

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Estrategias de neutralización de la huella de carbono en la UAEMéx, México



TÍTULO

CONAMA 2024

TÍTULO

Autor Principal: Juan Roberto Calderón Maya (Universidad Autónoma del Estado de México)

Otros autores: Noé Armando Colín Mercado (Universidad Autónoma del Estado de México); Francisco Javier Rosas Ferrusca (Universidad Autónoma del Estado de México); Pedro Leobardo Jiménez Sánchez (Universidad Autónoma del Estado de México)

ÍNDICE

1. Título
2. Palabras Clave
3. Resumen
4. Introducción
5. Metodología
6. Resultados
7. Discusión
8. Conclusiones
9. Bibliografía

1. TÍTULO

Estrategias de neutralización de la huella de carbono en la UAEMéx, México

2. PALABRAS CLAVE

Cambio climático, Estrategias, Gases de efecto invernadero, Huella de carbono, Neutralización.

3. RESUMEN

Los principales problemas asociados al cambio climático se refieren a las variaciones de temperatura ocasionadas por la generación de gases de efecto invernadero, las cuales traen múltiples consecuencias como, manifestaciones de fenómenos extremos, extinción de especies y daños a la salud humana. La Universidad Autónoma del Estado de México en la cual se realizan diariamente diferentes actividades y éstas producen cantidades de estos gases, por ello, surge la presente investigación, elaborado en coordinación con una egresada de la Licenciatura en Ciencias Ambientales como parte de su tesis de licenciatura y cuyo objetivo principal fue calcular la huella de carbono a partir de las actividades sustantivas de nuestra Universidad entre los años 2021 y 2022, para proponer estrategias de neutralización de la huella de carbono. La investigación comprende diversos apartados, en el primero se expone la problemática que refiere a este estudio, al igual que el objetivo principal, y los objetivos específicos. El siguiente apartado, define el marco conceptual utilizado. En otro apartado, se presentan algunos casos de estudio de Universidades a nivel internacional, como Europa y América, analizando como han trabajado en el cálculo de su huella de carbono. Posteriormente, se mencionan las principales metodologías utilizadas a nivel internacional, de las cuales, una vez analizadas, se presenta el cálculo de la huella de carbono de nuestra Universidad para los años 2020 y 2021, donde en primera instancia, se identificaron las principales actividades generadoras de gases de efecto invernadero: electricidad, movilidad, consumo de combustibles fósiles, generación de residuos, consumo de papel y construcciones. A partir de los resultados obtenidos se generaron estrategias de neutralización, conformada por una lista de actividades que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Finalmente, se presentan las conclusiones de esta investigación. La presente investigación, se convierte en un referente internacional en el tema de huella de carbono.

4. INTRODUCCIÓN

La Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) es una Institución de Educación Superior (IES) conformada por una comunidad de alto impacto, en la que diversas actividades cotidianas generan importantes cantidades de Gases de Efecto Invernadero (GE). En consecuencia, el objetivo principal de esta investigación fue calcular la huella de carbono derivada de sus actividades sustantivas para los años 2021 y 2022, así como proponer el diseño de un plan de neutralización. La investigación dilucida los problemas relacionados con el cambio climático, en particular las variaciones de temperatura causadas por la generación de gases de efecto invernadero, que resultan en múltiples consecuencias como la manifestación de eventos climáticos extremos, extinción de especies y efectos adversos en la salud humana. La terminología utilizada a lo largo de la investigación se define para facilitar una comprensión integral del tema de la huella de carbono.

A continuación, en la sección metodológica se esbozan las principales metodologías utilizadas a nivel internacional. A partir de estos análisis, se identificaron los principales elementos aplicables a las IES. Este proceso facilitó el diseño y propuesta de una metodología híbrida específicamente diseñada para IES, la cual se aplicó a UAEMéx como caso de estudio.

Utilizando la metodología diseñada, se realizó el cálculo de la huella de carbono en UAEMéx para los años 2021 y 2022. Inicialmente, se identificaron las principales actividades generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero: consumo de electricidad, movilidad, consumo de combustibles fósiles, generación de residuos, consumo de papel y actividades de construcción. Esta categorización permitió clasificar las fuentes de emisión en tres ámbitos, definidos por metodologías. En primer lugar, el Alcance Uno, que abarca las emisiones directas, consideró el consumo de combustibles fósiles por parte de UAEMéx para sus vehículos, incluidos gasolina, diésel, gas natural y gas natural comprimido. Por el contrario, el Alcance Dos, que aborda las emisiones semidirectas originadas externamente, calculó el consumo de energía, un recurso esencial vital para las operaciones de la Universidad. En cuanto al Alcance Tres, que denota emisiones indirectas, se tuvieron en cuenta factores como los residuos, el consumo de papel y las actividades de construcción.

