporte universitario, no todos hacen uso de este, debido a las diferentes condiciones y contexto en el que se encuentran, por lo que en su lugar optan por el transporte público (concesionado o privado). Asimismo, además de los vehículos de la comunidad universitaria, se encuentran los vehículos de los proveedores que entran a la Universidad.

- a. Consumo de papel e insumos: Corresponde a todos los insumos que son suministrados a cada uno de los espacios universitarios para su uso en las distintas actividades diarias que se realizan en la Institución.
- b. Construcciones: En cuanto a la obra universitaria consta de construcciones en sus diferentes etapas, como remodelaciones, ampliaciones y rehabilitaciones de los espacios universitarios.
- c. Generación de residuos: A consecuencia de las actividades que se realizan en la Universidad, se originan residuos de diferentes tipos según el caso y el

espacio de procedencia, como los orgánicos, plásticos, vidrio, metal, peligrosos, entre otros.

5.5 Establecer factores de emisión

Dentro de la identificación de los factores de emisión (FE) para el cálculo de huella de carbono, es importante en primera estancia definir el término, donde de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se refiere al valor que existe entre la cantidad de gases liberados a la atmósfera con determinada actividad, y este se puede expresar como masa por unidad o volumen emitido de contaminantes (CFE, 2016).

A consecuencia de las actividades realizadas se generan gases de efecto invernadero entre los cuales se encuentran: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor de agua, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, los cuales se representan utilizando el término “CO₂ equivalente (CO₂e)”, el cual consiste en la masa en toneladas del CO₂ de todos los compuestos ya mencionados, por lo que al utilizar la expresión CO₂e, se hace referencia al conjunto de todos los GEI generados (CFE, 2016).

De esta manera, se retoman las fuentes de emisión identificadas en el apartado anterior, definiendo el factor de emisión correspondiente, donde la mayoría de estos se obtuvieron del Informe Técnico por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), denominado: “Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México” del año 2014, el cual a través de estudios particulares logró establecer dichos factores.

Por otro lado, existen documentos que contienen información para poder realizar el cálculo en cuanto a factores de emisión, sin embargo, suelen ser estudios no publicados o de información confidencial, por lo cual, durante la identificación de los factores, se utilizó la información pública más reciente.

Considerando lo anterior, se seleccionó el Informe ya descrito, como guía en la definición de este paso, el cual establece factores de emisión de los combustibles y alternativos en México. De esta manera se obtuvo el FE de elementos como el gas

natural, gasolina, diésel, papel, cartón y plástico, los cuales para esta investigación fueron indispensables dentro del cálculo.

- **Electricidad**

De acuerdo con la Comisión Reguladora de Energía a través de la SEMARNAT, establece el factor de emisión para el año 2021 y 2022, el cual corresponde a la generación de las centrales eléctricas que distribuyen la energía a la red eléctrica nacional (SEMARNAT, 2022 y 2023).

Tabla 4 Factor de emisión para la energía

Elemento	Año	Contenido	Unidades
Electricidad	2021	0.423	tCO _{2e} / MWh
	2022	0.435	tCO _{2e} / MWh

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la CRE, SEMARNAT (2022, 2023).

- **Movilidad**

Para el caso de movilidad, se retomaron los factores de emisión publicados por el Informe del INECC, en donde a través de zonas muestras de la República Mexicana obtuvieron factores correspondientes de cada combustible, y para fines de esta investigación se consideraron los FE específicamente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

Tabla 5 Factores de emisión para combustibles

Elemento	Contenido	Unidades
Diésel	2.599	Kg CO _{2e} /L
Gasolina magna	2.265	Kg CO _{2e} /L
Ga natural	2.7	Kg CO _{2e} /kg
Gas LP	1.5828	Kg CO _{2e} /kg

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Informe Técnico del INECC, (2014).

- **Consumo de papel**

En relación con el consumo de papel, se consideró también el consumo de papel higiénico, donde para ambos casos se aplicó el mismo factor, en vista de que no se

encontró un factor específico de este último. Del mismo modo se aplicó el factor que sugiere el INECC.

Tabla 6 Factor de emisión para el papel

Elemento	Contenido	Unidades
Papel	1.785	Kg
Papel higiénico		

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Informe Técnico del INECC, (2014).

- **Residuos**

En cuestión de residuos, se obtuvo información de residuos en general, PET, cartón, electrónicos y composta, donde para este último su factor de emisión se definió de acuerdo con lo publicado por la compañía Energía On, quien se involucra en el tema de tecnología sustentable, mientras que para los dos primeros se consideró también el Informe del INECC.

Tabla 7 Factores de emisión para residuos

Elemento	Contenido	Unidades
Residuos	0.7	Kg CO ₂ e/kg
PET	2.905	Kg CO ₂ e/kg
Cartón	1,692	Kg CO ₂ e/kg
Residuos electrónicos	135	Kg CO ₂ e/kg
Composta	4.2	Kg CO ₂ e/kg

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Informe Técnico del INECC (2014), Energía On (2015) y CONAMA (2016).

- **Construcciones**

De acuerdo con información proporcionada por el Observatorio de Sostenibilidad Ambiental de la Edificación Residencial impulsado por Vía Célere, la Universidad Autónoma de Madrid y la Fundación de la Universidad Autónoma de México (UAM), suponen como factor de emisión 441 Kg de CO₂e por cada m² de una edificación residencial.

Tabla 8 Factor de emisión para construcción

Elemento	Contenido	Unidades
Construcción	441	Kg

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Observatorio de Sostenibilidad Ambiental de la Edificación Residencial, (2020).

- **Otros**

Se presentan también algunos aspectos que son retomados en el apartado de propuesta, el cual se desarrollará más adelante.

Tabla 9 Otros factores de emisión

Elemento	Contenido	Unidades
Auto compacto (genera)	0.145	Kg CO ₂ e
Áreas verdes (absorbe)	6,000	Kg CO ₂ e

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con AEMA (2022) y CONANP (2018).

5.6 Recolectar datos e información

En el presente apartado, se expone la cantidad referente al consumo de combustibles fósiles, energía y papel, así como la generación de residuos y las construcciones realizadas en ambos años. Dichos datos, fueron recabados gracias a la Dirección de Protección al Ambiente (DPA), en conjunto con la Dirección de Estudios y Proyectos Especiales, quienes proporcionaron la información suficiente que permitió realizar el cálculo de la huella de carbono de la UAEMéx para el año 2021 y 2022.

A continuación, se presenta la información recabada de cada variable identificada en el **alcance 1**.

a) Consumo de combustibles fósiles

Además del uso de combustibles para el tema de movilidad de la comunidad universitaria (Potrobús y vehículos designados), la Universidad realiza asignaciones de los diferentes combustibles a cada uno de los espacios universitarios, de los cuales se logró obtener la cantidad en litros del consumo en ambos años. La

presente información ayudó a concretar el cálculo del alcance 1, por lo que, a continuación, se presentan los datos recolectados.

Tabla 10 Consumo de combustibles en el año 2021 y 2022

Combustibles en litros 2021		
Variable	Gasolina	Diésel
Transporte vehicular	259,698	32,760
Potrobús	-	38,674
Viajes foráneos	8,754	35,814
Contenedores	16,128	-
Total	284,580	107,248
Combustibles en litros 2022		
Variable	Gasolina	Diésel
Transporte vehicular	289,159	47,321
Potrobús	-	405,804
Viajes foráneos	21,473	276,440
Contenedores	30,059	-
Total	340,691	729,565

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se logró obtener información sobre el consumo del gas natural vehicular y el gas en los laboratorios, donde este último es un recurso necesario para el funcionamiento de estos espacios, de esta manera se integraron dentro del cálculo de HC, no obstante, únicamente se obtuvo la cantidad adquirida en el año 2022, como se muestra a continuación.

Tabla 11 Otros Combustibles del año 2022

Año 2022	Cantidad (L)
Gas en laboratorios	8,032.787
Gas natural vehicular (GNV)	17,556

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que, la movilidad dentro de la UAEMéx, está integrada por vehículos propios con fines institucionales como los son: servicios de Potrobús, autobuses, automóviles, ambulancias, camionetas, cuatrimotos, microbuses,

tractores, remolques, entre otros tipos, los cuales están comprendidos en el alcance 1, debido al uso de combustibles que requieren para su funcionamiento.

Por otro lado, existen actividades como lo son los viajes institucionales, o aquellos que implican desplazarse de un espacio a otro por recursos y medios propios, los cuales pertenecen al alcance 3, debido a que no implican el uso directo del combustible designado por la UAEM, por otro lado, cabe resaltar que, en el caso de las cafeterías, éstas adquieren su propio combustible, por lo que son independientes de la Universidad.

En cuanto al Potrobús, éste permite el traslado de los integrantes universitarios a los diferentes espacios académicos, actividad que se realiza a través de 37 unidades de transporte, de las cuales en el año 2022 se integraron seis unidades con motor de gas natural, lo cual contribuye a disminuir gases de efecto invernadero y óxidos de nitrógeno.

El servicio de Potrobús, ofrece 16 rutas: Oro, Verde, Blanca, Plata, Olivo, Tenango, Ixtlahuaca, Temoaya, San Juan de las Huertas, Rectoría-Cerrillo, Terminar-Cerrillo y UAP Santiago Tianguistenco-CU, Ocoyoacac-CU, Santiago Tianguistenco, Chapultepec, Xonacatlán y el Rosedal.

Asimismo, se integran otros medios de transporte que emplea la comunidad universitaria, pero que no son pertenecientes a la UAEMéx, como el servicio público concesionado y el privado, los cuales son completamente ajenos a la Universidad, razón que dificulta su análisis sobre su consumo.

Además, se encuentra el consumo energético comprendido en el **alcance 2**.

a) Electricidad

Respecto a la recolección de información referente al consumo de energía eléctrica, es importante mencionar que la Universidad está conformada por diferentes espacios, los cuales hacen uso de la energía para su funcionamiento, siendo este un recurso indispensable dentro de la UAEMéx.

En este sentido, a partir de la consulta de los recibos de luz de cada espacio, se logró obtener el consumo total en kWh de 100 espacios universitarios, información que fue documentada en un registro específico sobre electricidad en la Universidad.

De esta manera, para el año 2021, el consumo energético de la Universidad Autónoma del Estado de México fue de 6,959,081 kWh, y considerando la comunidad estudiantil de este año de 105,249, el consumo per cápita fue de 66.1 kWh/persona/año.

Mientras que, para el año 2022, el consumo energético fue de 8,469,171 kWh, donde la población universitaria fue de 107,231 integrantes, por lo que el consumo per cápita fue de 79 kWh/persona/año, datos que se reflejan de manera concreta en la siguiente tabla.

Tabla 12 Consumo energético del año 2021 y 2022

Energía 2021	
Consumo energético total	6,959,081 kWh
Per cápita	66.1 kWh/persona/año
Comunidad universitaria	105,249 integrantes
Energía 2022	
Consumo energético total	8,469,171 kWh
Per cápita	79 kWh/persona/año
Comunidad universitaria	107,231 integrantes

Fuente: Elaboración propia

Respecto al **alcance 3**, se presenta la siguiente información:

a) Residuos

Dentro de los residuos de la Universidad, se generan diferentes tipos de acuerdo con los distintos espacios y actividades que realizan. Sin embargo, debido a su extensión, resulta complejo tener la cantidad exacta y tipo de residuo que cada área produce, por lo que únicamente se consideraron los residuos de los espacios universitarios del Valle de Toluca.

Tabla 13 Residuos de la UAEMéx

Residuos 2021	
Tipo	Kg
Residuos UAEMéx-Valle de Toluca	264,940
Cartón	1,025
Residuos 2022	
Tipo	Kg
Residuos UAEMéx-Valle de Toluca	682,230
Cartón	175

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, cabe resaltar que, respecto a los residuos peligrosos, la información es de confidencialidad para la UAEMéx, por lo que lamentablemente no fueron considerados por esta ocasión dentro del cálculo de Huella de Carbono, por lo que, se pretende ser retomado y analizado en un estudio posterior.

