



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# Boletín Ambiental

Universidad Nacional Sede Manizales  
Campus La Nubia

Instituto de Estudios Ambientales -IDEA- Sede Manizales

**185** | noviembre de  
2021

Estimación de la huella de carbono en la Universidad  
Nacional de Colombia Sede Manizales

**IDEA** | **30** Años  
1991-2021  
Instituto de Estudios Ambientales  
Sede Manizales

## **Estimación de la huella de carbono en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales**

Carlos Mario González Duque  
Departamento de Ingeniería Química  
Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental  
-GTAIHA-  
Universidad Nacional de Colombia  
Manizales, Colombia  
cmgonzalezd@unal.edu.co

Freddy Leonardo Franco Idarraga  
Departamento de Ingeniería Civil  
Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental  
-GTAIHA-  
Universidad Nacional de Colombia  
Manizales, Colombia  
flfrancoi@unal.edu.co

Este trabajo está dedicado a la memoria de la profesora Beatriz Helena Aristizábal Zuluaga (q.e.p.d.) integrante del equipo docente que evaluó la metodología y resultados obtenidos.

Para descargar el boletín:

▶ [Http://idea.manizales.unal.edu.co/boletin-ambiental.html](http://idea.manizales.unal.edu.co/boletin-ambiental.html)

## INTRODUCCIÓN

Existe un consenso mundial en el ámbito científico que demuestra que el cambio climático está ocurriendo actualmente. A pesar de que este fenómeno producido por la acumulación de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera se da por causas naturales y antropogénicas, diversos estudios concluyen que las tendencias en el calentamiento global durante el último siglo están estrechamente relacionadas con actividades humanas (Fundación Natura, 2016; NASA, s.f.). De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), citado por WRI (2014), para el año 2050 se deberían reducir las emisiones de GEI en un 72 % por debajo de los niveles de 2010; esto con el fin de limitar los impactos adversos derivados de este fenómeno, los cuales son cada vez más impredecibles y peligrosos para las personas y los ecosistemas. La lucha contra el cambio climático se constituye, entonces, en uno de los mayores desafíos del presente siglo, no solo desde el punto de vista ambiental, sino también enfocado como una problemática que impacta el desarrollo económico y social (WBCSD y WRI, 2001).

El apoyo por parte de los gobiernos a programas y estrategias que hagan frente al cambio climático va en aumento; asimismo, la normativa en este tema es cada vez más rígida. Por ejemplo, algunos países como Francia e Inglaterra han implementado leyes que obligan a las organizaciones a reportar su huella de carbono (Fundación Natura, 2014). La huella de carbono (HC) de una organización se entiende como la totalidad de GEI (en términos de  $\text{CO}_2$  equivalente –  $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ ) emitidos por efecto directo o indirecto, producto del desarrollo de las actividades de dicha organización (MITECO, s.f.). La estimación de la HC permite generar información de soporte para establecer estrategias de mitigación y/o compensación de las emisiones de GEI, promover la responsabilidad ambiental, implementar estrategias enfocadas en la disminución de consumos energéticos y costos ambientales, entre otros (Fundación Natura, 2014; SDA, 2015).

Uno de los principales referentes metodológicos para la estimación de la HC es la Iniciativa del Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG PI), convocada en 1998 por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD). Esta iniciativa permitió la alianza de empresas, gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones académicas y otras partes interesadas para desarrollar estándares y herramientas que permitieran contabilizar emisiones de GEI, así como la generación de reportes de GEI aceptados internacionalmente (WRI, 2014). Además del GHG PI organizacional se tienen normas técnicas con directrices de importancia en la estimación de la HC, tales como la ISO 14067:2018 y la ISO 14064-1:2020. En Colombia, a través del proyecto “Mecanismo para la Mitigación Voluntaria de GEI – MVC”, liderado por la Fundación Natura, la Corporación Ambiental Empresarial (CAE), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Bolsa Mercantil de Colombia, se publicó la Guía para los Inventarios Organizacionales de Emisiones de GEI. Este documento recopila los lineamientos del GHG PI para estimación de la HC en el ámbito corporativo, asimismo, brinda recomendaciones adicionales en pro de la gestión integral corporativa de la HC.