Con base en los resultados obtenidos, se formuló una propuesta de neutralización, compuesta por un listado de actividades orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se detalla en la Sección Séptima. Además, se revisa la implementación de las especies arbóreas y vegetales, destacando su papel en la absorción de CO₂e del medio ambiente.

Finalmente, se presentan las conclusiones de esta investigación, subrayando la importancia del cálculo de la huella de carbono en las IES. Adicionalmente, se discute la metodología híbrida propuesta, la cual busca ser replicada en más instituciones,

permitiéndoles realizar autoevaluaciones y formular planes de neutralización a través de diversas acciones, orientándose así hacia prácticas institucionales más verdes. Al sugerir una metodología novedosa diseñada para las IES para calcular la huella de carbono de la UAEMéx, y al mismo tiempo proponer un plan de neutralización, esta investigación se establece como una referencia primordial a la vanguardia del discurso de la huella de carbono dentro de la educación superior.

Objetivo General

Proponer estrategias de neutralización de la Huella de Carbono (HC) producida por las actividades sustantivas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) en los años 2021 y 2022.

Objetivos Específicos

- Identificar las Instituciones de Educación Superior (IES) que han calculado su Huella de Carbono (HC).
- Proponer actividades emisoras de gases de efecto invernadero.
- Medir la generación de CO₂e en la UAEMéx.
- Proponer un plan de estrategias de neutralización de la Huella de Carbono (HC).

5. MARCO TEÓRICO

Para mejorar la comprensión de la presente investigación, en esta sección se delinean los términos fundamentales relacionados con el tema de la huella de carbono, incluyendo el cambio climático, el efecto invernadero y sus gases primarios, el calentamiento global, entre otros. Estos términos se organizan en una progresión desde una perspectiva amplia a una más específica, priorizando conceptos que contribuyan a la comprensión de la huella de carbono y su neutralización. El objetivo es proporcionar una comprensión integral del tema en cuestión mediante la elucidación de conceptos clave de manera estructurada.

Cambio climático

El cambio climático se refiere a las variaciones en los patrones de temperatura. A medida que aumenta la generación de ciertos gases, también aumenta la temperatura de la Tierra. Esto se atribuye al factor antropogénico, que se refiere a los procesos productivos y servicios prestados por el ser humano (Soto, 2015). Estos procesos y servicios generan gases de efecto invernadero, que se conocen como gases de efecto invernadero (GG). Estos gases provocan un fenómeno llamado

efecto invernadero, que se describirá a continuación. Los gases causantes del efecto invernadero son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆) (Benavides y León, 2007).

Efecto invernadero

El efecto invernadero es el proceso por el cual la atmósfera se calienta, actuando como una capa que envuelve la Tierra. Dentro de su composición química, hay gases naturales como el nitrógeno (N), el oxígeno (O), el argón (Ar) y el dióxido de carbono (CO₂). Estos gases son de vital importancia para el desarrollo de la vida (Caballero et al., 2007). A través de estos gases, la atmósfera forma una capa que retiene parte de la energía solar, dando lugar al efecto invernadero. Es importante destacar que este proceso ocurre de forma natural y sirve para equilibrar la temperatura de la superficie terrestre (Trespacios et al., 2018). Además, se manifiesta como resultado de la actividad humana, conocido como efecto invernadero antropogénico, donde la atmósfera contiene gases de efecto invernadero. Cuando están presentes en grandes cantidades, estos gases se vuelven contraproducentes para el planeta (Benavides y León, 2007).

Gases de Efecto Invernadero (GEI)

De acuerdo con lo establecido en Japón, en el año 1957 a través del acuerdo internacional "Protocolo de Kioto" en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se establecieron los principales gases de efecto invernadero (SEMARNAT, 2017). Entre estos gases de efecto invernadero, el vapor de agua (H₂O) es considerado el más abundante, debido a su prevalencia en la atmósfera y las nubes, que se ven afectadas cuando la atmósfera se calienta. Sin embargo, la concentración media de vapor de agua no se ve directamente alterada por la acción humana; más bien, el forzamiento radiactivo causado por el aumento de los gases de efecto invernadero afecta indirectamente el ciclo del agua de la Tierra (Benavides y León, 2007). Este gas tiene la capacidad de retener el calor en la superficie terrestre, permitiendo así que el aire retenga una mayor cantidad de agua, aumentando en consecuencia la temperatura. Además, el vapor de agua es el principal responsable de la humedad ambiental de la Tierra (Trespacios et al., 2018). El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los gases de efecto invernadero, generado tanto a partir de fuentes naturales como antropogénicas, y se ubica como el segundo más dañino para contribuir al cambio climático como resultado de la actividad humana, como la quema de combustibles fósiles y bosques, la deforestación y diversos procesos industriales, lo que provoca alteraciones en la atmósfera, la superficie terrestre y el océano (Benavides y León, El dióxido de carbono representa aproximadamente el 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente derivadas de la quema de combustibles fósiles y los restos de plantas y animales que se han fosilizado durante miles de años. Estos

restos, que contienen carbono en altas concentraciones, han sido utilizados como combustibles (Trespacios et al., 2018).