Respecto a los residuos PET y electrónicos, estos serán considerados en el apartado de neutralización derivado a que son campañas de acopio y en lugar de generar HC, con éstas, se contribuye a disminuirla. Respecto al papel, éste será analizado más adelante ya que es considerado como un insumo de la UAEMéx.

b) Construcciones

Respecto a las construcciones, la Universidad está constituida por las plantas bajas de los edificios, el total construido de los edificios, los estacionamientos, jardineas, áreas deportivas y áreas exteriores. Por lo que a continuación se muestra el total construido de la Universidad.

Tabla 14 Extensión de la UAEMéx

Extensión (m²) de la UAEMéx	
Año	Total, construido
2021	1,197,801.38 m ²
2022	1,230,263.67 m ²

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, es importante mencionar que no es correcto considerar la cantidad de metros construidos de años anteriores para el cálculo de la HC, debido a que reflejan la totalidad de construcción de la Universidad desde sus primeras edificaciones, por el contrario, se deben retomar los m² de la obra universitaria nueva, es decir, las construcciones que se realizaron en el año 2021 y 2022.

De acuerdo con el Informe Anual de Actividades del año 2021 y 2022, en cuanto a la obra universitaria se presenta el total de m² construidos respecto a obras nuevas, incluyendo remodelaciones y acondicionamientos, habiendo dos tipos según el uso, académico y administrativo, como se muestra a continuación.

Tabla 15 Obra nueva construida en el año 2021 y 2022

Obra universitaria	Uso	2021	2022
Obra nueva	Académico	12,417 m ²	12,690 m ²
	Administrativo	3,116 m ² .	23,115 m ²
Remodelaciones y acondicionamientos	Académico	4,544 m ²	5,250 m ²
	Administrativo	2,061 m ²	5,954 m ²
Total (m² construidos)		22,138 m²	47,009 m²

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el PIAA 2021 y el SIAA 2022

c) Consumo de papel e insumos

En este aspecto, la Universidad considera el papel tipo bond e higiénico, del cual se hace uso en todos los espacios universitarios, siendo un recurso fundamental para llevar a cabo sus distintas actividades, así como cubrir necesidades en diferentes ámbitos.

Por otro lado, en cuanto a los insumos, no se cuenta con un registro o inventario de la cantidad precisa de estos, por lo que para el cálculo de huella de carbono solo se consideró el consumo del papel bond e higiénico que adquirió la Universidad durante los años 2021 y 2022.

En el caso del papel bond, el consumo se obtuvo a partir del peso total de hojas que adquirió la Universidad, multiplicado por el factor de emisión. Mientras que, para el papel higiénico, se generó multiplicando el total de rollos adquiridos, por el peso de

un rollo y, a su vez, por el factor de emisión. De esta manera se logró obtener la siguiente información:

Tabla 16 Consumo de papel de la UAEMéx del 2021 y 2022

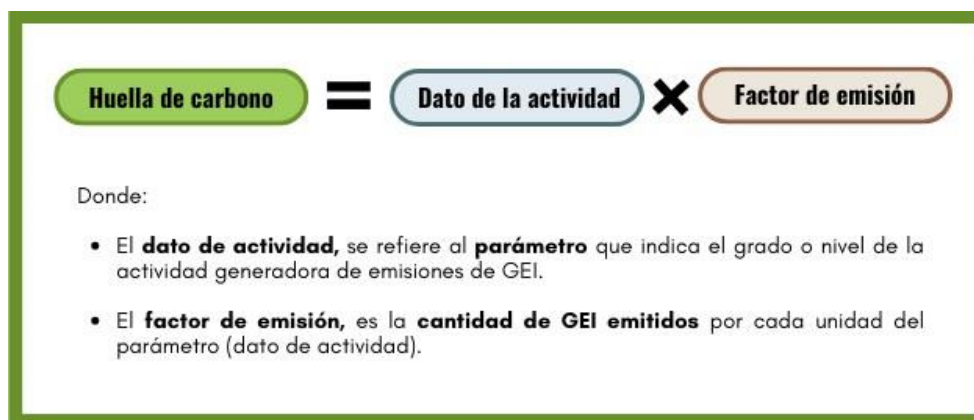
Papel bond	
Año	Peso total de hojas adquiridas por la UAEMéx en Kg
2021	47,732.22
2022	68,680.98
Papel higiénico	
Año	Peso total del papel higiénico adquirido por la UAEMéx en Kg
2021	97,973.17
2022	154,651.03

Fuente: Elaboración propia

5.7 Realizar el cálculo

Posterior a la recolección de datos, se continuó con el cálculo de la huella de carbono de la Universidad, y de acuerdo con la metodología propuesta en este estudio, se realizó a través de la aplicación de la fórmula general, la cual integra el dato de la actividad y el factor de emisión, siendo la UAEMéx el objeto de estudio, por lo que se midió la cantidad de CO₂e que cada variable identificada generó.

Figura 3 Fórmula para calcular la Huella de Carbono



Elaboración propia con base a Eurofins, (2022).

Alcance 1. Emisiones directas

El alcance 1 está conformado por las emisiones directas, las cuales son controladas por la Universidad. En este sentido, se encuentra el consumo de combustibles fósiles por parte de la UAEMéx.

Tabla 17 Alcance 1

Consumo de combustibles 2021			
Variable	Cantidad (L)	Factor de emisión (Kg CO₂e/L)	CO₂e (kg)
Gasolina	284,580	2.265	644,573.70
Diésel	107,248	2.599	278,737.55
Total (Kg)			923,311.25
Total (Tn)			923.31
Consumo de combustibles 2022			
Variable	Cantidad (L)	Factor de emisión (Kg CO₂e/L)	CO₂e (kg)
Gasolina	340,691	2.265	771,665.12
Diésel	729,565	2.599	1,896,139.44
Gas natural vehicular (GNV)	17,556	2.7	47,401.20
Gas	8,033	1.6	12,852.46
Total (Kg)			2,728,058.21
Total (Tn)			2,728.06

Fuente: Elaboración propia

Alcance 2. Emisiones indirectas

Tabla 18 Alcance 2

Consumo energético 2021			
Variable	Cantidad (kWh)	Factor de emisión tCO₂e/MWh	CO₂e (kg)
Energía	6,959,081	0.423	2,943,691
Consumo energético 2022			
Variable			CO₂e (kg)

	Cantidad (kWh)	Factor de emisión tCO ₂ e/MWh	
Energía	8,469,171	0.435	3,684,089

Fuente: Elaboración propia

Alcance 3. Emisiones semi-directas

Tabla 19 Alcance 3

Residuos 2021			
Variable	Cantidad (Kg)	Factor de emisión (Kg CO ₂ e/kg)	CO ₂ e (kg)
Residuos UAEMéx-Valle de Toluca	264,940	0.7	185,458
Cartón	1,025	1.69	1,734.30
Total			187,192.30
Residuos 2022			
Variable	Cantidad (Kg)	Factor de emisión (Kg CO ₂ e/kg)	CO ₂ e (kg)
Residuos UAEMéx-Valle de Toluca	682,230	0.7	477,561
Cartón	175	1.69	296.1
Total			477,857.10
Construcciones			
Año	Cantidad (m ²)	Factor de emisión (Kg CO ₂ e/m ²)	CO ₂ e (kg)
2021	22,138	441	9,762,858
2022	47,009	441	20,730,969
Total			30,493,827
Consumo de papel (bond e higiénico)			
Año	Cantidad (Kg)	Factor de emisión (Kg CO ₂ e/kg)	CO ₂ e (kg)
2021	145,705.39	1.79	260,084.13
2022	223,332.01	1.79	398,647.64
Total			658,731.77

Fuente: Elaboración propia

5.8 Análisis y discusión de los resultados

Este paso consiste en el análisis a partir de los resultados obtenidos, con la finalidad de relacionar y comparar las variables identificadas en la investigación, e incluso distinguir áreas de oportunidades y mejora, del mismo modo, se realiza también la discusión, la cual consiste en la interpretación de dichos resultados, al igual que sus implicaciones, así como los hallazgos del estudio.

Por lo que, a continuación, se presenta el cálculo de la HC de la Universidad, donde se muestran las variables identificadas como fuentes de emisión, que a su vez son clasificadas en tres alcances. Así mismo, para el caso del dato per cápita, se dividió la cantidad total de emisiones de CO₂e, entre el número de integrantes de la comunidad universitaria para cada año.

Tabla 20 Huella de Carbono de la UAEMéx en el 2021

Huella de carbono 2021			
Alcance	Variable	CO₂e (Kg)	Per cápita (Kg) CO₂e/persona
Alcance 1	Consumo de combustibles fósiles	923,311.25	8.77
Alcance 2	Consumo energético	2,943,691.22	27.97
Alcance 3	Residuos	187,192.30	1.78
	Consumo de papel	260,084.13	2.47
	Construcciones	9,762,858.00	92.76
Total		14,077,136.90	133.75
Comunidad universitaria			105,249

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Huella de Carbono de la UAEMéx en el 2022

Huella de carbono 2022			
Alcance	Variable	CO₂e (Kg)	Per cápita (Kg) CO₂e/persona
Alcance 1	Consumo de combustibles fósiles	2,728,058.21	25.44
Alcance 2	Consumo energético	3,684,089.39	34.36

Alcance 3	Residuos	477,857.10	4.46
	Consumo de papel	398,647.64	3.72
	Construcciones	20,730,969.00	193.33
Total		28,019,621.33	261.30
Comunidad universitaria			107,231

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en las tablas anteriores, se logró calcular la HC de la UAEMéx proveniente de las principales actividades sustantivas del año 2021 y 2022, a través del diseño y aplicación de una metodología híbrida, dirigida a Instituciones de Educación Superior, cuya intención es ser replicada para una autoevaluación.

En este sentido, la huella de carbono de la UAEMéx en el año **2021** correspondió a **14,077,136.90 kg de CO₂e**, además se consideró el total de la comunidad universitaria de ese momento, siendo de 105,249 integrantes, lo cual permitió obtener la cantidad **per cápita**, de **133.75 kg de CO₂e/persona/año**. Por otro lado, en el año **2022**, la HC fue de **28,019,621.33 kg de CO₂e**, y la **per cápita** de **261.30 kg de CO₂e/persona/año**, teniendo en cuenta que para este año se contó con 107,231 universitarios.

Derivado de lo anterior, se presenta un incremento notorio de la HC del año 2022 respecto a la del 2021, lo que se atribuye principalmente al acontecimiento que se presentó en México en el año 2020, por la pandemia del virus del COVID-19, lo que ocasionó la suspensión de actividades presenciales, optando por el formato en línea, incluyendo las clases, las cuales continuaron a distancia hasta el año 2021, situación que reflejó una considerable reducción en el consumo de algunos recursos, por ejemplo, de combustibles fósiles, del papel y la energía.

Para el año 2022, se empezaron a retomar algunas actividades administrativas y académicas de manera paulatina, hasta incorporarse de nuevo a las aulas, lo cual se vio reflejado en el aumento del consumo en los recursos ya mencionados, por ejemplo, en cuanto al papel bond, en el año 2021 se adquirió 47,732.22 kg, cantidad que generó 85,202.02 kg de CO₂e, mientras que, en el 2022 se consumió 68,680.98 kg, lo cual emitió 122,595.55 kg de CO₂e.

Del mismo modo, en el caso del papel higiénico, para el 2021, se consumieron 97,973.17 kg, produciendo 174,882.11 kg de CO_{2e}, y en el año 2022 se adquirió la cantidad de 154,651.03 kg, emitiendo 276,052.09 Kg de CO_{2e}, datos que reflejan un notable aumento de un año a otro, considerando que en el 2021 los alumnos tomaron clase en línea, mientras que los administrativos y académicos, no se encontraban en su totalidad en los espacios universitarios, evitando parcialmente el consumo de este recurso.