En la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) Sede Manizales, uno de los objetivos del proyecto “Afianzamiento de la Gestión Ambiental Sostenible en los Campus de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales”, fue implementar una metodología que permitiera la estimación de la HC en los diferentes campus y residencias de la Sede, teniendo como alcance las emisiones directas e indirectas. La estimación de la HC de la Sede toma especial importancia teniendo en cuenta referentes normativos como el Acuerdo 362, expedido por el Consejo Superior Universitario en sesión 13 de 2021 “por medio del cual se declara como un asunto prioritario de gestión universitaria las acciones encaminadas a la mitigación y adaptación frente al cambio climático y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible”.

El ejercicio de estimación de la HC en la Sede Manizales, además de tener como referencia técnica las directrices de documentos metodológicos como el GHG PI y la guía del MVC, está soportado en el trabajo previo

realizado por la Oficina de Gestión Ambiental (OGA) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, por medio del documento “Guía Metodológica para el Cálculo de Huella de Carbono de la Universidad Nacional de Colombia” (OGA, 2020).

Por lo tanto, en este documento, se implementó una metodología ajustada a las condiciones específicas de la Sede Manizales, que permitió la estimación de la HC en los diferentes campus y residencias de la UNAL. El trabajo llevado a cabo busca, además, que la metodología y herramientas computacionales desarrolladas puedan ser aplicadas para estimar la HC en otras sedes de la UNAL y universidades de la región.

## **METODOLOGÍA**

La metodología propuesta para la estimación de la huella de carbono (HC) en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales se basó en el documento metodológico reportado por la OGA (2020): Guía Metodológica para el Cálculo de Huella de Carbono de la Universidad Nacional de Colombia. Asimismo, se tomaron como referentes de importancia protocolos nacionales e internacionales, entre los cuales se destacan:

- Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG PI). Estándar corporativo de contabilidad y reporte (WBCSD y WRI, 2001)
- Guía para los inventarios organizacionales de emisiones de GEI (Fundación Natura, 2014; 2016)
- Normas técnicas ISO 14067:2018 y la ISO 14064-1:2020

En la estimación de la HC de una organización se deben definir los límites organizacionales referidos a la cobertura espacial y temporal; y los límites operacionales asociados con el tipo de emisiones que se van a considerar, aspecto que está relacionado con la definición de los alcances de la estimación.

## Límites organizacionales

En términos de los límites espaciales, conocidos también como el dominio o cobertura geográfica de estimación de la HC, se estableció como límite los tres campus que hacen parte de la UNAL Sede Manizales (Palogrande, El Cable y La Nubia) y las residencias estudiantiles. Este límite organizacional incluye todos los edificios que conforman la Sede. En relación con los límites temporales es importante definir un año base de cálculo. La selección se basó en la disponibilidad de la mayor cantidad de información posible y la característica de ser un año sin cambio en las actividades típicas o rutinarias de la Sede; en este sentido, se seleccionó como año base de referencia el 2019. Como resultado adicional, se realizó la estimación de evolución temporal anual de la HC en la Sede durante el periodo 2010 - 2020.

## Límites operacionales

Se contemplaron tres alcances asociados a emisiones directas e indirectas. La Figura 1 muestra un esquema de los alcances considerados, cuya selección se basó en la cantidad y calidad de la información base disponible para cada alcance.