Calentamiento global

El calentamiento global se refiere al aumento de la temperatura de la Tierra debido al efecto invernadero, que implica liberar menos calor al exterior del que se genera dentro del planeta. Este fenómeno se produce debido a la presencia de gases de efecto invernadero, que, como se mencionó anteriormente, atrapan el calor del sol, impidiendo su flujo hacia el exterior de la Tierra a través del proceso de reflexión. Como consecuencia, se produce un aumento continuo de la temperatura dentro del planeta (Espejel y Flores, 2015). Además, es importante tener en cuenta que la generación de gases de efecto invernadero contribuye al deterioro de la capa de ozono, que juega un papel crucial en la obstrucción de la radiación solar. Sin embargo, la destrucción de esta capa impide la filtración de los rayos solares, lo que resulta en un aumento de la radiación incidente y un mayor aumento de la temperatura dentro de la Tierra (Espejel y Flores, 2015). Según el artículo publicado por National Geographic (2010), el calentamiento global se atribuye principalmente a la actividad industrial humana, que genera grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero a diario. Un ejemplo de ello es México, que emitió aproximadamente 804 MtCO₂e en el año 2020, lo que representa el 1,3% de las emisiones globales. Sin duda, esto ha contribuido a alteraciones y cambios en los patrones climáticos (BBVA, 2023).

Huella ecológica

Otro término importante es la huella ecológica (HE), que se refiere a las herramientas que evalúan los daños causados por la actividad humana. Este concepto fue desarrollado por primera vez en 1996 por el canadiense William Rees y su colaborador Mathis Wackernagel (SEMARNAT, 2017), y comenzó a cobrar relevancia dentro de la sociedad. A lo largo del tiempo, se ha abordado de manera diferente según el contexto. Por ejemplo, Martínez (2007) describe la huella ecológica como un indicador del impacto sobre el medio ambiente que ejerce la sociedad humana. Además, engloba los recursos utilizados en los modelos de producción y consumo, también conocida como "área biológicamente productiva", indicando el espacio donde se generan y disponen los recursos.

Huella de carbono

El concepto de huella de carbono se originó a partir de los ambientalistas británicos que abogaban por el consumo de productos locales sobre los importados debido a las considerables emisiones asociadas con los costos de transporte. Posteriormente, este término cobró fuerza entre diversas naciones, entre ellas Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Japón, entre otros, como un indicador destinado a cuantificar las

emisiones en diferentes sectores productivos con el objetivo de reducirlas (Fernández, 2021).

En consecuencia, la huella de carbono, se considera una herramienta esencial de gestión ambiental que facilita la cuantificación y evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles a las actividades humanas. Mediante el seguimiento de los daños ambientales resultantes, se pueden realizar intervenciones para mitigar o compensar su impacto en el medio ambiente. Normalmente expresada en kilogramos o toneladas de dióxido de carbono equivalente, la huella de carbono es fundamental para dar forma a las decisiones destinadas a la sostenibilidad ambiental (Schneider y Samaniego, 2010).

Life Cycle Analysis

The term Life Cycle Analysis (LCA) encompasses various stages that constitute the useful life of a product or service provided. In its study, an attempt is made to associate all elements of nature, resources, and emissions generated at each stage of product transformation. LCA also functions as a methodology used to assess all impacts generated by the services and goods offered by a particular company. As an integral part, it considers the product transformation process, from raw material extraction, transportation, manufacturing process, product distribution, to its final disposal (Deloitte, 2012).

Fuentes de emisión

Otro término importante y de gran utilidad para esta investigación es el de las fuentes de emisión, que son las generadoras de gases de efecto invernadero originadas en actividades cuyos procesos producen cierta cantidad de contaminantes al medio ambiente (SEMARNAT, 2018). Dentro de las fuentes de emisión, existen fuentes fijas o puntuales, que se refieren a aquellas que ocurren en un solo lugar, es decir, que son estacionarias, y realizan operaciones o actividades que emiten contaminantes a la atmósfera, como centrales eléctricas, fábricas o refinerías de petróleo (SEMARNAT, 2017).