Respecto a los combustibles fósiles, en el año 2021 el consumo fue de 391,828 L, incluyendo gasolina y diésel, cantidad que emitió 923,311.25 kg de CO_{2e}, mientras que, para el 2022, se adquirió 1,095,845 L, donde además se obtuvo la cantidad de gas utilizado en los laboratorios y el gas natural vehicular, lo que en conjunto generaron, 2,728,058.21 kg de CO_{2e}. Así mismo, aumentó el consumo para viajes foráneos, el cual, a retomar la modalidad presencial en la UAEMéx, demandó más uso de combustibles, otro ejemplo es que, más estudiantes hicieron uso del Potrobús.

En cuanto al consumo energético, para el año 2021, este fue de 6,898,576.91 kWh, lo que emitió la cantidad de 2,918,098.03 kg de CO_{2e}, mientras que, para el 2022, se consumió 8,372,604 kWh, generando 3,642,082.74 kg de CO_{2e}, donde al igual que el papel y los combustibles fósiles, aumentaron en el año 2022, debido a la incorporación presencial de alumnos, académicos y administrativos en la Universidad, además de que, en el último año, incrementó la comunidad universitaria.

Por otro lado, en el tema de residuos, se consideró información de la cantidad de cartón que generó la Universidad, al igual que los residuos de los espacios universitarios del Valle de Toluca. De esta manera, en el año 2021, se generaron 265,965 kg, lo cual emitió 187,192.30 kg de CO_{2e}, mientras que, en el año 2022, se obtuvieron 682,405 kg, cantidad que generó 477,857.10 kg de CO_{2e}.

Finalmente, en cuanto a construcciones, entre las obras nuevas del año 2021, se construyó un total de 22,138 m², lo que generó 9,762,858 kg de CO_{2e}, y en el 2022, se construyeron 47,009 m², lo que emitió 20,730,969 kg de CO_{2e}. Es importante

mencionar, que, dentro de las variables identificadas, este rubro es el que más CO₂e generó, por lo que fue parte fundamental en la cantidad final de HC.

Por otra parte, se realizó un comparativo de las emisiones per cápita de las Instituciones de Educación Superior, en Europa y América, respecto a la Universidad Autónoma del Estado de México, como se muestra a continuación.

Tabla 22 Huella de carbono per cápita de las IES

INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES)	
EUROPA	Per cápita (Kg de CO₂e)
Universidad de Córdoba (UCO)	108
Universidad de Alcalá (UAH)	260
Universidad de Jaén	680
Promedio	349.33
AMÉRICA	Per cápita (Kg de CO₂e)
Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)	1070.86
Universidad de Chile-	1300
Univesidad Nacional de Costa Rica	143
Promedio	837.95
MÉXICO	Per cápita (Kg de CO₂e)
Universidad Autónoma del Estado de México	261.30

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, las IES de Europa mantienen menores emisiones de CO₂e, mientras que, en el caso de América, éstas son mayores, incluso sobrepasando miles de kg de CO₂e por persona, mientras que la UAEMéx, alcanzó 261.30 kg de CO₂e, lo que refleja un resultado menor que el promedio de las IES estudiadas de Europa.

Respecto a las IES de América, éstas en promedio emiten 837.95 kg de CO₂e, por el contrario, las instituciones de Europa se encuentran en un promedio de 349.33 kg de CO₂e, lo que representa un aumento considerable, el cual puede atribuirse al modo en que las universidades realizan sus actividades y lo que hacen a favor de reducir sus emisiones de GEI.

La UAEMéx, se mantiene como una universidad que se ha encaminado en el tema ambiental a lo largo del tiempo, a través de sus distintas actividades, lo cual, ha permitido mantener sus emisiones dentro de los casos de las IES en Europa, instituciones que destacan por el nivel de desarrollo que tienen, no obstante, es importante definir y realizar acciones que favorezcan a la Universidad en reducir y neutralizar su HC.

6. Plan de neutralización de la huella de carbono de la UAEMéx

El siguiente paso en la metodología utilizada corresponde a desarrollar un plan que permita neutralizar la huella de carbono, el cual debe ser integrado por diferentes estrategias que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero de las IES, y en la medida de lo posible, éstas sean libres de carbono.

En este sentido, derivado de la metodología propuesta y los resultados obtenidos, se realizó un plan estratégico con la finalidad de neutralizar el CO₂e producido en la Universidad, el cual considera actividades que contribuyen a reducir los GEI que se alcanzaron, por lo que, a continuación, se describe a detalle la propuesta de neutralización.

6.1 Plan para neutralizar la huella de carbono

La UAEMéx ha conseguido encaminarse hacia un desarrollo sostenible, a través de distintas prácticas y acciones como respuesta ante los problemas ambientales del planeta Tierra. Por lo que, a lo largo de los años, se ha comprometido en el tema ambiental mediante la divulgación de actividades, mejorando en temas como: manejo de residuos, ahorro del agua, uso eficiente de energía, acreditaciones ambientales, entre otros elementos que conciernen al entorno natural.

Entre las actividades de la Universidad, a través de la Dirección de Protección al Ambiente (DPA), se han llevado a cabo diferentes campañas como: campaña universitaria de reforestación, campaña de acopio de residuos de aceite vegetal comestible, campaña universitaria de acopio de PET y taparrosas de plástico, campaña anual de acopio de medicamentos caducos y sus envases, campaña

permanente para la reducción de residuos de unicel y la campaña universitaria de acopio de residuos.

Particularmente respecto a la generación de residuos orgánicos, estos son convertidos en composta, misma que es utilizada en beneficio de los espacios universitarios, por otro lado, en cuanto a los residuos peligrosos, la Universidad se encarga de cumplir con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, lo que contribuye significativamente a reducir el impacto ambiental.

Mientras que, en el aspecto de energía, gracias a las campañas de acopio de PET, se han obtenido paneles solares. Además, en algunos espacios universitarios, se han realizado actividades como: diagnósticos sobre el consumo energético, jornadas de limpieza de luminaria y ventanas, con el objetivo de tener acceso a la luz natural, así como el cambio de luminaria por una más eficiente.

Por otro lado, la Universidad cuenta con un medio propio de comunicación que agiliza la correspondencia entre los espacios universitarios, siendo este el Sistema de Correspondencia Institucional (SICOINS), un software que permite el envío y recepción de mensajería que refleja el estado de respuesta y cumplimiento del mensaje, además de tener validez institucional y, de acuerdo con la ANUIES (2019), su objetivo principal consiste en reducir los costos de mensajería y uso de papel, convirtiéndose en un medio oficial de comunicación de la UAEMéx.

El proceso resulta ser óptimo debido a la reducción del uso de equipos como impresoras y tóner, reducción del tiempo de respuesta de la correspondencia, en viáticos y tiempos muertos durante el proceso (ANUIES-TIC, 2019). Mientras que, en el tema ambiental, se reduce considerablemente el consumo de papel, lo que genera mayor productividad en el Sistema, al mismo tiempo que contribuye al cuidado y protección del medio ambiente y, sobre todo, a reducir la huella de carbono.

Así mismo, actualmente algunas tareas son designadas por la plataforma Microsoft Teams, la cual permite definir las características de éstas, al igual que el tiempo de respuesta, además es posible tratar con diferentes tipos de archivos, lo que permite

el manejo de información en el ámbito académico y administrativo, y, por consiguiente, a disminuir el consumo de papel, lo que contribuye a reducir la HC de la Universidad.

De esta manera, en este apartado se describen algunas actividades que la Universidad realiza y han resultado favorables en la reducción de emisiones de GEI, donde en primera instancia se encuentran los residuos tipo PET y electrónicos, los cuales no fueron integrados en el cálculo de huella de carbono, debido a que son producto de una campaña de acopio, cuyo objetivo fue hacer la recolección desde diferentes áreas, es decir, participaron personas externas a la Universidad.

Al realizar estas campañas de acopio, se cumple con el tratamiento y disposición de los residuos de manera adecuada, evitando la generación de CO₂e y, por consiguiente, a la reducción de la huella de carbono. Del mismo modo, se encuentra la generación de composta, la cual es proveniente de la hojarasca y lo que se genera cuando se da mantenimiento a las áreas verdes, por lo que, al encontrarse de esta manera, por su propio proceso natural, se descompone y se integra de nuevo al medio. A continuación, se presenta la cantidad en kilogramos de la composta obtenida en ambos años.

Tabla 23 Generación de composta en la UAEMéx

Composta	Elemento	Cantidad
	2021	134,000 kg
	2022	184,000 kg

Fuente: Elaboración propia

Como se presenta en la información de la tabla, la generación de composta incrementó considerablemente en el año 2022, situación que muestra el trabajo en el manejo de los residuos orgánicos de la Universidad, actividad realizada y reportada por la Dirección de Protección al Ambiente.

Asimismo, se retoma la función de las áreas verdes, conformadas principalmente por pastos, flores silvestres y especies de árboles, los cuales al estar en el medio natural tienen la capacidad de asimilar determinadas cantidades de CO₂ en el entorno, por lo que gracias a la extensión de estas áreas con las que cuenta la

Universidad, se logra capturar 3,180,465.50 kg de CO₂e, considerando el dato de los m² que se registraron en el 2022, como se muestra a continuación.

Tabla 24 Captura de CO₂e de las áreas verdes

CO ₂ e que absorben las áreas verdes			
Año	Cantidad	Factor de emisión (Kg CO ₂ e/kg)	CO ₂ e
2021	5,328,687.59 m ²	6000	3,197,212.55
2022	5,300,775.82 m ²	6000	3,180,465.5

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior, es un ejemplo de la capacidad que tienen los espacios verdes en la Universidad, lo cual contribuye a reducir la huella de carbono derivada de las actividades sustantivas, así mismo, es importante mencionar que, al aumentar las construcciones en la UAEMéx, a su vez se debería incrementar la extensión de las áreas verdes.

Finalmente, se encuentra el SICOINS, el cual como ya se mencionó debido a su forma de operación, permite enviar comunicados oficiales de manera digital, lo que representa una considerable reducción en el consumo del papel, por lo que, en el último año (2022) gracias a su implementación, se evitó la generación de 422,866.50 kg de CO₂e.

En este sentido, a continuación, se presentan las principales actividades que evitan la generación de CO₂e en la Universidad, mostrando los resultados obtenidos para ambos años.

Tabla 25 Actividades 2021

Variable		Cantidad	Factor de emisión	CO ₂ e
Residuos	PET	3,099 kg	2.91 (Kg CO ₂ e/kg)	9,002.60
	Electrónicos	7,000 kg	135 (Kg CO ₂ e/kg)	945,000
Potrobús		376 beneficiados/día	0.15 (Kg CO ₂ e/kg)	197,662.81
SICOINS		203,428 comunicados enviados	1.79 (Kg CO ₂ e/kg)	363,118.98

Total	1,514,784.38
--------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Actividades 2022

Variable		Cantidad	Factor de emisión	CO ₂ e
Residuos	PET	60,767 kg	2.91 (KgCO ₂ e/kg)	176,528.14
	Electrónicos	3,168 kg	135 (Kg CO ₂ e/kg)	427,680
Potrobús		10,588 beneficiados/día	0.15 (Kg CO ₂ e/kg)	5,566,100.50
SICOINS		236,900 comunicados enviados	1.79 (Kg CO ₂ e/kg)	422,866.50
Total				6,593,175.14

Fuente: Elaboración propia

Derivado de las actividades en el año 2021, se evitó la generación de 1,514,784.38 kg de CO₂e, mientras que, en el 2022, se impidió la emisión de 6,593,175.14 kg de CO₂e, lo cual refleja la importancia que tienen estas acciones en la reducción de las emisiones del CO₂e generado, sin embargo, es necesario añadir actividades que permitan lograr la neutralidad de la huella de carbono.