Figura 1. Resumen de alcances definidos para la estimación de la HC en la UNAL Sede Manizales

## Base de cálculo y selección de factores de emisión

En términos generales, la aproximación utilizada para estimar la huella de carbono se resume en la siguiente ecuación:

$$E_{(HC)} = FE * A \quad (1)$$

Donde E hace referencia a la emisión de GEI en términos de CO<sub>2-eq</sub>, expresada en términos de flujo másico asociado a un año base (toneladas / año, por ejemplo). FE es el factor de emisión, definido como un valor numérico que relaciona la cantidad de GEI emitido (para una sustancia específica), en función de un valor de actividad (A). La actividad está asociada propiamente al proceso generador de emisiones en un determinado periodo (por ejemplo, el consumo anual de un combustible específico, la cantidad anual de energía eléctrica, la masa de residuos sólidos generados, entre otros). Es de suma importancia, entonces, que las unidades en las cuales se expresa el factor de emisión empleado para determinado alcance sean consistentes con los registros de actividad disponibles.

Al considerar que las emisiones por una actividad específica pueden incluir diferentes tipos de GEI, el reporte de la emisión total en términos de CO<sub>2-eq</sub> tiene en cuenta el potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés) de especies distintas al CO<sub>2</sub>. El uso de los GWP permite cuantificar en una sola unidad (CO<sub>2-eq</sub>) las emisiones para los diferentes GEI principales. Los valores de GWP son reevaluados periódicamente por la IPCC para diferentes horizontes temporales, siendo el horizonte de calentamiento a 100 años el más utilizado en los reportes de emisión. El último documento publicado corresponde al quinto reporte de la IPCC (denominado AR5) y fue empleado, considerando emisiones asociadas a los GEI principales: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. No se tuvo en cuenta dentro la estimación a compuestos halogenados, puesto que, su emisión está relacionada, principalmente, con procesos industriales de producción de metales (hierro, acero, aluminio, aleaciones ferrosas), uso de SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos o el uso de sustancias agotadoras de

la capa de ozono en procesos de producción de espuma, refrigerantes o extintores de incendio; procesos que no se incluyeron en el presente ejercicio.

La selección de los FE estuvo basada en distintos referentes metodológicos consultados y bases de datos nacionales e internacionales avaladas para su uso en inventarios de GEI. Se destacan, por ejemplo, los reportes de Fundación Natura (2014) y la calculadora FECOC de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2016). Teniendo presente que la UNAL Sede Manizales tiene características particulares en términos de fuentes y procesos generadores de GEI, la metodología incluyó el uso de FE ajustados a las condiciones locales en algunas de las actividades para las cuales se dispone de información con mayor especificidad; este fue el caso de los FE extraídos del último inventario oficial de emisiones atmosféricas estimado para la ciudad de Manizales (Corpocaldas y UNAL, 2020).

## Código computacional para automatizar el procedimiento de cálculo

Con el fin de generar resultados gráficos y tablas con consolidados de emisión de forma automática y para distintos años, según la disponibilidad de información, se desarrolló un código de cálculo en software R que comprende dos módulos: el primero, permite consolidar la información base de consumos de electricidad, combustibles y residuos en la Sede a través de la lectura de bases de datos donde se incluye la información de actividad. En un segundo módulo se realiza la estimación de la HC y la generación de resultados. Se generó un *script* de interfaz de usuario donde se seleccionan las opciones de cálculo. El objetivo con este código computacional, además de facilitar el cálculo y actualización futura de estimaciones de HC, fue que cualquier funcionario de la Sede pudiera utilizarlo sin necesidad de conocimientos previos en programación.

## Resultados

### HC total en la Sede y evolución temporal

Se estimaron un total de 386.2 toneladas de CO<sub>2-eq</sub> emitidas en la Sede para el año base 2019 para los tres alcances tenidos en cuenta. Según el análisis de los aportes totales por alcances en el periodo 2010 – 2020 (Figura 2), se observa cómo el principal aportante fue el alcance A2 - consumo de energía eléctrica. Para dicho alcance, se presenta una tendencia de disminución partir de 2016, con un mínimo en 2018, valor que es explicado principalmente por la variación anual en los valores del FE reportado por la UPME y obtenidos a partir del comportamiento del Sistema Interconectado Nacional.