6. METODOLOGÍA

Para determinar la huella de carbono, existen diversas metodologías con el objetivo de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre las más destacadas se encuentran las PAS 2050 y PAS 2060, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GGP) y la ISO 14064-1:2019, que son las más utilizadas y reconocidas internacionalmente. La metodología PAS 2050 fue desarrollada por el British

Standards Institute (BSI) en colaboración con Carbon Trust y el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) en 2007. Consiste en calcular las emisiones generadas por un producto o servicio y está alineado con las normas ISO y el GGP. Esta metodología considera el cálculo de CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆. También incluye una guía para la contabilidad de emisiones, en la que se describen las fórmulas a utilizar (CEPAL, 2010). Este método incorpora la evaluación del análisis del ciclo de vida de los productos, y sus directrices y contenido incluyen: principios e implementación, fuentes de emisión, compensación, límites del sistema, datos e información, cálculo de emisiones y declaraciones de conformidad (Miguel, 2011). Por otro lado, la metodología PAS 2060 fue desarrollada por las mismas entidades que la PAS 2050, pero en 2009-2010. A diferencia del primero, está orientado a calcular las emisiones de una organización, como una empresa, un centro de producción o una administración. Del mismo modo, se adhiere a las normas ISO y al GGP. Su guía incluye la contabilidad de las emisiones de gases y propone medidas para su compensación y reducción (CEPAL, 2010).

Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Otra metodología empleada en el cálculo de la huella de carbono es el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que establece estándares globales para la cuantificación de los gases de efecto invernadero, la gestión adecuada de las emisiones y la implementación de acciones de mitigación. Esta metodología opera dentro del ámbito público-privado, colaborando con diversas asociaciones, organizaciones, gobiernos y corporaciones. La primera edición se publicó en 2001, con el objetivo de proporcionar orientación y herramientas (software) para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GGP, 2023).

Metodología ISO 14064-1:2019

En la búsqueda de metodologías destinadas al cálculo de la Huella de Carbono (HC), se llama la atención sobre la ISO 14064-1:2019, la versión actual y vigente de esta norma reconocida internacionalmente. Esta norma sirve como piedra angular en la cuantificación de la huella de carbono de las organizaciones, facilitando una evaluación integral de las emisiones de gases de efecto invernadero en diversas actividades. No solo proporciona un marco estructurado para determinar los inventarios de gases de efecto invernadero, sino que también es un indicador crucial del impacto ambiental. Dentro del ámbito de esta metodología, se prescribe un enfoque sistemático, que consta de los siguientes pasos:

I. Definición de límites: Este paso implica delinear los límites organizacionales y operativos. Los límites organizacionales especifican las áreas sujetas al cálculo de CF, mientras que los límites operativos definen alcances o categorías. La norma ISO 14064-1:2019 describe tres ámbitos distintos:

a) Alcance 1: Engloba las emisiones directas procedentes de fuentes bajo el control directo de la organización dentro de sus instalaciones.

b) Alcance 2: Engloba las emisiones indirectas originadas en el exterior, como las asociadas a la electricidad comprada.

c) Alcance 3: Engloba otras emisiones indirectas, aunque desde la perspectiva del análisis de ciclo de vida (ACV), que no es obligatorio para el cálculo.

II. Determinación del año base: Esta fase implica la selección del año o período de referencia para el cálculo de las emisiones.

III. Identificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Este paso implica categorizar las emisiones como directas, indirectas y otras emisiones indirectas.

IV. Cuantificación de emisiones: El paso final consiste en cuantificar las emisiones utilizando la fórmula: Huella de Carbono = Datos de Actividad x Factor de Emisión

Donde: Los datos de actividad representan una variable que indica el alcance de las actividades que emiten gases de efecto invernadero.

El factor de emisión significa la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por unidad de actividad, siendo estos factores dinámicos y contingentes a la naturaleza específica de la actividad realizada (Eurofins, 2022).

Metodología para su aplicación en las Instituciones de Educación Superior (IES)

Las metodologías descritas en la sección anterior conllevan costos asociados con su implementación, lo que puede plantear desafíos económicos para las IES. En este sentido, se propone una metodología híbrida, adaptada a las condiciones y características específicas de la universidad. Este enfoque se basa en las directrices y criterios de las metodologías descritas anteriormente, al tiempo que integra aspectos no considerados por ellas. En consecuencia, se sugiere el desarrollo y aplicación de una metodología propia, con el objetivo de establecer un procedimiento confiable y preciso para el cálculo de la huella de carbono. Al adoptar este enfoque, la investigación puede extenderse para replicarla en IES adicionales. La intención no es fomentar la comparación o la competencia, sino permitir que las IES realicen autoevaluaciones sobre su impacto ambiental. Posteriormente, en función de sus contextos individuales, se pueden realizar los ajustes adecuados si es necesario.