De esta manera, parte de la propuesta de “neutralización”, se basa en el papel fundamental que las especies de árboles tienen sobre la captación de GEI, donde de acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) 2018, en promedio un árbol adulto al año absorbe 12 kilogramos de dióxido de carbono, y genera oxígeno aproximadamente al menos para cuatro personas, mientras que, una hectárea tiene la capacidad de llegar a absorber en promedio hasta 6 toneladas al año de CO₂.

Particularmente, los árboles son seres vivos que regulan el ciclo del agua, regulan la calidad del aire, mantienen los suelos y la biodiversidad, amortiguan algunos fenómenos naturales, y cuentan con la facultad de desarrollarse y adaptarse en casi cualquier entorno, pero sobre todo tienen la increíble capacidad de absorber CO₂, por lo que son una herramienta de gran potencial para reducir la huella de carbono.

Por ello, la captación de carbono a través de especies de árboles (forestales y frutales), resulta ser una estrategia de alto impacto que ayuda a reducir considerablemente las emisiones de GEI, además de los beneficios ambientales que traen al entorno, no solo en el aspecto paisajístico, sino en la neutralización de la HC de la Universidad, por lo que, al incrementar el número de árboles en los espacios universitarios, contribuirá significativamente a la neutralización.

Es así como para fines de esta investigación, se retoma la importancia de las especies de árboles como agentes de captación de CO₂, siendo estos los pulmones del planeta junto a los océanos, teniendo en cuenta que cada especie tiene características únicas que le permiten absorber determinada cantidad de dióxido de carbono.

Aunado a lo anterior, se proponen estrategias que ayuden a mitigar el impacto ocasionado por la generación de emisiones de GEI. En este sentido, se propone continuar y robustecer algunas prácticas dentro de la Universidad, por ejemplo: continuar con las campañas realizadas por la DPA, lo cual contribuye significativamente a reducir el impacto ambiental y, por consiguiente, a reducir la huella de carbono.

En el caso de la campaña universitaria de acopio de residuos electrónicos, se sugiere dar mayor difusión y, continuar con una compensación al espacio académico que logre mayor recolección, al igual que la campaña de acopio de PET y taparrosas de plástico, incentivando a la comunidad estudiantil para su participación y contribución en su recolección, mediante una compensación que beneficie a su espacio, como es el caso de los paneles solares.

De la misma manera, continuar la campaña anual de acopio de medicamentos caducos y sus envases, difundiendo y dando a conocer los efectos que estos residuos tienen sobre el ambiente y la salud humana al no tener una disposición final adecuada. Además de ampliar y mejorar las capacitaciones al personal en cuanto a temas de manejo de residuos, uso eficiente de la energía y ahorro del agua.

Por otro lado, se sugiere continuar con las prácticas de rehabilitación y mantenimiento de las áreas verdes, donde se incentive la participación de la comunidad estudiantil en dicha actividad. Mientras que, en el tema de educación ambiental no formal, se recomienda dar seguimiento a la impartición de cursos ambientales, reconociendo el papel de la comunidad estudiantil dentro de estas actividades.

Así como continuar con la integración de las brigadas ambientales, que fomenten la participación a involucrarse en el tema ambiental, con el objetivo de ampliar y adquirir conocimientos respecto al tema de huella de carbono, que les permita convertirse en agentes de cambio y divulgadores de la información.

Del mismo modo, se sugiere robustecer el SICOINS, dando mayor difusión al Sistema, que permita ser eficiente en el servicio de mensajería, al igual que uso de la plataforma Microsoft Teams para las entregas de tareas. Adicionalmente, se recomienda continuar con actividades recreativas como talleres, cursos, congresos, campañas, entre demás acciones que lleva desempeñando la Universidad a lo largo de los años.

Continuando con la propuesta, se sugiere realizar las siguientes prácticas como parte del plan de neutralización, las cuales contribuyen a disminuir las emisiones de GEI, y de esta forma a reducir la huella de carbono generada de la UAEMéx, en este sentido, a continuación, se describen las actividades resultantes del análisis durante el proceso de investigación.

Retomar técnicas de economía circular: Robustecer y expandir la actividad donde se lleva a cabo el trueque, la cual constará del intercambio de residuos electrónicos por un producto sustentable, como: composta, semillas, plantas o algún otro producto que los mismos estudiantes pudieran fabricar. Posteriormente lo recaudado será enviado y destinado a empresas que se encarguen de su disposición final (Reciclatrónica).

Feria ambiental a nivel Universidad: Tendrá la finalidad de reforzar a la comunidad universitaria en el ámbito cultural y en el tema de educación ambiental. Será realizada de manera anual, y participarán todos los espacios universitarios con

estudiantes que cuenten con proyectos desarrollados dentro de la temática medioambiental.

Concurso ambiental: Diseñar y realizar un concurso a nivel Universidad, denominado: “Propuestas que contribuyen a mitigar la huella de carbono de nuestra Universidad”. Participarán estudiantes interesados en contribuir a la reducción de los GEI de la Universidad, a través de proyectos innovadores sustentados por investigación.

En esta actividad se reconocerán las capacidades, habilidades y conocimientos de la comunidad universitaria, al igual que el papel que tienen los estudiantes como agentes de cambio ante temas actuales y problemáticas de mayor impacto.

Implementación de ecotécnicas: Se trata de técnicas a desarrollar donde se hace el uso eficiente de los recursos naturales y materiales, a fin de brindar un producto o incluso servicio. Para el caso de la UAEMéx, en algunos espacios se ha trabajado con la elaboración de composta, sin embargo, se sugiere aplicar este proyecto a nivel Universidad, donde cada espacio produzca su propia composta por medio de todos los residuos orgánicos, incluyendo los de cafetería (siendo obligatorio), a través de estrategias que eviten la generación y propagación de plagas.

Asimismo, se sugiere la elaboración de productos ecológicos, por ejemplo, libretas de papel reciclado, lo que representa un ahorro en recursos, como lo describe National Geographic (2020), donde una tonelada de papel reciclado equivale al ahorro de 150 litros de combustibles fósiles y, a salvar la vida de aproximadamente 17 árboles.

Sistemas de captación de agua: Ampliar el sistema de captación de agua de lluvia y equipos de purificación de agua (bebederos), de manera que cada espacio cuente con su propio sistema, y con ello reducir el consumo de envases de un solo uso y, por consiguiente, disminuir la generación de residuos, lo que al mismo tiempo reducirá la huella de carbono de la Universidad.

Día de mantenimiento a las áreas verdes: Este día consistirá en la participación de estudiantes, académicos y administrativos bajo la supervisión de personal capacitado quien guiará la actividad, lo cual tendrá el objetivo de la interacción de

la comunidad universitaria con el medio natural, además de involucrarse en su espacio académico, servirá como una práctica recreativa y de enseñanza fuera de su cotidianidad, lo que incrementará las áreas verdes en la Universidad (incluyendo techos y muros verdes), reduciendo así la HC.

Promover trabajos y exámenes digitales: El objetivo es reducir el consumo de papel en la Institución, lo cual no solo reflejará beneficios económicos, sino que contribuirá a la reducción de la huella de carbono de la Universidad, por lo que se pretende optar por trabajos digitales debido a la generación de papel y el gasto económico que las impresiones originan. Al igual que el uso de herramientas digitales (plataformas) para la aplicación de exámenes.

En el caso particular de los exámenes, se sugiere que la academia sea la encargada de realizar el examen de manera digital, y posteriormente el alumno lo aplique en línea a través de distintas herramientas, que además contará con elementos de seguridad adecuados para lograr mayor eficiencia y productividad.

Promover el transporte universitario y uso de bicicletas: El objetivo de esta actividad es atender la movilidad sustentable de la Universidad y dentro de ella.

Incentivar el traslado de la comunidad universitaria a sus espacios correspondientes, a través del servicio de Potrobús o uso de bicicleta dependiendo del contexto en el que se encuentren (distancia), por medio de la difusión y divulgación de los beneficios que se obtienen de ellos.

Reconocer el papel del uso de bicicletas dentro de la Universidad como: Ciudad Universitaria y Campus el Cerrillo, considerando que son espacios de gran extensión, donde los estudiantes tiene que desplazarse de un edificio a otro para realizar sus distintas actividades, por lo que, el implementar bicicletas para su traslado ayudará en el cumplimiento puntual de dichas actividades, además del potencial que tendrá en la reducción de huella de carbono.

Por lo anterior, es importante reconocer el tema de movilidad y lo que conlleva, como lo es en el caso de México, respecto al sector de transporte, este contribuye con el 20.4% de emisiones de GEI, donde el 16.2% proviene del subsector automotor, mayormente por el transporte motorizado (ONU-Hábitat, 2023).

Mientras que, el uso de las bicicletas, por el contrario, representa beneficios ambientales significativos, por ejemplo: no consumen combustibles, no emiten GEI, son reutilizables, y emiten menos ruido (CONUEE, 2014). Es importante mencionar que el uso de la bicicleta llega a reducir 170 gramos de emisiones de CO₂ por persona (CGTN, 2021), lo cual refleja una significativa aportación a minimizar la huella de carbono.

Ampliar el servicio de Potrobús: Esta actividad tendrá el objetivo de reducir las emisiones de GEI en el tema de movilidad, incentivando el uso del transporte universitario en lugar del privado o el público, por lo que será necesario mejorar el servicio de Potrobús, proporcionando un espacio seguro y eficiente.

De acuerdo con el Segundo Informe Anual de Actividades (2023), 10,588 alumnos en promedio son beneficiados al día, gracias al servicio de Potrobús, lo que representa al menos el 1% de toda la comunidad universitaria, siendo ésta superior a los 100,000 integrantes.

Considerando la cantidad de integrantes de la Universidad, este servicio resulta fundamental para el traslado a sus diferentes espacios académicos, por lo que, tanto rutas como unidades no son suficientes para trasladar a la comunidad universitaria.

Por ello se pretende ampliar en primera instancia el número de unidades de Potrobús, lo que generará mayor capacidad de carga, al igual que el número de rutas, lo cual permitirá cubrir las necesidades de los estudiantes, haciendo de su traslado un medio seguro a sus espacios académicos, y en la medida de lo posible hacer que estas unidades sean eléctricas.

Eficiencia energética: Trabajar en el uso eficiente de la energía eléctrica, con la finalidad de reducir el consumo de kWh en todos los espacios universitarios. A través del fomento del ahorro de energía como: luces y equipos desconectados cuando no se hacen uso de estos (de acuerdo con el contexto o área).

Del mismo modo, se sugiere la implementación de paneles solares u otras fuentes más eficientes de generación de energía en todos los edificios de la Universidad, para generar al 100% la energía eléctrica, lo cual forma parte de poner en marcha “tecnología limpia” dentro de la UAEMéx.

El uso de paneles solares en la Institución contribuirá significativamente a la reducción de emisiones de GEI, debido a que es una tecnología renovable que no contamina el ambiente y funciona de manera eficiente, lo cual permitirá generar energía verde incluso para las comunidades cercanas a los espacios universitarios, y de esta manera neutralizar la huella de carbono de la Universidad.

Sustituir luminaria por LEDS: El uso de luz LED, implica un ahorro de energía entre 80% y el 90% de la luz convencional, por consiguiente, reflejan un ahorro económico considerable, además de tener larga vida útil y ser eficientes, presentan beneficios ambientales en su implementación debido a que no generan CO₂ y no contienen mercurio (residuo tóxico) en su fabricación, por lo tanto, al ser ecológicas no contaminan al ambiente (ER, 2021).

Retomando lo anterior, el uso de LEDS dentro de la Universidad beneficiará en el aspecto económico, además de aportar a la reducción de consumo de energía, dando lugar a un mayor rendimiento lumínico, lo cual refleja una tecnología ecológica que no emite una cantidad considerable de GEI, por lo que reduce la HC.

Día cero de energía eléctrica: Se recomienda realizar esta actividad una vez al semestre, en la cual se procure no usar alguna fuente de energía, de manera que se reduzca significativamente el consumo energético en toda la Universidad.