Al comparar el estimado de HC de la UNAL Sede Manizales con los reportes de la UNAL Sede Bogotá para el año base 2019, se destaca que, la Sede Manizales presenta una HC inferior en 7 órdenes de magnitud aproximadamente a la Sede Bogotá, que reporta un total de 2566 toneladas de CO<sub>2-eq</sub> para el año 2019; resultado comparativo que es coherente al examinar las diferencias en tamaño y procesos generadores de GEI que caracterizan a ambas sedes.

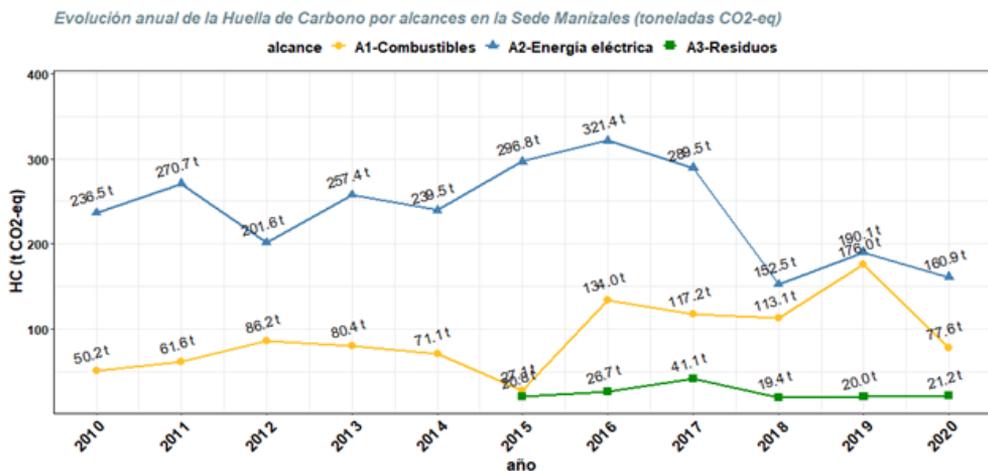


Figura 2. Evolución anual de la HC en la Sede Manizales

## Aporte específico por alcances

La contribución porcentual a la HC de la Sede por alcances y actividades generales de cada alcance se resume en la Figura 3. En orden de magnitud el alcance A2 – energía eléctrica aportó el 49.2 % a la emisión de la HC, equivalente a 190 toneladas de CO<sub>2-eq</sub>, seguido por el alcance A1 – combustible vehículos propios con un aporte del 29.7 %.