Así, la metodología propuesta incorpora los lineamientos de la norma ISO 14064-1:2019, como la determinación del marco temporal, la definición de alcances, la identificación de fuentes de emisión y el cálculo de emisiones. Además, se incluyen

elementos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, como la definición de factores de emisión y la recopilación de datos. Por último, a partir de las orientaciones propuestas por el Ministerio de Transición Ecológica, se planteó la determinación de los límites organizativos y operativos. La metodología propuesta en esta investigación comprende once etapas, las cuales se aplicaron para la Universidad Autónoma del Estado de México.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) se ha involucrado en temas ambientales a través de programas, proyectos e investigaciones. Este compromiso lo ha llevado a ser reconocido internacionalmente, ocupando el puesto 414 según la GreenMetric 2022, y posicionado a nivel nacional en el número 15 (RGM, 2023). En este contexto, es pertinente destacar que la universidad está compuesta por un cuerpo estudiantil considerable, cuya trayectoria educativa implica actividades cotidianas como parte del proceso de aprendizaje, cada una de las cuales contribuye a una cierta cantidad de emisiones de CO₂e. Por lo tanto, un enfoque para comprender las emisiones de gases de efecto invernadero es a través de la utilización de la huella de carbono como indicador de evaluación ambiental. En consecuencia, surge la necesidad dentro de la Universidad de medir su huella de carbono, no solo para identificar las fuentes de emisión, sino también para proporcionar alternativas para compensar el CO₂e generado. Además, se reconoce el papel de la Institución como comunidad que contribuye a abordar la problemática actual del cambio climático.

De esta manera, surge la adopción de la huella de carbono como herramienta para la gestión ambiental dentro de las IES. Estas instituciones sirven como centros para la creación de conocimientos, la innovación y el desarrollo de la investigación. Este estudio no solo dilucidará las interacciones que ocurren dentro de la Universidad, sino que también describirá aspectos del estilo de vida de los estudiantes derivados de factores como el consumo de energía, el uso de papel y plástico, la generación de residuos y la movilidad. Así, en el esfuerzo por convertirse en una Universidad más eficiente y consciente del medio ambiente, la huella de carbono, además de servir como instrumento ambiental, facilita la presentación de soluciones adecuadas basadas en los cálculos realizados, con el objetivo de combatir, reducir e incluso neutralizar los gases de efecto invernadero emitidos.

Cabe destacar que se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en varias plataformas para determinar si existen documentos que indiquen intentos previos de analizar y calcular la huella de carbono en la UAEMéx. Sin embargo, no se encontraron trabajos relevantes sobre este tema para la Institución. Por último, se evidencia que las instituciones europeas estudiadas producen una menor cantidad de CO₂e,

manteniendo un promedio de 16.079.571, mientras que las instituciones americanas producen 19.653.599, lo que subraya la necesidad imperiosa de que la UAEMéx emprenda esfuerzos concertados para neutralizar su huella de carbono. Entre las metodologías empleadas por las diversas IES discutidas, se destaca el enfoque utilizado por la Universidad Nacional de Costa Rica, por la claridad de la información compartida y particularmente por los pasos delineados para el cálculo de la huella de carbono, sirviendo, así como una valiosa referencia en la presente investigación.

De acuerdo con el World University Rankings UI GreenMetric, la Universidad Autónoma del Estado de México ocupa la posición 65 en América Latina. Adicionalmente, a nivel estatal, la Universidad es reconocida como la mejor Universidad Pública Estatal según el Latin America University Ranking 2022 (SIAA, 2023). La Universidad tiene presencia internacional en países como Alemania, Argentina, España e Italia. Además, se erige como una de las instituciones más grandes y antiguas de México, con más de 190 años de historia. Se extiende por aproximadamente 25 municipios del Estado de México, con localidades notables como Toluca, Tejupilco, Texcoco, Temascaltepec, Atlacomulco, Zumpango, entre otros. Compuesta por 10 Campus Escolares Preparatorios, 22 Cuerpos Académicos (Facultades), 11 Centros Universitarios, 7 Unidades Académicas y 9 Institutos y Centros de Investigación, entre otros espacios académicos (AE, 2022), la Institución es expansiva y diversa. En 2021, la comunidad universitaria estaba compuesta por 105.249 personas, entre estudiantes, profesores y personal administrativo, y para 2022, esta cifra había aumentado a 107.231 personas.

La Universidad es el hogar de más de 100,000 estudiantes que participan en diversas actividades diariamente como parte de su educación y permanecen dentro de sus instalaciones. Cada una de estas actividades contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero, convirtiéndose así en fuentes de emisión. Por lo tanto, la huella de carbono de UAEMéx se calculará a través de la aplicación de la metodología híbrida propuesta en el apartado de metodología.

En cuanto a la definición del periodo, el cálculo de la huella de carbono abarcó los años 2021 y 2022. Este enfoque permite un análisis comparativo entre ambos conjuntos de resultados, lo que facilita el examen de los aumentos o disminuciones de las emisiones, según corresponda. Dicho análisis ayudará a establecer posibles medidas para mitigar el impacto generado, además de diseñar objetivos a alcanzar en los años siguientes. En este estudio, en cuanto a la definición de límites organizacionales y operativos, se calculó la huella de carbono de toda la Institución, abarcando todos los espacios universitarios. Así, se determinó la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la Universidad Autónoma del Estado de México durante el sexenio establecido. Adicionalmente, las fuentes de emisión identificadas son las siguientes: a) Electricidad b) Movilidad c) Residuos (sólidos y peligrosos) d) Construcciones e) Consumo de papel e insumos f) Consumo de combustibles fósiles.