Considerando la cantidad de energía consumida por la Universidad en el último año (2022) de 8,372,604 kWh, y dividido entre los 365 días, se obtiene que al día se consume en promedio 22,938.64 kWh, lo cual por medio de esta actividad se logrará una reducción dentro del consumo.

Reciclaje de residuos: Se recomienda continuar con las campañas de recolección de residuos, y su divulgación ante la comunidad universitaria para su activa participación y colaboración, además se sugiere tratar de llegar a su reciclaje para una posible valorización, o en caso contrario, lograr una adecuada disposición final.

En el caso específico de los residuos orgánicos provenientes de las cafeterías, se recomienda la separación especial de los demás residuos, debido a su composición, con el objetivo de lograr una disposición final correcta y de manera eficiente.

Actividad denominada “Día cero residuos”: Constará de un día en el cual se evite la generación de todo tipo de residuos sólidos dentro de la Universidad, por lo que se informará con anticipación a la comunidad universitaria (incluyendo estudiantes, académicos y administrativos) para su activa colaboración.

Campaña de acopio de pilas: El uso de pilas permite el funcionamiento de equipos y aparatos electrónicos, sin embargo, al terminar su vida útil éstas pasan a ser de mayor atención, debido al riesgo que representan en el ambiente y la salud humana por su composición, convirtiéndose en residuos peligrosos (SEMARNAT, 2018) y formando parte de la huella de carbono de la Universidad.

Considerando lo anterior, el acopio de estos residuos resultaría de mayor valor dentro de la Universidad, contribuyendo a reducir la huella de carbono, además del cuidado del ambiente con la adecuada disposición final de las pilas, junto con el fomento a la recolección de éstas por medio de la difusión y divulgación sobre los efectos.

Fortalecer la implementación de huertos urbanos: Se trata de incentivar la creación de huertos urbanos dentro de los espacios académicos, donde además de la participación de la comunidad universitaria, se identifiquen los beneficios que brindan, como en el aspecto: ambiental, social, cultural, paisajístico, económico, educativo y en temas de salud.

La creación de huertos fortalece la cultura ambiental dentro de la comunidad en la que se realiza, fomentando el cuidado al ambiente, además de formar parte de la arquitectura del paisaje, mientras que, en el aspecto educativo, refuerza el trabajo en equipo, y fortalece el aprendizaje y conocimiento de quienes se involucran (SADER, 2016).

Así mismo, son considerados como una práctica terapéutica y de entretenimiento, donde además sus frutos pueden ser comercializados o para autoconsumo, pero, sobre todo, tienen la capacidad de absorber CO₂, lo que ayuda a contrarrestar la contaminación atmosférica y partículas suspendidas, mejorando la calidad del aire (Escobar, 2017) y, por lo tanto, a reducir la huella de carbono.

En el caso de la Universidad, este proyecto en primera instancia será una medida para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y, por consiguiente, a combatir el cambio climático. Tendrán el objetivo de integrar naturaleza y diversidad en los espacios construidos, mejorando la calidad del entorno y de sus integrantes.

En este sentido, la actividad contará con la participación de la comunidad estudiantil, lo cual conllevará a una interacción directa con el medio natural donde podrán involucrarse en el diseño, la creación y los cuidados de los huertos, lo que reforzará habilidades y conocimientos, por lo que, ampliará su perspectiva sobre el entorno.

En consecuencia, se sugieren algunas especies a implementar en los huertos dentro de los espacios universitarios, que gracias a sus características tienen la capacidad de absorber dióxido de carbono del entorno, tal es el caso de las hortalizas y árboles frutales, como se muestra a continuación.

Tabla 27 Especies que absorben CO₂ en los Huertos

Hortalizas		
Especie		Cantidad en gramos de CO₂ que absorbe
Nombre común	Nombre científico	
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	1.590 g
Pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	1.029 g
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	129,8 g
Brócoli parthenon	<i>Brassica oleracea</i> var. parthenon	210.4 g
Brocoli naxos	<i>Brassica oleracea</i> var. naxos	238,7 g
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis	342,5 g
Alcachofa	<i>Cynara cardunculus</i> var. scolymus	1.854 g
Árboles frutales		
Especie		Cantidad en gramos de CO₂ que absorbe
Nombre común	Nombre científico	
Ciruelo	<i>Prunus domestica</i>	40.777 g
Limonero	<i>Citrus limon</i>	106.933 g
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	49.345 g
Mandarino	<i>Citrus reticulata</i>	31.101 g
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>	1.489 g
Melón	<i>Cucumis melo</i>	802 g

Fuente: Elaboración propia con base a Mota *et al.* (2011).

Las especies sugeridas, son solo algunos ejemplos de hortalizas y árboles frutales que se pueden implementar en los huertos, sin embargo, es importante considerar algunos factores que intervienen en su mantenimiento, por ejemplo, el uso del agua, situación que se debe atender, debido a las implicaciones que a veces se tiene en su adquisición, por lo que, se recomienda también realizar un análisis particular sobre las especies endémicas para emplear en estos sistemas naturales.

Implementar jardines polinizadores: Esta actividad funciona como estrategia para disminuir la huella de carbono de la Universidad, en virtud de que las especies plantadas tienen la capacidad de absorber el CO₂ emitido, en los cuales se podrán integrar especies endémicas y, de esta manera, lograr mantener el equilibrio ecológico en el entorno natural que contribuirá a la mitigación del cambio climático.

Su implementación representa en primera instancia beneficios ambientales, por ejemplo, en la calidad del aire, cuando las plantas capturan el CO₂ del entorno, en la preservación de la biodiversidad debido a que en ellos habitan diferentes especies de animales, amortiguan el ruido en el espacio en el que se encuentran y tiene la capacidad de regular la temperatura del ambiente (SEDEMA, 2020).

En cuanto a los beneficios sociales, los jardines mejoran la calidad de vida, ya que resultan ser espacios estéticos, llenos de colores y olores, lo cual ayuda a disminuir el estrés y ansiedad creando un ambiente armonioso. Mientras que, en el lado económico, éstos pueden incluir plantas comestibles o medicinales, ya sea para autoconsumo o comercialización (SEDEMA, 2020).

En el caso de la Universidad, al contar con áreas coloridas, no solo mejorará el aspecto paisajístico, sino creará un ambiente mayormente productivo debido a los beneficios que brindan, haciendo de los espacios universitarios, entornos más agradables a la vista, reduciendo los niveles de estrés y aumentando la armonía en el entorno.

Por otro lado, resultarán sumamente recreativos para la comunidad universitaria, debido a que podrán participar en su diseño, creación y mantenimiento, lo cual permitirá mayor interacción con el entorno y la naturaleza, ampliando su perspectiva sobre el ambiente a una postura más sólida sobre su cuidado y preservación.

Así mismo, se sugiere adoptar determinado espacio de una Área Natural Protegida (ANP), o de alguna zona que permita la participación de individuos en el mantenimiento y protección de ésta, donde se realicen actividades como reforestaciones, cuyo objetivo sea el involucrar a la comunidad universitaria en su cuidado. Acción que ayudará significativamente a neutralizar la HC de la Universidad.

Diseño de farmacias vivientes: Las llamadas farmacias vivientes consisten en jardineras demostrativas donde se encuentran plantas medicinales, entre las cuales destacan: hierbabuena, romero, orégano, ruda, árnica, epazote, mezquite, entre otras especies con propiedades curativas (SEMARNAT, 2016).

Estos espacios brindan servicios ambientales: ofrecen alimento y medicina en el área de la salud, contribuyen positivamente a la salud mental y emocional de las personas, mejoran el embellecimiento del paisaje, fertilizan el suelo y disminuyen la contaminación del aire, es decir, capturan las partículas suspendidas, asimismo, pueden convertirse en una fuente de empleo, además de fomentar la conservación y cultivo de las especies medicinales tradicionales (CONAFOR, 2020).

En el caso de la UAEMéx, la creación de este sistema integrará la parte natural en los espacios universitarios, donde además de la participación de la comunidad universitaria, ayudará a reducir la huella de carbono gracias a su capacidad de capturar CO₂, y de esta manera aportará a cubrir la Universidad de verde.

Implementación de jardines verticales y azoteas verdes: El integrar vegetación en superficies verticales o en la azotea de los espacios universitarios, contribuirá al embellecimiento del entorno, además de equilibrar el ambiente, creando espacios más armoniosos y naturales, lo que brindará mayor recreación en estos. Dicha actividad, pretende incorporar la participación de los estudiantes en la creación de los jardines, lo cual permitirá el contacto directo con la naturaleza.

Su finalidad es aprovechar espacios reducidos como muros, paredes y azoteas, donde se pueden desarrollar estos increíbles sistemas. Por ello, el objetivo de esta actividad consiste en disponer de los espacios más convenientes e integrar

vegetación dentro de la Universidad, lo cual será también una estrategia que contribuirá a reducir la huella de carbono, debido a los beneficios que ofrecen.

Dentro de los beneficios que otorga, además de ser atractivos a la vista, mejora considerablemente la salud y bienestar debido al contacto de las personas con la naturaleza, regulan la temperatura, y contribuyen a la preservación de la flora y fauna, además de ser excelentes sistemas que tienen la capacidad de absorber el CO₂ presente en el entorno.

De acuerdo con López (2016), la implementación de jardines verticales tiene múltiples beneficios, dentro de los que se encuentran la capacidad de producir oxígeno y absorber CO₂, gracias al proceso de fotosíntesis, así mismo, purifican el aire, las especies vegetales son capaces de absorber sustancias nocivas por medio de la fijación en sus tejidos, como formaldehídos (humo del tabaco) y dióxido de carbono.

Por lo tanto, se recomienda diseñar e implementar este tipo de sistemas dentro de la Universidad, lo cual, junto a los demás sistemas mencionados anteriormente, ayudarán principalmente a reducir la huella de carbono, además de brindar beneficios a la comunidad universitaria, quienes podrán participar durante el proceso de creación y mantenimiento.

De esta manera, se describen algunas especies que cuentan con la capacidad de absorber CO₂ en el aire, por lo que se sugiere su implementación como medida para neutralizar la huella de carbono generada. Es importante mencionar que, estas especies pueden ser analizadas a mayor profundidad en un estudio posterior.

Tabla 28 Especies que absorben CO₂

Árboles que capturan CO₂		
Nombre común	Nombre científico	Cantidad de CO₂ que absorbe
Árbol maduro		21.7 kg/año
Pino carrasco	<i>Pinus halepensis</i>	48.87 kg/año
Pino piñonero	<i>Pinus pinea</i>	27.18 kg/año
Encina	<i>Quercus ilex</i>	5.04 kg/año

Alcornoque	Quercus suber	4.537 kg/año
Olmo	Quercus suber	762 kg/año
Olivo	Olea europaea	570 kg/año
Árbol kiri o emperatriz	Paulownia tomentosa	21.7 kg/año
Jcaranda	Jacaranda mimosifolia	1 tn/año
Melia o cinamomo	Melia azedarach	1 tn/año
Acacia de tres espinas	Gleditsia triacanthos	1 tn/año

Fuente: Elaboración propia

Derivado de los ejemplos descritos en la tabla, surge la propuesta de ampliar las áreas verdes en la Universidad, a través de la implementación de sistemas naturales como los ya mencionados, además de la integración de especies de árboles, que, en conjunto con las actividades descritas en este apartado, contribuyan a la neutralización de la HC de la UAEMéx.

En este sentido, es importante aplicar lo descrito en la presente investigación, de lo contrario, la Universidad tendría que adquirir o adoptar más áreas verdes, lo cual implicaría 30,409,967.83 m², donde de acuerdo con lo descrito por la CONANP, una hectárea absorbe 6 toneladas de CO₂e. Sin embargo, esto resultaría difícil de obtener, debido a su extensión, por ello, se sugiere realizar las actividades descritas en dicho plan.