Comparativo de aporte a la Huella de Carbono en la Sede Manizales, año base 2019

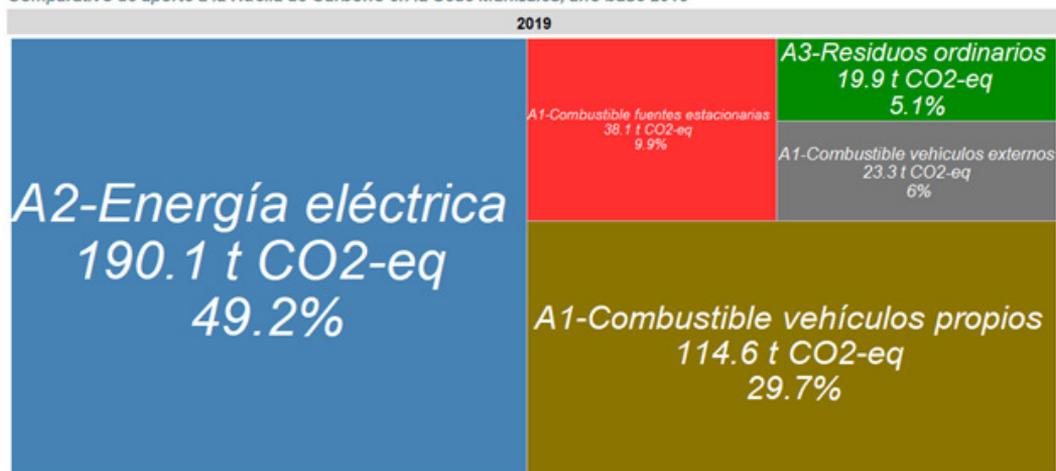


Figura 3. Contribución porcentual y emisión de HC por alcances

Las contribuciones a la HC de los alcances predominantes muestran que en el caso del consumo de energía eléctrica (Figura 4) la contribución predominante se presenta en los dos campus principales (Nubia y Palo-grande), que aportan el 55 % y 37 %, respectivamente, de la emisión de HC para el alcance A2. De otra parte, para el segundo alcance mayoritario (A1 – combustible vehículos propios) los buses son la categoría de mayor contribución con un 57 % de aporte total en la emisión del alcance A1 (Figura 5). Se destaca que la flota de buses utiliza diésel como combustible para su operación.

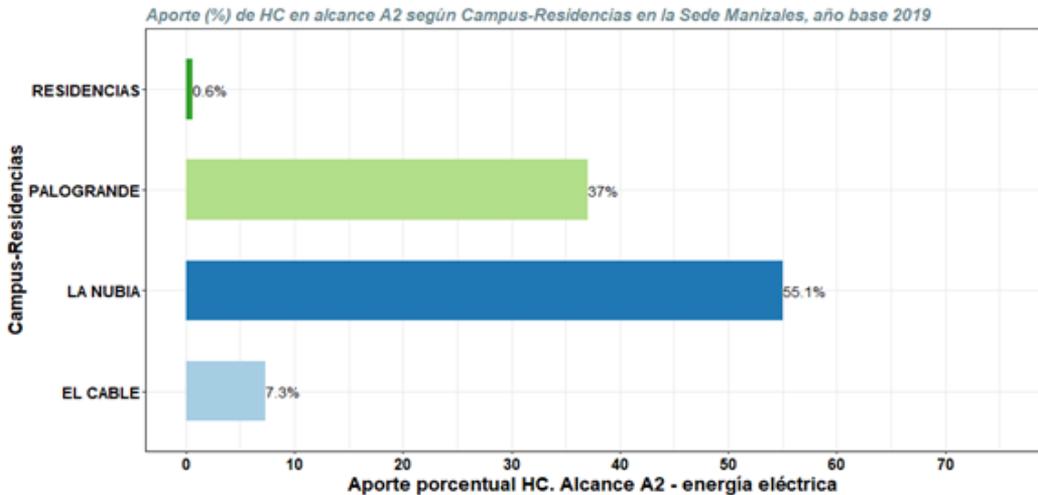


Figura 4. Contribución porcentual de la HC en el alcance A2, en función de los campus y residencias de la UNAL Sede Manizales para el año base 2019