Plan de Neutralización de la Huella de Carbono de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)

Nuestra universidad ha emprendido un camino hacia el desarrollo sostenible a través de diversas prácticas y acciones en respuesta a los desafíos ambientales que enfrenta el planeta Tierra. A lo largo de los años, se ha comprometido con los temas medioambientales promoviendo actividades y mejorando áreas como la gestión de residuos, la conservación del agua, la eficiencia energética, las acreditaciones ambientales, entre otros elementos relacionados con el medio natural. Como resultado de las actividades en 2021 se evitó la generación de 1.514.784,38 kg de CO₂e, mientras que en 2022 se evitó la emisión de 6.593.175,14 kg de CO₂e, destacando la importancia de estas acciones en la reducción de las emisiones de CO₂e. Sin embargo, es necesario sumar actividades que permitan alcanzar la neutralidad de la huella de carbono.

Se propusieron las siguientes estrategias de neutralización de la huella de carbono generada por la UAEMéx:

- Reactivar las técnicas de economía circular
- Realizar de manera anual la Feria ambiental Universitaria
- Implementación de ecotécnicas
- Desarrollo de Sistemas de captación de agua
- Jornada de mantenimiento de zonas verdes
- Promoción de trabajos y exámenes digitales
- Fomentar el transporte universitario sostenible y el uso de la bicicleta
- Rendimiento energético
- Sustitución de luminarias por LED
- Realización del Día Cero de Energía Eléctrica
- Promover el Reciclaje de residuos
- Desarrollar campaña de recolección de pilas
- Fortalecimiento de la implementación de huertos urbanos
- Implementación de jardines polinizadores
- Implementación de Jardines Verticales, cubiertas y azoteas verdes

8. CONCLUSIONES

En el caso de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), al ser una comunidad con más de 100,000 miembros, y debido a las diferentes actividades, que se realizan en su día a día, es posible observar, que se genera una cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera, por lo que, ante esta situación, se logró calcular la huella de carbono en esta Universidad. El objetivo de la presente investigación es servir de modelo para las Instituciones de Educación Superior (IES) mexicanas que deseen calcular su huella de carbono utilizando la metodología desarrollada en este estudio. Es importante destacar que este estudio se basa en metodologías reconocidas internacionalmente, entre las que se encuentran la ISO 14064-1:2019, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (PGG) y la Guía propuesta por el Ministerio de Transición Ecológica.

En consecuencia, y a modo de ejemplo, esta metodología se empleó en la UAEMéx para calcular tanto la huella de carbono general como la per cápita, a partir de las actividades sustantivas realizadas durante los años 2021 y 2022. Para calcular la huella de carbono en UAEMéx, se encontraron varios desafíos para obtener la información necesaria. No obstante, se lograron recopilar datos relativos a las variables de los diferentes ámbitos. Es importante destacar que dentro del Alcance 3 solo se analizaron los residuos, el consumo de papel y la construcción. Para futuros estudios, se recomienda profundizar en este ámbito. En este sentido, otro logro de esta investigación fue la identificación de las principales fuentes de emisiones resultantes de las actividades sustantivas de la UAEMéx. Estas fuentes incluyen los combustibles fósiles, la electricidad, la movilidad, la generación de residuos, el consumo de papel y las nuevas construcciones. De este análisis se concluyó que la huella de carbono para el año 2021 ascendió a 14.077.139,90 kg de CO₂e, con una huella per cápita de 133,75 kg de CO₂e por persona al año. En contraste, para el año 2022, la huella de carbono aumentó a 28.019.621,33 kg de CO₂e, con una huella per cápita de 261,30 kg de CO₂e por persona al año. Este considerable aumento de un año a otro es evidente, ya que la cantidad de kg de CO₂e en 2022 es casi el doble que, en 2021, debido principalmente a los impactos de la pandemia de COVID-19.

En concreto, en el año 2022, el consumo de combustibles fósiles aumentó en 1.804.746,96 kg de CO₂e. Del mismo modo, el consumo de papel higiénico aumentó en 101.169,98 kg de CO₂e, y el consumo de energía aumentó en 723.984,71 kg de CO₂e. La generación de residuos aportó 290.664,8 kg adicionales de CO₂e, y las nuevas construcciones sumaron 10.968.111 kg de CO₂e para el mismo año. Es crucial destacar que la pandemia de COVID-19 trajo numerosas consecuencias. En el caso específico de UAEMéx, hubo un cambio significativo en la gestión y el formato de sus actividades, lo que resultó en una reducción en el consumo de algunos recursos. Sin embargo, una vez que se reanudaron las actividades presenciales, el consumo de estos recursos aumentó notablemente.

Además del aporte de esta investigación en el cálculo de la huella de carbono, se planteó el diseño de una metodología híbrida y la propuesta de un plan estratégico. Estas actividades tienen como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto

invernadero y, en la medida de lo posible, neutralizar la huella de carbono de la universidad. Además, el cálculo de la huella de carbono permitió concluir e identificar los beneficios de esta investigación en diversos aspectos. Desde el punto de vista educativo, aporta nuevos conocimientos y perspectivas a la comunidad universitaria. Socialmente, mejora la integración comunitaria y fortalece los procesos de toma de decisiones y generación de conciencia. Económicamente, ayuda a reducir costos al adoptar prácticas más sostenibles. Culturalmente, refuerza la educación ambiental con una visión renovada del medio ambiente y fomenta la participación en actividades ambientales. Estos beneficios se extienden no solo a las instituciones de educación superior, sino también a la sociedad en su conjunto, contribuyendo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Además, el diseño e implementación de un plan de carbono neutralidad orientará a las instituciones de educación superior hacia un modelo más eficiente, productivo, sostenible y ambientalmente responsable en términos de gestión de recursos y administración ambiental. Durante la investigación se analizaron varias actividades emprendidas por la Universidad que mitigan las emisiones de CO₂e. Entre estas actividades destacan las campañas de recogida de residuos electrónicos y PET, el servicio de Potrobus y el uso de SICOINS, que contribuyen significativamente a la reducción de la huella de carbono de UAEMéx.

El servicio de Potrobus, como se ha descrito anteriormente, es una opción de transporte fundamental para la comunidad universitaria debido a sus numerosos beneficios, entre ellos su papel en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Con base en el número de beneficiarios diarios, se determinó que Potrobus evita la emisión de 5.566.100,5 kg de CO₂e anualmente. Es importante tener en cuenta que algunas unidades de Potrobus son ecológicas y utilizan gas natural, por lo que se recomienda que en el futuro se conviertan a vehículos eléctricos. Otro aspecto significativo destacado en la investigación son las áreas verdes de la Universidad. Estos espacios aportan beneficios más allá de la arquitectura paisajística, ya que tienen la capacidad de absorber cantidades considerables de CO₂e del medio ambiente, contribuyendo así en gran medida a la reducción de la huella de carbono de UAEMéx.

Actualmente, las áreas verdes de la Universidad absorben 3.180.456,50 kg de CO₂e al año, lo que subraya su importancia en los esfuerzos de la universidad por neutralizar su huella de carbono. Además, SICOINS es una herramienta esencial para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que ha evitado la generación de 422.866,50 kg de CO₂e, contribuyendo así a la neutralización de la huella de carbono.

En conjunto, las actividades mencionadas han permitido a la UAEMéx evitar la generación de 6.593.175,14 kg de CO₂e, contribuyendo significativamente a la reducción de su huella de carbono. En este contexto, se concluyó que la

implementación de las actividades propuestas es crucial. Sin estas medidas, la Universidad necesitaría 30.409.967,83 m² de zonas verdes para neutralizar su huella de carbono, superficie que actualmente no posee. Además, tal y como se indica en la propuesta de neutralización, el estudio enfatizó la importancia de utilizar especies vegetales capaces de absorber CO₂ del medio ambiente. Estas especies, recomendadas en la investigación, deben ser utilizadas dentro de los espacios universitarios para ampliar las áreas verdes y mejorar su capacidad de absorción de carbono.

Por último, la medición de la huella de carbono es una herramienta inmensamente útil para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que permite la evaluación ambiental de las actividades dentro de cualquier institución de educación superior y sirve como indicador de prácticas verdes y sostenibles. Desde hace tiempo, la UAEMéx ha demostrado constantemente su compromiso con el abordaje y la prevención de los problemas medioambientales a través de diversas iniciativas permanentes. Las estrategias de neutralización de la huella de carbono han posicionado a nuestra Universidad para mantener sus niveles de emisiones a la par de los de las instituciones de educación superior europeas, que son reconocidas por su avanzado desarrollo en esta materia. La principal aportación científica y metodológica de esta investigación puede servir de modelo para las universidades mexicanas que deseen medir su huella de carbono.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Arroyo M. y Ramírez-Monroy A., (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316/1893>
3. 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>.
4. Álvarez 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.bbvaresearch.com/publicaciones/mexico-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-y-acciones-de-mitigacion-y->

12. 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
13. Comisión Europea (2023). Un Pacto Verde Europeo. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
14. 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>
15. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), (2018). Día del árbol. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/dia-mexicano-del-arbol-165506>
16. 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
17. 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>
18. 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>
19. 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
20. 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>

21. 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>
22. 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/>
23. Energía On (2015). ¿Qué es la Huella de Carbono?, ¿Cómo 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>
24. 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>
25. 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>
26. 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.
27. Espíndola C. y Valderrama J. O. (2011). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n1/art17.pdf> Metodológicas. 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/>