6.2 Aplicar el plan de neutralización de la HC

El objetivo de diseñar un plan estratégico de neutralización de huella de carbono, es aplicarlo a la Universidad e involucrar la participación de la comunidad universitaria durante el proceso, actividad que retomará el papel que tiene el trabajo en equipo, que a su vez permitirá mayor eficiencia en los resultados.

Este paso consta de planificar y organizar lo descrito en la propuesta de neutralización, es decir, calendarizar las actividades planteadas de acuerdo con las necesidades de la Universidad, de manera que, al definir un plazo de tiempo, se cumpla con el objetivo de dichas actividades.

6.3 Realizar retroalimentación

Para una retroalimentación efectiva, es importante aplicar en primera instancia la metodología y el plan de neutralización, y de esta manera identificar las posibles áreas de oportunidad que contribuyan a mejorar el presente procedimiento, lo cual permita mayor productividad en el cálculo.

Por ello, en cada paso definido se deberán documentar las observaciones, debilidades, aciertos o fortalezas que estos reflejen, con la finalidad de integrarlas de nuevo en el siguiente procedimiento. Lo descrito ayudará significativamente a la mejora continua de la metodología.

7. Conclusiones

El problema actual al que se enfrenta el planeta Tierra, como ya se discutió en los apartados anteriores, es el cambio climático, éste ha traído grandes impactos a nivel global debido al aumento de temperatura por la producción de GEI, a través de la actividad humana que emite CO₂e a la atmósfera, contribuyendo de esta manera al calentamiento de la Tierra.

En el caso de la Universidad Autónoma del Estado de México, al ser una comunidad de alto impacto con más de 100,000 integrantes, y debido a las distintas actividades que en ella se realizan diariamente, es posible observar, que se genera una cantidad considerable de gases de efecto invernadero a la atmósfera, por lo que, ante esta situación, se logró calcular la huella de carbono en esta Institución.

A lo largo de la investigación, se observó que, a nivel internacional, existen IES que han calculado su huella de carbono y trabajado en reducir sus emisiones, mientras que, en el caso específico de México, solo algunas instituciones se han involucrado y comprometido en el tema ambiental, como la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Benemérita Universidad Autónoma, mismas que, lamentablemente no han publicado abiertamente su información.

En este sentido, la presente investigación tiene como finalidad ser un ejemplo para que las Instituciones de Educación Superior mexicanas que deseen realizar el cálculo de su huella de carbono, lo desarrollen a través de la metodología diseñada en este trabajo.

Es importante mencionar que este estudio tiene fundamento en metodologías reconocidas internacionalmente como: la ISO 14064-1: 2019, el Greenhouse Gas Protocol (GHG) y la Guía propuesta por el Ministerio de Transición ecológica, de las cuales, se consideraron los principales criterios de evaluación y fueron ajustados para su fácil aplicación a las IES, originando así una metodología híbrida que será de libre acceso para dichas instituciones.

Por este motivo, y a razón de ejemplo, esta metodología fue utilizada en la Universidad Autónoma del Estado de México, con la finalidad de calcular la huella

de carbono general y per cápita, a partir de las actividades sustantivas realizadas durante el año 2021 y 2022.

Para lograr el cálculo de HC en la UAEMéx, se presentaron algunas complicaciones para obtener la información, sin embargo, se obtuvieron los datos correspondientes a las variables de los distintos alcances, no obstante, es importante mencionar que en el alcance 3 únicamente se analizó: residuos, consumo de papel y construcciones, por lo que se recomienda, para próximos estudios, profundizar en éste.

En este sentido, cabe mencionar que otro logro de esta investigación fue identificar las principales fuentes de emisión, derivadas de las actividades sustantivas de la UAEMéx, estas son: combustibles fósiles, energía eléctrica, movilidad, generación de residuos, consumo de papel y nuevas construcciones.

De lo anterior se concluyó que la huella de carbono para el año 2021 fue de 14,077,139.90 kg de CO_{2e}, y la per cápita de 133.75 kg de CO_{2e}/persona/año, mientras que, en el año 2022 fue de 28,019,621.33 kg de CO_{2e}, y la per cápita de 261.30 kg de CO_{2e}/persona/año, lo cual refleja un aumento considerable de un año al otro, donde se puede observar que la cantidad de kg de CO_{2e} en el año 2022, es casi el doble de la que se generó en el 2021, derivado principalmente por los efectos ocasionados por la pandemia COVID-19.

Particularmente en el año 2022, el consumo de combustibles fósiles aumentó la cantidad de 1,804,746.96 kg de CO_{2e}, al igual que el papel higiénico, el cual incrementó 101,169.98 kg de CO_{2e}, misma situación que el consumo energético, aumentando 723,984.71 kg de CO_{2e}. Del mismo modo, los residuos añadieron 290,664.8 kg de CO_{2e}, y, en cuanto a las construcciones, éstas sumaron la cantidad de 10,968,111 kg de CO_{2e} para el mismo año.

Así mismo, es importante mencionar que, la situación de la pandemia por el COVID-19, trajo múltiples consecuencias, y en el caso particular de la UAEMéx, se presentó la modificación en el manejo y formato de sus actividades, lo cual reflejó una disminución en el consumo de algunos recursos, sin embargo, una vez retomada la modalidad presencial, el consumo de éstos aumentó notoriamente.

Además de la aportación de esta investigación sobre el cálculo de HC, se sugirió el diseño de una metodología híbrida, así como la propuesta de un plan estratégico, el cual, a través de sus actividades, permitirá reducir las emisiones de GEI, y en la medida de lo posible neutralizar la huella de carbono de la Universidad.

Por otro lado, derivado del cálculo de huella de carbono, se lograron concluir e identificar los beneficios de esta investigación en diferentes aspectos, como en el educativo, donde se adquieren nuevos conocimientos y perspectivas en la comunidad universitaria, así como en el ámbito social, con la integración y fortalecimiento de la comunidad en la toma de decisiones y la generación de conciencia.

Mientras que, en el aspecto económico se logran reducir costos debido al cambio de prácticas por otras más sostenibles. Así como, desde la perspectiva cultural, reforzando la educación ambiental con una nueva visión respecto al entorno, además de la participación en actividades ambientales. Lo expuesto, no solo beneficia a las IES, sino además beneficia a toda la sociedad y contribuye también a la reducción de GEI en la atmósfera.

Por otra parte, el diseño y aplicación de un plan de neutralización de la huella de carbono permitirá encaminar a las Instituciones de Educación Superior hacia un modelo más eficiente, de mayor productividad, sostenible y sobre todo ambientalmente responsable respecto al manejo de los recursos y el entorno.

Durante el estudio se analizaron algunas actividades que la Universidad realiza y evitan la generación de CO_{2e}, entre las cuales se pudieron distinguir: campañas de acopio de residuos electrónicos y PET, el servicio de Potrobús, y el uso del SICOINS, los cuales indudablemente favorecen significativamente a la disminución de la HC de la UAEMéx, por lo que se sugiere su continuidad.

Como ya se describió, el servicio de Potrobús, resulta ser un medio fundamental para la comunidad universitaria debido a los beneficios que ofrece, además de la contribución que su uso representa en reducir las emisiones de GEI. En este sentido, a partir del número de beneficiados al día, se logró obtener la cantidad que su implementación evita, siendo de 5,566,100.5 kg de CO_{2e}, es importante

mencionar que también se cuenta con unidades de Potrobús verdes, mismos que utilizan gas natural, por lo que se recomienda que éstos en un futuro sean eléctricos.

Otro aspecto importante que destacó en la investigación, fueron las áreas verdes de la Universidad, de las cuales se obtienen beneficios más allá de la arquitectura del paisaje, ya que tienen la capacidad de absorber determinada cantidad de CO₂e al entorno, situación que contribuye en gran medida a la reducción de la huella de carbono de la UAEMéx.

Gracias a las áreas verdes que tiene actualmente la Universidad, se logra absorber, 3,180,456.50 kg de CO₂e del entorno, por lo que se rescata la importancia de estas áreas en los espacios universitarios, además de ser el elemento clave en la UAEMéx para la neutralización de su huella de carbono.

Por otro lado, el SICOINS, también es un elemento importante para la reducción de GEI, ya que evitó la generación de 422,866.50 kg de CO₂e, lo cual contribuye a la neutralización de la HC. Gracias a las actividades ya mencionadas, actualmente, la UAEMéx está evitando la generación de 6,593,175.14 kg de CO₂e, lo que contribuye significativamente a reducir su huella de carbono.

En este sentido, también se logró concluir que es importante implementar las actividades propuestas, o bien, la Universidad necesitará 30,409,967.83 m² de áreas verdes, para neutralizar su HC, superficie con la que, en la actualidad, no se cuenta.

Así mismo, como se expuso en la propuesta de neutralización, se concluyó la importancia del uso de especies vegetales que tiene la capacidad de absorber dióxido de carbono en el entorno, y de las cuales se hace mención en la investigación, con el objetivo de utilizarlas dentro de los espacios universitarios, y a partir de éstas, incrementar las áreas verdes.

Finalmente, y como conclusión, la huella de carbono es una herramienta de gran utilidad para el cálculo de emisiones de GEI, lo que permite la evaluación ambiental de las actividades de cualquier Institución de Educación Superior, además de funcionar como un indicador de la actividad y prácticas que realiza la institución.

En concreto, lo mencionado en el presente apartado, convierte esta investigación en una fuente importante en cuanto a una metodología híbrida y un plan de neutralización, replicable en demás IES, siendo de esta manera, la Universidad Autónoma del Estado de México, un referente en cuanto al cálculo de su huella de carbono.

Referencias

- Arena, A. P., (2017). Guía metodológica: análisis de ciclo de vida. Universidad Tecnológica Nacional: http://semaforo.hol.es/assets/pdf/2_diseno/informacion-ampliada-de-evolucion-del-ciclo-de-vida.pdf
- Arencibia-Carballo, G., (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17(9), 1-4.
- Arroyo M. y Ramírez-Monroy A., (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316/1893>
- AutoSolar, (2023). ¿Cuántos kWh puede producir un panel solar?. <https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/cuantos-kwh-puede-producir-un-panel-solar#:~:text=La%20potencia%20entre%20los%20paneles,inferiores%20como%20pueden%20ser%20150W.>
- Ávarez N., (2011). Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf
- BBVA, 2023. México | Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y acciones de mitigación y adaptación. <https://www.bbvaesearch.com/publicaciones/mexico-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-y-acciones-de-mitigacion-y-adaptacion/#:~:text=En%20la%20actualizaci%C3%B3n%20de%20la,1.3%25%20de%20las%20emisiones%20globales.>
- Benavides Ballesteros H. O. y León Aristizabal G. E., (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+yl+Cambio+Climatico.pdf>
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), (2022). BUAP entre las universidades más sustentables del mundo. <https://www.boletin.buap.mx/node/2776>
- Benjamín, J. A., & Masera, O., (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques, 7(1), 3-12.