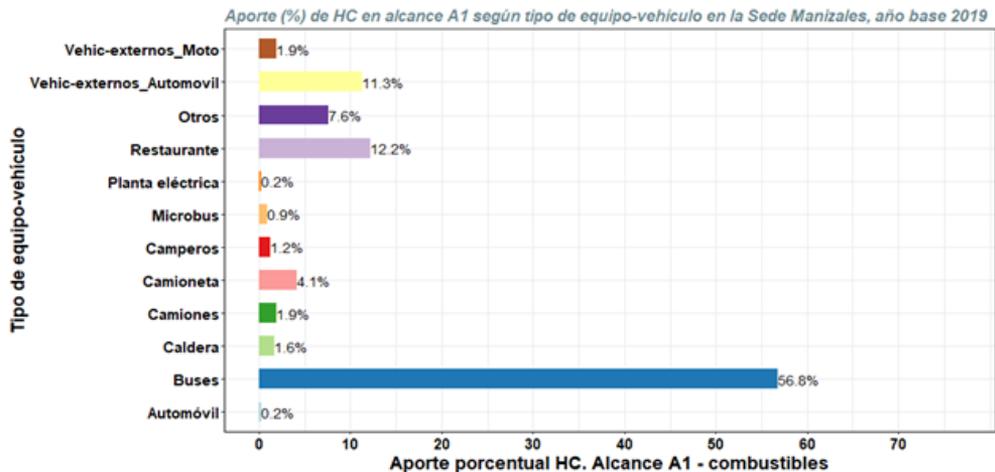


Figura 5. Contribución porcentual de la HC en el alcance A1, en función del tipo de equipo-vehículo de la UNAL Sede Manizales para el año base 2019

## Comparación de estimados de HC en términos del aporte per cápita con reportes de otras universidades

Finalmente, se realizó un ejercicio comparativo de emisiones per cápita con reportes de otras universidades en Colombia, Latinoamérica y Centroamérica (valores reportados por García de Alba (2021) para distintos años base recientes). Los resultados muestran que la UNAL Sede Manizales presentó un aporte máximo per-cápita en el año base 2019 de 64 kg CO<sub>2-eq</sub>/persona, valor superior a los reportes de 2018 y 2020 (Figura 6). Comparativamente, dicho registro fue inferior a reportes de otras universidades como la UNINORTE y UNISABANA en Colombia; la UP en Perú y la BUAP en México. De otra parte, se presenta un aporte superior per-cápita en la UNAL Sede Manizales en comparación con la UDG en México y la UNISUL en Brasil.

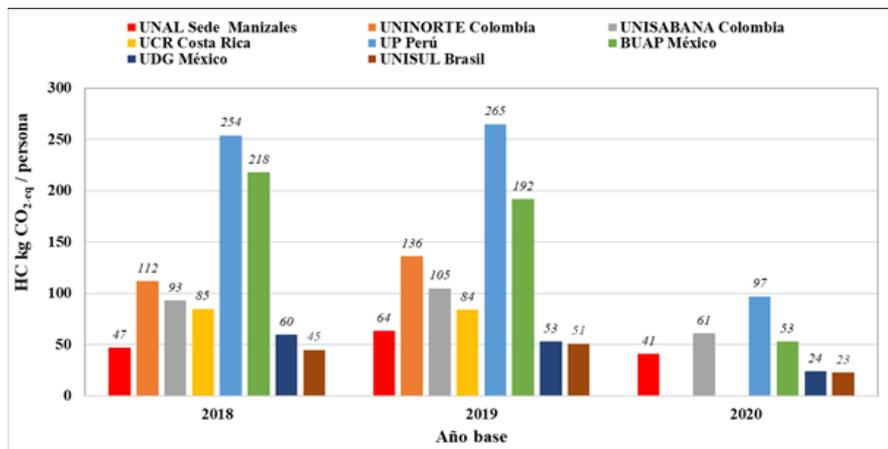


Figura 6. Comparación de la HC total per cápita por año (kg CO<sub>2-eq</sub>), para varias universidades de la región

## CONSIDERACIONES FINALES

En este documento se presentó un primer ejercicio de estimación de la HC de la UNAL Sede Manizales, donde se cubrieron tres alcances de emisiones directas e indirectas que comprendieron la información de consumo de combustibles fósiles (alcance 1), consumo de energía eléctrica (alcance 2) y generación de residuos (alcance 3).

Es importante continuar con los procedimientos de revisión periódica de la información de actividad, teniendo en cuenta además, la actualización de las bases de datos desarrolladas, tanto para aquellos periodos históricos identificados con faltantes de información, como para registros posteriores al año 2020. Este proceso es fundamental para garantizar no solo la continuidad del análisis de información, sino también para tener una base de cálculo y análisis sólida que permita realizar ejercicios comparativos entre periodos históricos y sirva como base para plantear estrategias de reducción de consumos y costos, identificar tendencias, analizar indicadores de gestión ambiental, entre otros.