28. 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 <https://ingenieria.uchile.cl/dam/jcr:831cb3e0-146f-4ae4-9079-30bcdd248c02/reporte-calculo-huella-2014> Carbono FCFM. Fernández, J. C. (2021). Estimación de la huella de carbono en la industria papelera. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869393006>
29. 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> Frías 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>
30. 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.
31. Gas 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
32. Greenhouse Gases Protocol (GGP) (2023). What is Greenhouse Gases Protocol?. <https://greenhousegasesprotocol.org/about-us> Green Metric (2013). Overall Rankings 2022. <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2022>
33. Green Metric (2013). Ranking by Country 2022 – Mexico. <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/ranking-by-country-2022/Mexico>
34. 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>
35. 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>

36. 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>

37. Hermosilla (2014). Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5043/tfm384.pdf>

38. 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 <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/298814-Cada-metro-cuadrado-construido-en-edificacion-residencial-supone-441-Kg-de-CO2.html>

39. IPCC (2018). CO2. 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>

40. 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

41. López T. (2016). Jardines verticales. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA-F0020%20Jardines%20verticales.pdf?sequence=1>

42. Los huertos urbanos como herramienta de transformación socioagroalimentaria y medida de mitigación de GEI: el caso de Madrid. Alberto Sanz-Cobena^{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_transformacion_socio-agroalimentaria_y_medida_de_mitigacion_de_GEI_el_caso_de_Madrid/links/59132b450f7e9b70f498c646/Los-huertos-urbanos-como-herramienta-de-transformacion-socio-agroalimentaria-y-medida-de-mitigacion-de-GEI-el-caso-de-Madrid.pdf

43. 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%20hue%20ecol%C3%B3gica%20de%20Galicia.>

44. 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>

45. Ministerio de Salud (2018). Medicamentos Herbarios Tradicionales, Gobierno de Chile. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/02/Libro-MHT-2010.pdf>

46. 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

47. Ministerio para la Transición Ecológica (MTERD). Gobierno de España, (2022). HFC'S (Hidrofluorocarburos) hidrofluorocarburos,15591,11,2007.html <https://prtr-es.es/HFCs->

48. 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

49. 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

50. Naciones Unidas-CEPAL (2020). Repositorio Digital. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Methodolog%C3%ADas_calculo_HC_AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y National Centers For Environmental Information (2023).

51. 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>

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

53. 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%20lu gar%20de%20calentamiento%20global.>
54. 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>
55. 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>
56. 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>
57. 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>
58. ONU-Hábitat (2023). Contaminación, automóviles y calidad del aire. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire>
59. ONU-Hábitat (2023). Contaminación, automóviles y calidad del aire. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire>
60. Organización de las Naciones Unidas (ONU), (2023). ¿Qué es el cambio climático?. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
61. Organización de las Naciones Unidas (ONU), (2023). Neutralidad Climática Ahora. <https://unfccc.int/climate-action/un-global-climate-action-awards/climate-neutral-now>
62. 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.>

63. 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.
64. 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>
65. PROFECO (2020). Bicicleta. Salud y medioambiente sobre ruedas. <https://www.gob.mx/profeco/articulos/bicicleta-salud-y-medioambiente-sobre-ruedas?state=published>
66. Puchades, De la Guardia y Albertos (2011). La Huella de Carbono de la Universidad de Valencia: 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)
67. 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>
68. Rosas W. R. (2018). “Eficiencia de la planta Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) Newton, para la fitoremediación de los gases interiores (CO, SO₂, NO₂) presentes en la I.E.P Isaac SJL-2018. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2996909?show=full>
69. 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>
70. 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
71. 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
72. 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>

73. Secretaría de Pueblos y Barrios Originarios y Comunidades indígenas Residentes (SEPI), (2023). Huertos Urbanos. <https://www.sepi.cdmx.gob.mx/secretaria/huertos-urbanos>

74. 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>

75. 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>

76. 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).)

77. 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

78. SEMARNAT (2018). Fuentes de Contaminación Atmosférica. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>

79. 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

80. 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%20pertenece,n,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%20pertenece,n,Apodiformes)%20y%20los%20murci%C3%A9lagos%20(Chiroptera)

81. 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

82. 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. [correspondencia-institucional/ https://anuiestec.anuiemx.com/web/sistema-de-](https://anuiestec.anuiemx.com/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.>

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

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

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

86. UAEMéx (2023). Agenda <https://spydi.uaemex.mx/docs/docs/AE2022.pdf>
UAEMéx (2023). Segundo Informe Anual Estadística de Actividades https://spydi.uaemex.mx/docs/InfBasCon/Institucionales/Informes/2021-2025/2IA_CEBD_web.pdf 2022. 2022.

87. 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/>