- BSI, España, (2011). Huella de carbono-Cálculo de emisiones (PAS 2050) y Neutralidad de carbono (PAS 2060). <http://www.ecotech.cat/pas2050.pdf>
- BUAP (2023). BUAP, Manual de Sostenibilidad 2025. https://desarrollosustentable.buap.mx/sites/default/files/Manual%20de%20sostenibilidad_compressed.pdf
- Caballero M., Lozano S. y Ortega B., (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf
- Cabrales P., (2006). Transporte de gases por medio de perfluorocarbonos. <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2006/ims062z.pdf>
- Cadena Global de Televisión de China (CGTN), (2021). Bicicleta compartida: Al andar en bici, ¿cuánto CO₂ reducimos?. <https://espanol.cgtn.com/n/2021-12-02/GBHbIA/bicicleta-compartida-al-andar-en-bici-cuanto-CO2-reducimos/index.html#:~:text=En%20comparaci%C3%B3n%20con%20el%20uso,emisiones%20de%20CO2%20por%20persona.>
- Castillo-Ruperti, R. J., Rodríguez-Guerrero, B., & Bravo-Meza, K., (2022). Fijación de carbono (co₂) del arbolado de los parques la rotonda y la madre, Manabí, Ecuador. Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN, 6(10), 8-21. <https://doi.org/10.46296/yc.v6i10.0141>
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), (2022). Efecto invernadero. <https://ciifen.org/efecto-invernadero/>
- CFE, (2023). Historia de la CFE. <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/historia.aspx>
- Chavarría-Solera F., Molina-León O. M., Gamboa-Venegas R. y Rodríguez-Flores J., (2016). Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Costa Rica para el periodo 2012-2014. Rumbo al carbono neutralidad. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475950425004>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), (2010). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/1/Metodolog%C3%ADas_calculo_HC_AL.pdf

- Comisión Europea (2023). Un Pacto Verde Europeo. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
- Comisión Federal de Electricidad (CFE), (2016). Guía para determinar el Factor de emisión del bióxido de carbono equivalente para el sistema eléctrico nacional. <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/t/SPA00-63.pdf>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2018). Día Mexicano del Árbol. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/dia-mexicano-del-arbol-165506#:~:text=Un%20%C3%A1rbol%2C%20en%20un%20a%C3%B1o,bi%C3%B3xido%20de%20carbono%20al%20a%C3%B1o.>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), (2018). Día del árbol. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/dia-mexicano-del-arbol-165506>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), (2020). Alternativa sostenible #Saberes y tradiciones en pueblos originarios”. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554579/Farmacia_viviente__compressed.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2023). Jardines Polinizadores. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion/jardin-de-polinizadores>
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2014). Beneficios ambientales Bicicleta -Movilidad y transporte. <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/beneficios-ambientales-bicicleta-movilidad-y-transporte?state=published>
- Comisión Reguladora de Energía (CRE), (2023). Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2022. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/806468/4_-Aviso_FE_2022_1_.pdf
- CONAFOR- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2010): Plantas medicinales de la Farmacia Viviente del Cefofor: usos terapéuticos tradicionales y dosificación.

http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Plantas_medicinales_de_la_farmacia_viviente-Conafor.pdf

Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), (2016): CONTRIBUCIÓN LOCAL AL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL. APLICACIÓN AL MUNICIPIO DE VIGO.

<http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2016/CT%202016/1998973825.pdf>

De La Cruz, M., Pacheco, M. y Ramon, T. (2021). Disminución del COV formaldehído mediante sansevieria trifasciata y spathiphyllum en ambientes interiores. Huancayo - Junín, 2021. Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10652>

Deloitte (2012). Análisis de Ciclo de Vida (ACV)- El análisis del impacto empresarial en el medio ambiente como una oportunidad de mejora. [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/risk/Sustentabilidad/mx\(es-mx\)Boletin_Sustentabilidad_Nov12.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/risk/Sustentabilidad/mx(es-mx)Boletin_Sustentabilidad_Nov12.pdf)

Díaz y Pareja, AEMA (2022). Eléctricos, híbridos, diésel y gasolina: ¿cuántas emisiones producen en su vida útil? <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a30780438/emisiones-contaminantes-segun-tipo-coche/>

Energía On (2015). ¿Que es la Huella de Carbono?,¿Como se mide?. <https://energia-on.com/reduzca-su-huella-de-carbono/#:~:text=Una%20tonelada%20de%20desechos%20org%C3%A1nicos%20de%20comida%20que%20son,toneladas%20al%20a%C3%B1o%20CO2%20equivalente.a%20tonelada%20de%20residuos%20org%C3%A1nicos>

Energías renovables (2021). Beneficios de la iluminación LED, la luz que cuida el medio ambiente. <https://www.energias-renovables.com/eficiencia/beneficios-de-la-iluminacion-led-la-luz-20210225>

Energías Renovables-El periodismo de las energías limpias. (2021). Beneficios de la iluminación LED, la luz que cuida el medio ambiente. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/beneficios-de-usar-energias-renovables-172766#:~:text=Con%20las%20energ%C3%ADas%20limpias%20%C2%A1todos>

%20ganamos!&text=No%20necesitan%20grandes%20cantidades%20de,de%20residuos%20nucleares%20o%20escorias.

Escobar J. M. (2007). Los huertos urbanos como proyecto urbanístico. <https://riunet.upv.es/handle/10251/141592>

Espejel Rodríguez, Adelina, & Flores Hernández, Aurelia, (2015). Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(6), 1277-1290. Recuperado en 06 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000600011&lng=es&tlng=es.

Espíndola C. y Valderrama J. O. (2011). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n1/art17.pdf>

Eurofins (2022). Principales novedades de la norma UNE EN ISO 14064 -1 2019: Mide la huella de tu organización. <https://www.eurofins-environment.es/es/iso-14064/>

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), (2015). Medidas para mitigar las emisiones de CO₂. <https://ingenieria.uchile.cl/dam/jcr:0a58bd6a-5bcc-4fff-8a70-3d3af4416ace/plan-de-reduccion-hc-1>

FCFM (2015). Reporte-Cálculo de Huella de Carbono FCFM. <https://ingenieria.uchile.cl/dam/jcr:831cb3e0-146f-4ae4-9079-30bcdd248c02/reporte-calculo-huella-2014>

Fernández, J. C. (2021). Estimación de la huella de carbono en la industria papelera. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869393006>

Fernández-Reyes, R. (2015). LA COMUNICACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO COMO HERRAMIENTA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199536848033>

M., Bonilla M., y Rivero A. (2021). Captura de carbono por especies arbóreas en la finca La Carmelina. Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869392003>

Fx Sanmarti (2012). Con cada tonelada de cartón reciclado se ahorran 140 litros de petróleo, 50.000 litros de agua y la vida de 15 árboles. https://fxsanmarti.com/cajas_carton/con-cada-tonelada-de-carton-reciclado-se-

ahorran-140-litros-de-petroleo-50-000-litros-de-agua-y-la-vida-de-15-arboles/#:~:text=noticias%20del%20sector.-

,Con%20cada%20tonelada%20de%20cart%C3%B3n%20reciclado%20se%20ahorran%20140%20litros,la%20vida%20de%2015%20%C3%A1rboles&text=El%20ahorro%20de%20materias%20primas,no%20acaben%20en%20el%20vertedero.

Ga Natural Fenosa, Universidad de Alcalá (2013). INFORME DE HUELLA DE INFORME DE HUELLA DE CARBONO DE LA UNIVERSIDAD DE ALCALÁ.

https://www1.uah.es/sustainability/docs/informe_huella_carbono.pdf

Glosario (2019). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf

Green House Gas Protocol (2023). What is GHG Protocol?. <https://ghgprotocol.org/about-us>

Green Metric (2013). Overall Rankings 2022. <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2022>

Green Metric (2013). Ranking by Country 2022 – Mexico. <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/ranking-by-country-2022/Mexico>

Grupo de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2023): El cambio climático es una alerta roja para la humanidad. <https://unsdg.un.org/es/latest/blog/climate-change-code-red-humanity>

Guerra, J., & Rincón, I. (2018). Cálculo de la Huella Ecológica. Campus de la Universidad Central de Venezuela. Revista Luna Azul, (46), 3-19.

<https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.2>

Guzmán (2018). Sistema de purificación de aire a partir de plantas nativas para la Ciudad de Bogotá – Pávate. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4248/Documento%20memoria.pdf?sequence=1>

Hermosilla (2014). Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia.

<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5043/tfm384.pdf>

- INECC (2014). Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf
- Interempresas (2020). Cada metro cuadrado construido de una edificación residencial supone 441 kg de CO₂. <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/298814-Cada-metro-cuadrado-construido-en-edificacion-residencial-supone-441-Kg-de-CO2.html>
- IPCC (2018). Glosario. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf
- Jorge, Juan & Busquets, Pere. (2023). Aproximación a la Huella Ecológica de la Escuela Universitaria Politécnica de Manresa (UPC). <https://1library.co/document/qm5r6xwz-aproximaci%C3%B3n-huella-ecol%C3%B3gica-escuela-universitaria-polit%C3%A9cnica-manresa-upc.html>
- Ley General de Cambio Climático (2015). Diario Oficial de la Federación -04-2015, México. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6583/1/ley_general_de_cambio_climatico.pdf
- López T. (2016). Jardines verticales. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA-F0020%20Jardines%20verticales.pdf?sequence=1>
- Los huertos urbanos como herramienta de transformación socioagroalimentaria y medida de mitigación de GEI: el caso de Madrid. Alberto Sanz-Cobeña^{1, 2*}, Ivanka Puigdueta-Bartolomé^{2, 3}, Ángela Larruscain^{1, 2}, Inma Borrella², Sergio Álvarez⁴, José Luis Cruz⁵, David Pereira^{1, 2}, Javier Mazorra², Jaime Moreno², Ana Iglesias^{1, 3} (2007) https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Sanz-Cobena/publication/316841982_Los_huertos_urbanos_como_herramienta_de_trasformacion_socio-agroalimentaria_y_medida_de_mitigacion_de_GEI_el_caso_de_Madrid/links/59132b450f7e9b70f498c646/Los-huertos-urbanos-como-herramienta-de-trasformacion-socio-agroalimentaria-y-medida-de-mitigacion-de-GEI-el-caso-de-Madrid.pdf

- Martínez Castillo, R., (2007). Algunos aspectos de la Huella Ecológica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, VIII(14), 11-25.
- Memoria de Responsabilidad Social, Universidad de Santiago de Compostela (2007). Capítulo 7: Compromiso con el Desarrollo Sostenible. <https://www.usc.gal/estaticos/calidade/mrs200607/0702.html#:~:text=La%20huella%20ecol%C3%B3gica%20de%20la%20USC%20es%20de%200%2C16,la%20huella%20ecol%C3%B3gica%20de%20Galicia.>
- Ministerio de Medio Ambiente (2007). SF6 (Hexafluoruro de azufre). <https://web.archive.org/web/20070901193630/http://www.eper-es.es/ver.asp?id=1301&Doc=1313>
- Ministerio de Salud (2018). Medicamentos Herbarios Tradicionales, Gobierno de Chile. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/02/Libro-MHT-2010.pdf>
- Ministerio para la Transición Ecológica (2015). Guía para el Cálculo de la Huella de Carbono y para la Elaboración de un Plan de Mejora de una Organización. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica (MTERD). Gobierno de España, (2022). HFC'S (Hidrofluorocarburos) <https://prtr-es.es/HFCs-hidrofluorocarburos,15591,11,2007.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Ecológico (MTERD) (s/f). Gases fluorados. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_fluorados.aspx
- Mondéjar-Navarro M. V., Viñoles-Cebolla R., Bastante-Ceca M^a J., Collado-Ruiz D. y Capuz-Rizo S. (2018). La Huella de Carbono y su utilización en las Instituciones Universitarias https://www.aepro.com/files/congresos/2011huesca/CIIP11_1950_1959.3388.pdf
- Naciones Unidas-CEPAL (2020). Repositorio Digital. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Metodolog%C3%ADas_calculo_HC_AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- National Centers For Environmental Information (2023). NOAA: El año 2022 fue el sexto año más cálido desde los comienzos de los registros en 1880.

<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213/supplemental/page-6#:~:text=Temperatura%20global%20de%20la%20superficie,el%20r%C3%A9cord%20de%201880%E2%80%932022>

National Geographic (2020). ¿Por qué es importante reciclar papel?. https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/por-que-es-importante-reciclar-papel_13220

National Geographic (2023). ¿Qué es el calentamiento global?. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>

National Geographic, (2010). ¿Qué es el calentamiento global?. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20de%20la%20combusti%C3%B3n,en%20lugar%20de%20calentamiento%20global>.

National Geogrphic (2023). Rumbo a la neutralidad climática en 2050: ¿Qué es la huella cero de carbono?. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/rumbo-a-la-neutralidad-climatica-en-2050-que-es-la-huella-cero-de-carbono>

Naturalista (2023). Plantas nativas para polinizadores. <https://www.naturalista.mx/guides/2387?sort=default&view=grid>

Oficina de Ingeniería para la Sustentabilidad (2015). Medidas para mitigación de emisiones de co2 equivalente. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. <https://ingenieria.uchile.cl/dam/jcr:0a58bd6a-5bcc-4fff-8a70-3d3af4416ace/plan-de-reduccion-hc-1>

Oficina de Ingeniería para la Sustentabilidad (2015). Reporte Calculo Huella de Carbono 2013. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. <https://ingenieria.uchile.cl/dam/jcr:831cb3e0-146f-4ae4-9079-30bcdd248c02/reporte-calculo-huella-2014>

ONU (2023). Neutralidad en carbono para 2050: la misión mundial más urgente. <https://www.un.org/sg/es/content/sg/articles/2020-12-11/carbon-neutrality-2050-the-world%E2%80%99s-most-urgent-mission>

ONU-Hábitat (2023). Contaminación, automóviles y calidad del aire. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire>

- ONU-Hábitat (2023). Contaminación, automóviles y calidad del aire.
<https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), (2023). ¿Qué es el cambio climático?.
<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), (2023). Neutralidad Climática Ahora.
<https://unfccc.int/climate-action/un-global-climate-action-awards/climate-neutral-now>
- Parlamento Europeo (2023).
¿Qué es la neutralidad de carbono y cómo alcanzarla para 2050?.
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20190926STO62270/que-es-la-neutralidad-de-carbono-y-como-alcanzarla-para-2050#:~:text=La%20neutralidad%20de%20carbono%20se,denominado%20huella%20cero%20de%20carbono.>
- Parra, G., Checha, M., Mesa-Barrionuevo, C.R., Ruíz-Reyes, N. y Guerrero, F. (2018). Evaluación de la huella ecológica en la Universidad de Jaén, una herramienta para la gestión sostenible. Observatorio Medioambiental, 21, 233-246.
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2020). ¿Qué es la Carbononeutralidad?.
<https://sustentable.uc.cl/carbono-neutralidad-uc/627-que-es-la-carbono-neutralidad#que-es-el-cambio-climatico>
- PROFECO (2020). Bicicleta. Salud y medioambiente sobre ruedas.
<https://www.gob.mx/profeco/articulos/bicicleta-salud-y-medioambiente-sobre-ruedas?state=published>
- Puchades, De la Guardia y Albertos (2011). La Huella de Carbono de la Universidad de Calència: diagnóstico, análisis y evaluación.
[file:///C:/Users/Yoselin/Downloads/Dialnet-LaHuellaDeCarbonoDeLaUniversitatDeValencia-4061784%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Yoselin/Downloads/Dialnet-LaHuellaDeCarbonoDeLaUniversitatDeValencia-4061784%20(2).pdf)
- Rísquez Valdepeña (2023). El correcto desecho de pilas y baterías para reciclar y proteger la salud. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/995-el-correcto-desecho-de-pilas-y-baterias-para-reciclar-y-proteger-la-salud>

- Rosas W. R. (2018). "Eficiencia de la planta Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) para la fitoremediación de los gases interiores (CO, SO₂, NO₂) presentes en la I.E.P Isaac Newton, SJL-2018. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2996909?show=full>
- Sánchez C. (2013). "Purificación de ácido Indolacético obtenido a partir de una fermentación microbiana y su evaluación in vitro en *Spathiphyllum wallisii* var. chopin". UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/541/62758s.pdf?sequence=1>
- Sánchez T. M. (2021). El jardín vertical como herramienta de mejora del confort urbano. https://oa.upm.es/69720/1/TFG_Enero22_Sanchez_Moreno_Cardenas_Tamara.pdf
- Schneider H. y Samaniego J. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). Huertos urbanos, productos al alcance de tu mano. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/huertos-urbanos-productos-al-alcance-de-tu-mano>
- Secretaría de Pueblos y Barrios Originarios y Comunidades indígenas Residentes (SEPI), (2023). Huertos Urbanos. <https://www.sepi.cdmx.gob.mx/secretaria/huertos-urbanos>
- SEDEMA (2020). Guía para la creación de jardines, Gobierno de la Ciudad de México". <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/storage/app/media/docpub/sedema/guiapolinizadores.pdf>
- SEMARNAT (2007). ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/pdf/serie/yelmedioambiente.pdf>
- SEMARNAT (2016). ¿Sabes qué son las farmacias vivientes? <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/farmacias-vivientes>
- SEMARNAT (2016). Construyendo un jardín para polinizadores. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/5-manual-practico-para-jardines-de-polinizadores.pdf>

- SEMARNAT (2017). Protocolo de Kioto, un acuerdo para reducir los GEI y salvar al planeta. [https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-un-acuerdo-para-reducir-los-gei-y-salvar-al-planeta#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20propuso,hexafluoruro%20de%20azufre%20\(SF6\).](https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-un-acuerdo-para-reducir-los-gei-y-salvar-al-planeta#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20propuso,hexafluoruro%20de%20azufre%20(SF6).)
- SEMARNAT (2017). Tipos de fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AIRE01_02&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- SEMARNAT (2018). Fuentes de Contaminación Atmosférica. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>
- SEMARNAT (2018). Guía para el consumo y manejo sustentable de pilas. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300512/Gu_a_para_el_consumo_sustentable_de_pilas.pdf
- SEMARNAT (2022). ¿Qué son los polinizadores?, [https://www.gob.mx/semarnat%7Cpolinizadores/es/articulos/que-son-los-polinizadores?idiom=es#:~:text=Los%20polinizadores%20m%C3%A1s%20comunes%20pertenecen,Apodiformes\)%20y%20los%20murci%C3%A9lagos%20\(Chiroptera](https://www.gob.mx/semarnat%7Cpolinizadores/es/articulos/que-son-los-polinizadores?idiom=es#:~:text=Los%20polinizadores%20m%C3%A1s%20comunes%20pertenecen,Apodiformes)%20y%20los%20murci%C3%A9lagos%20(Chiroptera)
- SEPA-Área de Protección Ambiental (2020). La huella de carbono de la UCO. Servicio de Prevención y Protección. Universidad de Córdoba. http://www.uco.es/servicios/sepa/images/documentos/descargas/LA_HUELLA_DE_CARBONO_DE_LA_UCO_2020.pdf
- Soto Ramírez E. R. (2015). El calentamiento global y la degradación de la ozonfera. http://www.scielo.org.bo/pdf/rieiii/v8n3/v8n3_04.pdf
- Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la ANUIES (2019). Sistema de Correspondencia Institucional. <https://anuies-tic.anuies.mx/web/sistema-de-correspondencia-institucional/>
- TPA (2020). ¿Qué son las emisiones de CO2 y CO2 equivalente?. <https://theplanetapp.com/que-son-las-emisiones-de-co2/#:~:text=La%20masa%20de%20los%20gases,como%2025%20toneladas%20de%20CO2.>

Trespalacios J., Blanquicett C. y Carrillo P. (2018). Gases y efecto invernadero. <https://www.local2030.org/library/585/Gases-y-efecto-invernadero.pdf>

UAEMéx (2022). Agenda Estadística 2021. <http://planeacion.uaemex.mx/docs/AE/2021/AE2021.pdf>

UAEMéx (2022). Primer Informe Anual de Actividades 2021. https://www.uaemex.mx/images/pdf/1erinforme2125/Primer_Informe_CEBD.pdf

UAEMéx (2023). Agenda Estadística 2022. <https://spydi.uaemex.mx/docs/docs/AE2022.pdf>

UAEMéx (2023). Segundo Informe Anual de Actividades 2022. https://spydi.uaemex.mx/docs/InfBasCon/Institucionales/Informes/2021-2025/2IA_CEBD_web.pdf

UANL (2023). Balance de carbono de CO2. <https://sds.uanl.mx/balance-de-carbono/>

UANL (2023). Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://sds.uanl.mx/energia/grafica-huella-de-carbono/>

Valderrama, J. O. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=373534515002>

UANL (2023). Huella de carbono. <https://www.uanl.mx/noticias/universitarios-registraran-su-huella-de-carbono/>

Anexos

Toluca, México; 07 de junio de 2023

M. en Ing. Raúl Vera Noguez
Director de la Dirección de Protección al Ambiente

PRESENTE

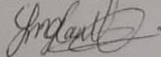
Por medio de la presente reciba un cordial saludo y aprovecho el mismo para solicitarle de manera muy respetuosa la siguiente información del año 2021 y 2022, referente a:

- a) **Energía:** el consumo energético de todos los espacios universitarios.
- b) **Residuos:** la cantidad de residuos que genera la Universidad en el Valle de Toluca.
- c) **Movilidad:** cantidad de combustibles fósiles que consume la Universidad.
- d) **Consumo de papel:** cantidad de papel que adquiere la Universidad.
- e) **Construcciones:** metros cuadrados construidos y áreas verdes.

Cada elemento descrito anteriormente contribuirá significativamente a la recolección de información, para el posterior análisis y, por consiguiente, al cálculo de huella de carbono de la Universidad, trabajo de investigación a realizar para la obtención del título en la Licenciatura de "Ciencias Ambientales" a través de la modalidad "Tesis".

Sin otro particular, y agradeciendo su atención, quedo a sus órdenes.

Atentamente,



C. Yoselín Montoya García

**Egresada de la Licenciatura de Ciencias Ambientales de la
Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMéx**



Universidad Autónoma del Estado de México

Toluca, México a 07 agosto de 2023

C. Yoselin Montoya García
Egresada de la Licenciatura de Ciencias Ambientales de la
Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMéx

PRESENTE

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, dando respuesta a la solicitud
que realizó para el trabajo de investigación sobre la Huella de Carbono de la
UAEMéx, se comparte la siguiente información:

a) Energía: el consumo energético:

Table with 2 columns: Year (2021, 2022) and Energy consumption (6,959,081 kWh, 8,469,171 kWh)

b) Residuos: la cantidad de residuos que genera la Universidad en el Valle de
Toluca.

Table with 2 columns: Year (2021, 2022) and Residue types (UAEMéx-Valle de Toluca, Cartón) with weights in kg.

c) Movilidad: cantidad de combustibles fósiles:

Table with 2 columns: Year (2021, 2022) and Fuel types (Gasolina, Diésel) with consumption in L.



Universidad Autónoma del Estado de México

<ul style="list-style-type: none"> • Viajes foráneos: 21,473 L • Contenedores; 30,059 L
Diésel: <ul style="list-style-type: none"> • Consumo en todo la UAEMéx: 47,321 L • Potrobús: 405,804 L • Viajes foráneos: 276,440 L
Gas en laboratorios: 8032.787 L Ga Natural Vehicular (GNV): 17556 L

d) Consumo de papel: cantidad de papel

2021	Peso total de hojas adquiridas: 47,732.22 Kg Peso total del papel higiénico: 97,973.17 Kg
2022	Peso total de hojas adquiridas: 68,680.98 Kg Peso total del papel higiénico: 154,651.039 Kg

e) Construcciones: metros cuadrados construidos y áreas verdes.

Total, construido	2021: 1,197,801.38 m ² 2022: 1,230,263.67 m ²
Obra nueva	2021: 22,138 m ² 2022: 47,009 m ²

Sin otro particular, quedo a sus órdenes.

Nota: Se solicita que esta información sea utilizada con fines académicos para la realización de su Tesis.

Atentamente

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2023, Conmemoración de los 195 Años de la Fundación del Instituto Literario del Estado de México"

M. en Ing. Raúl Vera Noguez
Director de la Dirección de Protección al Ambiente



SECRETARÍA DE RECTORÍA
DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN
AL AMBIENTE

Av. Independencia No. 112
Col. Centro, C. P. 50000,
Toluca, Estado de México.
Tel: 7222152249
www.uaemex.mx