El desarrollo del estudio permitió estructurar una herramienta computacional versátil para el cálculo de la HC en la Sede Manizales, herramienta que puede ser útil para la estimación de la HC en otras sedes de la UNAL y universidades que no hayan realizado este ejercicio.

Con el fin de garantizar mayor cobertura de alcances en futuras actualizaciones de la HC de la Sede, se recomiendan las siguientes líneas de acción: 1) En el alcance 1 es importante realizar campañas para el levantamiento de información en campo, que permitan conocer la dinámica de ingreso y salida de vehículos externos en los tres campus de la Sede. 2) En el alcance 3 – otras emisiones indirectas, futuros ejercicios de actualización de la HC en la Sede podrían estar enfocados en levantar información de otros componentes, como son, otros residuos especiales (en el ejercicio actual solo se contabilizaron residuos químicos), viajes en avión de empleados, uso de refrigerantes en los edificios y laborato-

rios de los campus, generación de aguas residuales y sus sistemas de tratamiento, entre otros. 3) Con la inclusión de otros componentes, por ejemplo, el uso de refrigerantes; es importante evaluar también la posibilidad de incluir otros GEI dentro del cálculo, como son los compuestos halogenados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales y al Sistema de Gestión Ambiental (SGA), por medio del proyecto “Afianzamiento de la gestión ambiental sostenible en los campus de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales”. Asimismo, a las dependencias que contribuyeron con el suministro de información.

## **REFERENCIAS**

Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS, Universidad Nacional de Colombia – UNAL Sede Manizales (2020). Aplicación de herramientas de simulación atmosférica en el estudio de la calidad del aire en Manizales. Convenio 107-2018. Manizales, Colombia.

Fundación Natura (2014). Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero / Catacolí, Alejandra (consultora). Bogotá, D.C. Colombia, Fundación Natura; CAEM.

Fundación Natura (2016). Reporte de huella de carbono corporativa. Bogotá D.C. Colombia, Fundación Natura; CAEM.

García de Alba (2021). Reportes de resultados de estimación de HC en Universidades presentados en el Encuentro Nodo Caribe, Red Ambiental de Universidades Sostenibles.

Greenhouse Gas Protocol. Global Warming Potential Values. Recuperado el 20 de marzo de 2021 de [https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf)

Ministerio para la Transición Ecológica – MITECO. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Recuperado el 5 de marzo de 2021 de [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)

National Aeronautics and Space Administration – NASA. Global climate change. Recuperado el 1 de marzo de 2021 de <https://climate.nasa.gov/>.

Norma técnica colombiana NTC-ISO-TS 14067:2018. Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación y comunicación.

Norma técnica colombiana NTC-ISO 14064-1:2020. Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

Oficina de Gestión Ambiental – OGA (2020). Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Sede, Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

Secretaría Distrital de Ambiente – SDA (2015). Guía para el cálculo y reporte de la Huella de Carbono Corporativa. Bogotá, Colombia.

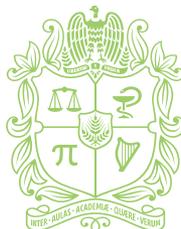
Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Calculadora FECOC (2016). Disponible en [http://www.upme.gov.co/calculadora\\_emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html)

Incombustión-Natura (2016). Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos- FECOC. Medellín, Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del SIN. Recuperado el 15 de marzo de 2021 de <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>

World Business Council for Sustainable Development - WBCSD, World Resources Institute – WRI (2001). Protocolo de Gases Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Edición revisada. México.

World Resources Institute – WRI (2014). Estándar de Política y Acción. Greenhouse Gas Protocol. EE.UU.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

Instituto de Estudios Ambientales - IDEA -  
Teléfono: 8879300 Ext. 50190  
Cra 27 #64-60 / Manizales - Caldas  
<http://idea.manizales.unal.edu.co>  
[idea\\_man@unal.edu.co](mailto:idea_man@unal.edu.co)

**Edición, Diseño y Diagramación:** IDEA Sede Manizales  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales