



# 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno". Emisiones generadas y evitadas

## 5th National and 1st International Congress of Environmental Sciences "Environmental Sciences in the Anthropocene". Emissions generated and avoided

Ana María Serna-Benavides<sup>1</sup> ; Luz Piedad Romero-Duque<sup>1</sup> ; Jorge Enrique Molina-Zambrano<sup>1</sup> ; Fabio Nelson Guerrero-Archila<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia, e-mail: anaserna@udca.edu.co; luz.romero@udca.edu.co; jmolina@udca.edu.co; faguerrero@udca.edu.co

\*autor de correspondencia: luz.romero@udca.edu.co

**Cómo citar:** Serna-Benavides, A.M.; Romero-Duque, L.P.; Molina-Zambrano, J.E.; Guerrero-Archila, F.N. 2022. 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno". Emisiones generadas y evitadas. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2160. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2160>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** noviembre 15 de 2021

**Aceptado:** mayo 19 de 2022

**Editado por:** Raquel Rojas Rodríguez

### RESUMEN

Las actividades académicas, como los congresos, son muy importantes para la investigación y el desarrollo; sin embargo, las emisiones de carbono derivadas de la realización de eventos presenciales han mostrado estar muy por encima de las que producen eventos en línea. El objetivo de este trabajo fue estimar las emisiones generadas por el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno", celebrado virtualmente, en su mayor parte. Se estimaron las emisiones del uso directo de computadores y de software (emisiones de los computadores, emisiones de la transferencia de los datos) y las emisiones de otras fuentes (reuniones de los organizadores, búsquedas y visitas a la página Web, uso de monitores externos y lámparas), así como las emisiones evitadas por transporte aéreo y terrestre. El congreso emitió 4,8 tCO<sub>2</sub>eq y evitó 33 tCO<sub>2</sub>eq. El desarrollo de eventos online o híbridos es más sostenible ambientalmente y podría ser más accesibles, a un mayor número de personas.

Palabras clave: Emisiones de carbono; Factor de conversión de emisiones; Factor marginal de emisión; Gases de Efecto Invernadero; Huella de carbono.

### ABSTRACT

Academic activities such as conferences are very important for research and development, however, carbon emissions derived from face-to-face events have been shown to be much higher than those produced by online events. The aim of this work was to estimate CO<sub>2</sub> emissions generated by the 5th National Congress and 1st International Congress of Environmental Sciences "Environmental Sciences in the Anthropocene". Emissions from direct use of computers and software (emissions from computers, emissions from data transfer) and emissions from other sources (meetings of the organizers, searches and visits to the website, use of external monitors and lamps), as well as emissions avoided by air and land transport. The congress emitted 4.8 tCO<sub>2</sub>eq and avoided 33 tCO<sub>2</sub>eq. The development of online or hybrid events is more environmentally sustainable and could be more accessible to a greater number of people.

Keywords: Carbon emissions; Carbon footprint; Emission conversion factor; Greenhouse gases, Marginal Emission Factor.

## INTRODUCCIÓN

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero sigue siendo muy baja y aunque los gobiernos están comenzando a tomar acción es necesario que los individuos y las comunidades, también lo hagan. En el caso de las comunidades científicas, de acuerdo con Nathans & Sterling (2016), señalan que una de las formas que más huella de carbono genera la actividad científica es el uso de refrigeradores, congeladores y otros equipamientos similares. Los autores señalan que un laboratorio de 7 a 10 personas puede generar más de 20 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> al año; sin embargo, es muy difícil reducir esta huella de carbono, sin sacrificar la generación de conocimiento necesaria y útil para la humanidad. Por su parte, Achten *et al.* (2013) señalan que un proyecto doctoral tiene una huella de 21,5 tCO<sub>2</sub>-eq, de los cuales, la movilidad representa 75 % (la asistencia a conferencias 35 % y las emisiones relacionadas con la infraestructura 20 % del impacto total).

Las actividades académicas, como los congresos, son muy importantes para la investigación y el desarrollo, pues son espacios en donde los profesionales intercambian sus hallazgos y experiencias (Leochico *et al.* 2021); no obstante, y de igual manera que los laboratorios, los eventos presenciales producen altas emisiones de carbono (Quinton, 2020); por ejemplo, se estima que en viajes de clase económica en un avión comercial, cada 10 kilómetros, se emite 1 kgCO<sub>2</sub>/pasajero, aproximadamente (Nathans & Sterling, 2016). Entre el 4 y el 5 % de las emisiones globales, cada año, provienen de los viajes en avión (Larsson *et al.* 2019). A la huella por viajes en avión se suman otros factores, como el alojamiento y las necesidades alimentarias, así como el uso de equipos audiovisuales y la impresión o elaboración de artículos de un solo uso, como folletos, cordones, carteles y envases de bebidas que, también, tienen una huella ecológica (Milford *et al.* 2021).

La literatura demuestra las importantes reducciones de emisiones derivadas de la realización de reuniones en línea, en comparación con las presenciales, en diversas circunstancias; por ejemplo, Guerin (2017) reportó un ahorro de, al menos, 100.000 kgCO<sub>2</sub>, en un ensayo en el que comparó los costos y las emisiones de realizar reuniones presenciales y mediante teleconferencia en una empresa, mientras que Oliveira *et al.* (2013), registraron una reducción de 445 tCO<sub>2</sub>eq, al realizar teleconsultas médicas, en Alentejo (Portugal). Los costos de las diferentes formas de reunirse dependen de muchos factores, como la distancia recorrida, la duración de la reunión y las tecnologías utilizadas. De manera general, Ong *et al.* (2014) reportaron que las reuniones que se realizan por videoconferencia consumen máximo el 7 % de la energía/carbono que consume una reunión en persona.

Los estudios, generalmente, vinculan factores de conversión de emisiones, a medida del uso de energía de la infraestructura de red y el uso de energía de computadoras y de equipo periférico (Toffel & Horovath, 2004; Ong *et al.* 2014); estas son acciones realizadas cuando se llevan a cabo las videoconferencias, como

utilizar documentos digitales o beber líquidos, es decir, dinero sufragado en cosas que no se habrían gastado, de otra manera (Takahashi *et al.* 2006; Matsuno *et al.* 2007) y como los viajes a ubicaciones, para permitir teleconferencias (Oliveira *et al.* 2013), entre otros.

El factor de conversión de emisiones es un término utilizado para comparar el impacto ambiental de diferentes combustibles o actividades o sectores, en términos de contaminantes emitidos. La intensidad de carbono es la expresión que se utiliza para comparar las emisiones de diferentes fuentes de energía eléctrica, en el que solo se consideran las emisiones de CO<sub>2</sub> y se excluyen otros contaminantes. La intensidad de carbono de la electricidad es una medida de la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, que se producen por kWh de electricidad consumida (Aujoux *et al.* 2021).

Siendo coherentes con la preocupación actual por el cambio climático y, además, por la situación generada por la pandemia global por Covid-19, la Red Colombiana de Formación Ambiental RFCA y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, organizaron del 5º Congreso Nacional y 1º Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”, en línea, mediante la plataforma Zoom, cuyos servicios ha aumentado drásticamente, por las medidas de distanciamiento social por la pandemia (Warren, 2020). Debido al enfoque ambiental del Congreso, se propuso como objetivo estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, con miras a posibles compensaciones de este y próximos eventos. Este artículo describe el proceso de estimación de estas emisiones, siguiendo el marco teórico propuesto por Faber (2021), así como de las que se evitaron por concepto de desplazamiento de los participantes, desde sus lugares de origen, con base en el costo de viaje evitado (transporte aéreo y terrestre), en kgCO<sub>2</sub>eq.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La organización del 5º Congreso Nacional y 1º Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”, se inició en 2019 y debido al Covid-19, a partir de marzo de 2020, las reuniones preparativas se adelantaron en línea; el Congreso, se realizó entre el 20 y el 24 septiembre de 2021. El 20 y 21, se llevaron a cabo los cursos y los talleres pre-congreso y entre el 22 y el 24 de septiembre, las actividades propias del Congreso (Conferencias magistrales, sesiones de ponencias y póster y sesiones de networking). En total, se contó con la participación de 235 asistentes, de 116 instituciones (80 nacionales, 36 internacionales). El staff estuvo conformado por 34 personas, para un total de 269 participantes.

Para la estimación de la huella de carbono del Congreso, se siguió el marco teórico propuesto por Faber (2021), que fundamenta la estimación de las emisiones del uso directo de computadores y de software (emisiones de los computadores, emisiones de la transferencia de los datos) y emisiones de otras fuentes (reuniones de los organizadores, búsquedas y visitas a la página Web, uso de monitores externos y lámparas). Como actividades previas al Congreso, se realizaron cinco seminarios Web, para los cuales,

también se midió la huella de carbono, pero, en este caso, solo se usó, como parámetro, las emisiones del uso directo de computadores y de software. Finalmente, se estimó el costo de viaje evitado (transporte aéreo y terrestre), en kgCO<sub>2</sub>eq de los participantes, si el Congreso hubiera sido presencial.

**Emisiones del uso directo de computadores.** Las emisiones del uso directo de computadores se definieron como aquellas que surgen del uso de energía del computador y las emisiones incorporadas en su ciclo de vida; se obtuvieron los datos directos de fabricantes. Para los que no se tuvieron datos directos, el valor se obtuvo del factor de conversión de 0,6 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh. Este factor, se basó en la cifra de la Agencia Internacional de Energía sobre la emisión de CO<sub>2</sub>, derivada de la generación mundial de electricidad, de 0,5 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh (IEA, 2011), con un adicional de 0,1 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh, atribuido a la cadena de suministro de combustible y de infraestructura, para la distribución de energía, pérdidas en distribución y gestión de residuos (Raghavan & Ma, 2011). Para elaborar los cálculos, se midieron las emisiones asociadas al uso de computadores por parte de los participantes en la conferencia y de los organizadores. Los datos de los participantes se obtuvieron mediante una encuesta, en la que se preguntó sobre el uso de computadores y otros elementos. El 34 % de los participantes respondieron (80 de 235 participantes). La mayoría de los encuestados usaron computadoras portátiles para participar del congreso; el 30 %, usó HP (HP, 2021); el 21,2 %, Lenovo (Lenovo, 2021b); el 11,2 %, Apple (Apple, 2021) y 11,2 %, Asus (ASUS, 2021); los demás usaron otras marcas, como Dell (Dell, 2021) y Acer (Acer, 2021). Los organizadores (34) usaron computadores de escritorio Lenovo M73t, con pantalla L197W (Lenovo, 2021b). Para la estimación de las emisiones del uso de computadores se usó la ecuación:

$$P_c * E_c * \frac{H_c}{Y * 365,25 * H_d}$$

Donde, P<sub>c</sub> = número de participantes (computadores); E<sub>c</sub> = emisiones de los computadores (kgCO<sub>2</sub>eq/computador); H<sub>c</sub> = duración de la conferencia en horas; Y = años de vida útil de los computadores; H<sub>d</sub> = horas diarias de uso de los computadores (hora/día). En este Congreso, P<sub>c</sub> = 269; E<sub>c</sub> = 342 (se obtuvo del promedio de las emisiones del ciclo de vida de los computadores); H<sub>c</sub> = 52,5 horas; Y = 4,7 años; H<sub>d</sub> = 10,5 horas, suponiendo que participaron de todas las actividades diarias del Congreso. La constante 365,25 corresponde al número de días del año.

**Emisiones de la energía para la transferencia de datos.** La intensidad energética de transferencia de datos se definió como el costo de energía por gigabyte de transmisión de datos (kgCO<sub>2</sub>eq/kWh). La intensidad energética, se calculó dividiendo la potencia operativa de Internet (Watts) por el flujo de datos de Internet (bits por segundo). El resultado final fue una estimación de la intensidad energética operativa media de Internet (Taylor & Koomey, 2008), el cual, se obtuvo mediante la ecuación:

$$P_c * E_e * P_c * I * D * H_c * \frac{3600 \text{ seg/h}}{8000 \text{ Mb/GB}}$$

Donde, P<sub>c</sub> = número de participantes (computadores); E<sub>e</sub> = emisiones de la electricidad (kgCO<sub>2</sub>eq/kWh); I = intensidad de la energía de internet (kWh/GB); D = tasa de transferencia de datos (Mbps/computador); H<sub>c</sub> = duración del congreso (horas). En este Congreso, P<sub>c</sub> = 269 participantes; E<sub>e</sub> = 0,166 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh, obtenido de la Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del Factor Marginal de Emisión de Gases de Efecto (UPME, 2020). Este valor representa las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de electricidad promedio de Colombia, dado que la mayoría de los participantes estaban radicados en Colombia; I = 0,64 kWh/GB, con base en Jensen (2019); D = 5,5 Mbps/computador (Zoom, 2021) y H<sub>c</sub> = 52,5 horas. El cociente 3600/8000 es una constante necesaria para obtener las unidades (kWh /GB).

**Emisiones del uso de energía de los servidores.** Siguiendo a Faber (2021), se contabilizó el uso de un servidor dedicado completamente al Congreso. Las emisiones del uso de servidores se definieron como las emisiones que surgen de la energía necesaria para el funcionamiento del servidor y se obtuvo mediante la ecuación:

$$E_e * S * W_s * H_c$$

Donde, E<sub>e</sub> = kgCO<sub>2</sub>eq/kWh; S = número de servidores; W<sub>s</sub> = tasa de energía de los servidores (kW/servidor); H<sub>c</sub> = duración del congreso (horas). En este Congreso, E<sub>e</sub> = 0,43 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh, valor para Estados Unidos, dado que los servidores de Zoom se encuentran localizados allí; S = 1, servidor (Faber, 2021); W<sub>s</sub> = 0,594 kW/servidor (Faber, 2021) y H<sub>c</sub> = 52,5 horas.

**Emisiones de las reuniones de los organizadores.** En este apartado, se tuvieron en cuenta no solo las reuniones durante el Congreso sino las reuniones previas al mismo. Las emisiones de las reuniones se estimaron sobre la base de los valores de las fórmulas anteriores, siguiendo la ecuación:

$$O * \left( P_o * E_c * \frac{H_o}{Y * 365,25 * H_d} \right) + \left( P_o * E_e * I * D * H_o * \frac{3600 \text{ seg/h}}{8000 \text{ Mb/GB}} \right) + (E_e * S * W_s * H_o)$$

Donde, O = número de reuniones de los organizadores; P<sub>o</sub> = número de participantes en las reuniones de los organizadores; E<sub>c</sub> = emisiones de los computadores (kgCO<sub>2</sub>eq/computador); H<sub>o</sub> = duración de las reuniones de los organizadores (horas); Y = años de vida útil de los computadores; H<sub>d</sub> = horas diarias de uso de los computadores (horas/día); E<sub>e</sub> = emisiones de la electricidad (kgCO<sub>2</sub>eq/kWh); I = 0,64 kWh/GB, con base en Jensen (2019); D = tasa de transferencia de datos (Mbps); S = número de servidores; W<sub>s</sub> = tasa de energía de los servidores (kW/servidor), artículo base. En este Congreso, O = 21 reuniones; P<sub>o</sub> = 109 participantes; E<sub>c</sub> = 342, se obtuvo del promedio de las emisiones del ciclo de vida de los computadores; H<sub>o</sub> = 10,5 horas; Y = 4,7 años; H<sub>d</sub> = 8 horas; E<sub>e</sub> = 0,166 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh, obtenido de la Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del Factor Marginal de Emisión de Gases de Efecto (UPME, 2020); I = 0,64 kWh/GB, con base en Jensen

(2019);  $D = 5,5$  Mbps/computador (Zoom, 2021);  $S = 1$  servidor;  $W_s = 0,594$  kW, tasa de energía de los servidores (kW/servidor).

**Consultas en motores de búsqueda.** El número de consultas se obtuvo de Google Analytics, el cual, se multiplicó por el valor de emisión de Google (2009). Para la estimación, se usó la ecuación:

$$Q * E_q$$

Donde,  $Q$  = número de consultas;  $E_q$  = emisiones de las consultas (kgCO<sub>2</sub>eq/consulta). En este Congreso,  $Q = 50020$  consultas y  $E_q = 0,0002$  kgCO<sub>2</sub>eq/consulta.

**Emisiones de la energía por el uso de monitores adicionales.** Doce de los 80 participantes que respondieron la encuesta usaron monitores adicionales durante el Congreso. En la encuesta, no se especificó el tipo de monitor que usaron, por lo que se supuso que la mayoría fue Lenovo estándar (Lenovo, 2021a). La estimación de las emisiones por el uso de monitores adicionales se realizó usando la ecuación:

$$M * E_m * \frac{H_c}{Y * 365,25 * H_d}$$

Donde,  $M$  = uso de monitores adicionales;  $E_m$  = emisiones de los monitores adicionales (kgCO<sub>2</sub>eq/monitor);  $H_c$  = duración del congreso (horas);  $Y$  = años de vida útil del monitor;  $H_d$  = uso diario del monitor (horas/día). En este Congreso,  $M = 12$  monitores;  $E_m = 485$  (kgCO<sub>2</sub>eq/monitor);  $H_c = 52,5$  horas;  $Y = 5$  años (Lenovo, 2021a);  $H_d = 10,5$  horas, suponiendo que participaron de todas las actividades diarias del Congreso.

**Emisiones de energía por el uso de lámparas adicionales.** Diez de los 80 participantes respondieron que usaron lámpara de escritorio durante el Congreso. En la encuesta, no se especificó el tipo de lámpara, por lo que se supuso que la mayoría fue led de 14 kW (Philips, 2021). Para el cálculo de las emisiones derivadas del uso de lámparas durante el Congreso, se usó la ecuación:

$$L * W_l * H_c * E_e$$

Donde,  $L$  = número de lámparas en uso;  $W_l$  = tasa de energía de la lámpara (kW/lámpara);  $H_c$  = duración del congreso (horas);  $E_e$  = emisiones de electricidad (kgCO<sub>2</sub>eq/kWh). En este Congreso,  $L = 10$  lámpara;  $W_l = 0,5$  kW/lámpara;  $H_c = 52,5$  horas y  $E_e = 0.166$  kgCO<sub>2</sub>eq/kWh, obtenido de la Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del Factor Marginal de Emisión de Gases de Efecto (UPME, 2020).

**Visitas a la página Web.** Para este Congreso, se diseñó un sitio Web en línea, que albergó un sistema de pagos por la pasarela Epayco; luego del pago, los participantes adquirieron un usuario y contraseña de ingreso para un Dashboard, con enlaces a las actividades, que se desarrollaron en la plataforma Zoom. Para el cálculo de las emisiones de las visitas al sitio Web, se utilizó el número de visitas, obtenido de Google Analytics, el cual, se multiplicó por el valor obtenido

de la Website Carbon Calculator (Wholegrain Digital, 2021). Esta página calcula los gramos de CO<sub>2</sub>eq derivados de la transferencia de datos por cable, la intensidad energética de los datos de la Web, la fuente de energía utilizada por el centro de datos, la intensidad de carbono de la electricidad y el tráfico del sitio. Para ello, se usó la ecuación:

$$\sum_{i=1} V_i * E_{v_i}$$

Donde,  $V_i$  = número visitas en la web y  $E_{v_i}$  = emisiones por visita a la página web (kgCO<sub>2</sub>eq/visita). En este Congreso,  $V_i = 20874$  visitas y  $E_{v_i} = 0,0151$  (kgCO<sub>2</sub>eq/visita).

**Costo de viaje evitado.** Las emisiones derivadas de viajes aéreos para asistir al Congreso, si hubiera sido presencial, se obtuvieron para todos los participantes internacionales y para aquellos nacionales quienes radican en ciudades, desde donde hay vuelos hacia Bogotá, suponiendo que todos viajarían en avión. La estimación se realizó en la Calculadora de Emisiones de Carbono de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO Environment, 2021). Esta calculadora tiene en cuenta las distancias y el factor de carga y se basa solo en las operaciones de los pasajeros (es decir, no se considera el consumo de combustible asociado con el transporte de mercancías en el interior). Los pasos para la estimación de las emisiones de kgCO<sub>2</sub>eq por pasajero, se basan en la estimación del consumo de combustible de la aeronave, el consumo de combustible de los pasajeros (factor de pasajeros/carga que se deriva de los datos RTK), el cálculo de asientos ocupados suponiendo que todos los aviones están configurados íntegramente con asientos en clase económica (Asiento ocupado = Asientos totales\*Factor de carga) y las emisiones de kgCO<sub>2</sub>eq por pasajero [(consumo de combustible de los pasajeros\*3,16)/asiento ocupado]. Las emisiones derivadas de viajes terrestres se obtuvieron de la calculadora de la iniciativa CeroCO<sub>2</sub>, creada por la alianza de ONGs ECODES y Accionatura de España (CeroCO<sub>2</sub>, 2021), para aquellos participantes que radican en municipios desde donde no hay vuelos a Bogotá, suponiendo que viajan en transporte público intermunicipal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pandemia Covid-19 hizo que los académicos adoptaran rápidamente herramientas digitales para el desarrollo de conferencias, congresos y reuniones, mediante tecnologías, que mostraron que pueden sustituir, adecuadamente, las de carácter presencial (Schwarz *et al.* 2020). Esto ocurrió con el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno” que, por primera vez, se realizó en línea; pero, además de la pandemia, la necesidad de disminuir la huella ecológica de estos eventos ha sido urgente (Royal Geogr. Soc., 2006; Holden *et al.* 2017), por lo que han proliferado estudios que estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> de este tipo de eventos (Ong *et al.* 2014; Guerin, 2017; Bousema *et al.* 2020; Burtscher *et al.* 2020; Jäckle, 2021; Rockwell *et al.* 2021).

En el caso del 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”,

incluyendo los seminarios Web precongreso y las actividades propias del Congreso, se estimó un total de 4,8 tCO<sub>2</sub>eq emitidas (Figura 1). En ambos casos, el mayor porcentaje de emisiones se debió a la transferencia de datos en la red, 81 %, en el Congreso y 59 %, en los seminarios Web precongreso (Figura 1), lo que coincide con Burtscher *et al.* (2020), Faber (2021) y Jäckle (2021), para quienes la mayor contribución a las emisiones fue de la transferencia de datos y la energía para el uso de equipos/dispositivos de los participantes.

Este trabajo siguió la metodología propuesta por Faber (2021), quien estimó las emisiones para la primera conferencia virtual de la comunidad de redes de eliminación de carbono de AirMiners. Esta fue una conferencia de 6 horas, con la participación de 207 personas, que emitió 1,3 tCO<sub>2</sub>eq, incluso, muy por encima de las emisiones estimadas para los cinco seminarios Web precongreso, de este trabajo (220 kgCO<sub>2</sub>eq) que, en conjunto, duraron seis horas y contaron con poco más de 200 participantes.

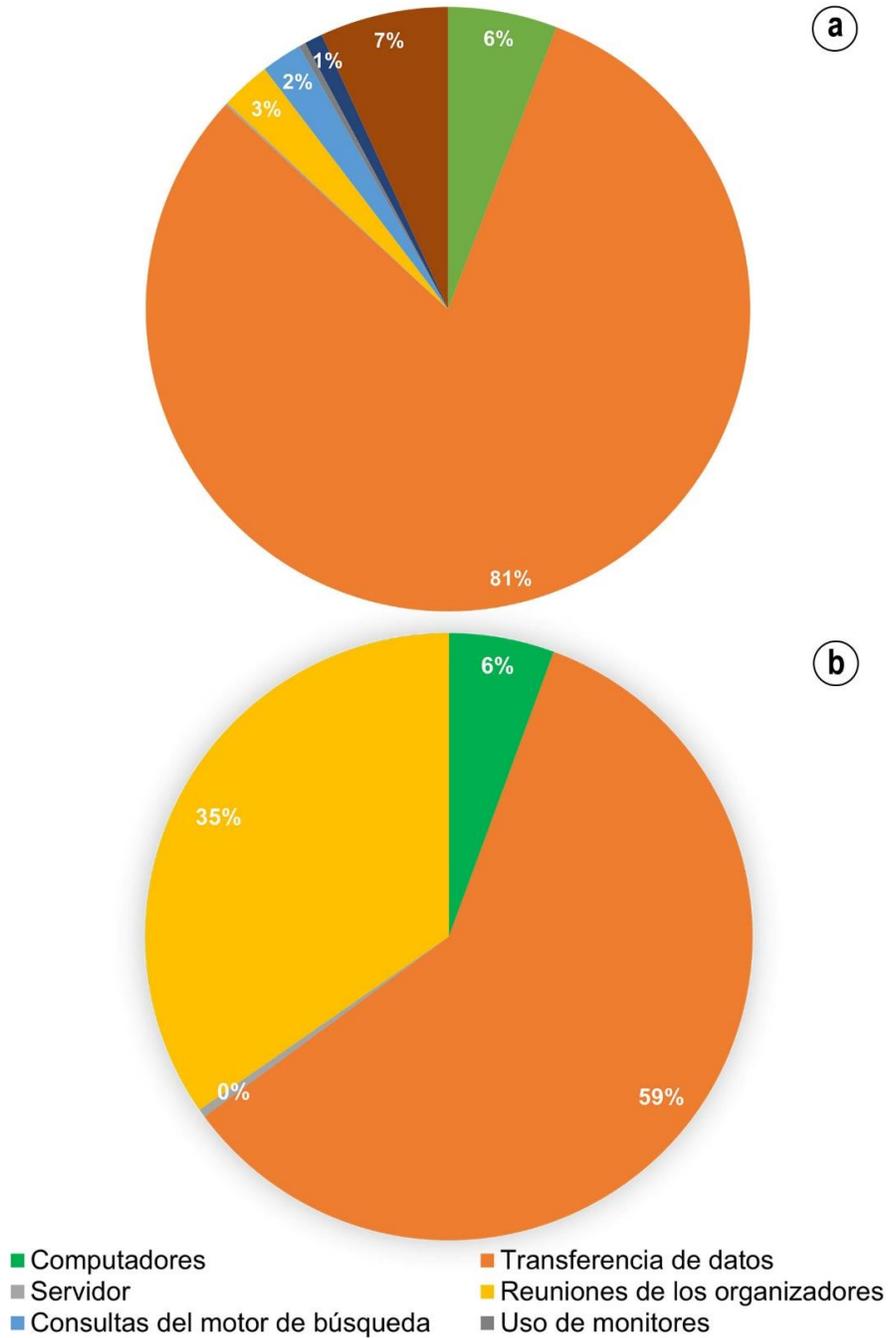


Figura 1. Distribución porcentual de los factores que contribuyeron a las emisiones de carbono (kgCO<sub>2</sub>eq). a) 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”; b) seminarios Web precongreso.

Las estimaciones de las emisiones de carbono se basan, en su mayoría, en el consumo de electricidad, especialmente, la relacionada con el uso de equipos de los participantes y de los organizadores y con el uso de servidores, que permiten la transferencia de datos (Jäckle, 2021), por lo que las comparaciones directas, no son adecuadas. Esto, porque la fuente energética varía, incluso, dentro de un mismo país; por ejemplo, la Agencia Europea del Ambiente (EEA, 2021) muestra variaciones en la producción de 1kWh de electricidad en países europeos, que van de 58 gCO<sub>2</sub>, en Francia, a 773 gCO<sub>2</sub>, en Polonia. La conferencia de AirMiners, se llevó a cabo en Estados Unidos, cuya fuente energética es el carbón, lo que puede explicar el valor alto de emisión, en comparación con el presente trabajo. Adicionalmente, para los seminarios Web precongreso, no se tuvieron en cuenta algunos aspectos de la medición que Faber (2021) sí estimó, lo que también podría explicar las diferencias.

Aún existe mucha controversia por la forma en la que se estiman las emisiones de carbono de Internet. Aunque, la mayoría de ellas se basa en la energía consumida por actividades desarrolladas en la Web y el uso de equipos, se pueden encontrar diferencias elevadas en las emisiones en eventos de similares; a modo de ejemplo, el congreso de este estudio tuvo una duración de 5 días y participaron 269 personas, emitiendo 4,8 tCO<sub>2</sub>eq, mientras que la Conferencia Anual de la Sociedad Europea de Astronomía en Lion (Francia), realizada en 2020, tuvo la misma duración, pero con mayor número de participantes (1.777) y emitió solo 581,6 kgCO<sub>2</sub>eq (Burtscher *et al.* 2020). A diferencia del presente estudio, Burtscher *et al.* (2020) solo estimaron las emisiones relacionadas con la red, los portátiles y el servidor de Zoom.

Por otro lado, en otros estudios, se han estimado las reducciones de las emisiones de eventos presenciales frente a aquellos de carácter virtual o en línea y, algunos de ellos, se centran en estimar las emisiones generadas por el transporte hacia la sede del evento (Nathans & Sterling, 2016; Larsson *et al.* 2019; Quinton, 2020; Leochico *et al.* 2021; Van Ewijk & Hoekman, 2021). Si el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno” hubiera sido presencial, las emisiones estimadas por transporte habrían sido de 33,1 tCO<sub>2</sub>eq, con un total de 373.704 km, recorridos en transporte aéreo y 1.497 km, en transporte terrestre (Figura 2); este resultado indica que el Congreso dejó de emitir 28,3 tCO<sub>2</sub>eq. Dado que esta es la primera vez que se realiza la medición en este congreso, no se cuenta con datos de emisiones de los eventos previos presenciales, con los cuales, se puedan hacer comparaciones directas; sin embargo, existen algunos aspectos que se podrían tener en cuenta en el futuro; por ejemplo, las emisiones derivadas de la producción de los materiales que se entregan en eventos presenciales o las derivadas del alojamiento, la alimentación y los desplazamientos terrestres (hotel – evento/visitas/salidas de campo/turismo – hotel). Estas actividades no se realizan en eventos no presenciales o, en el caso de los materiales, se pueden convertir en correos electrónicos, por lo tanto, un mayor uso de computadoras, aunque no necesariamente, en mayores emisiones.

Las reuniones científicas presenciales suponen elevados costos de transporte y alojamiento, por lo que muchas personas no pueden participar. Aun cuando los eventos en línea y virtuales tienen muchas barreras que enfrentar (acceso o falta de confiabilidad de la tecnología, efectividad y seguridad de la comunicación y la

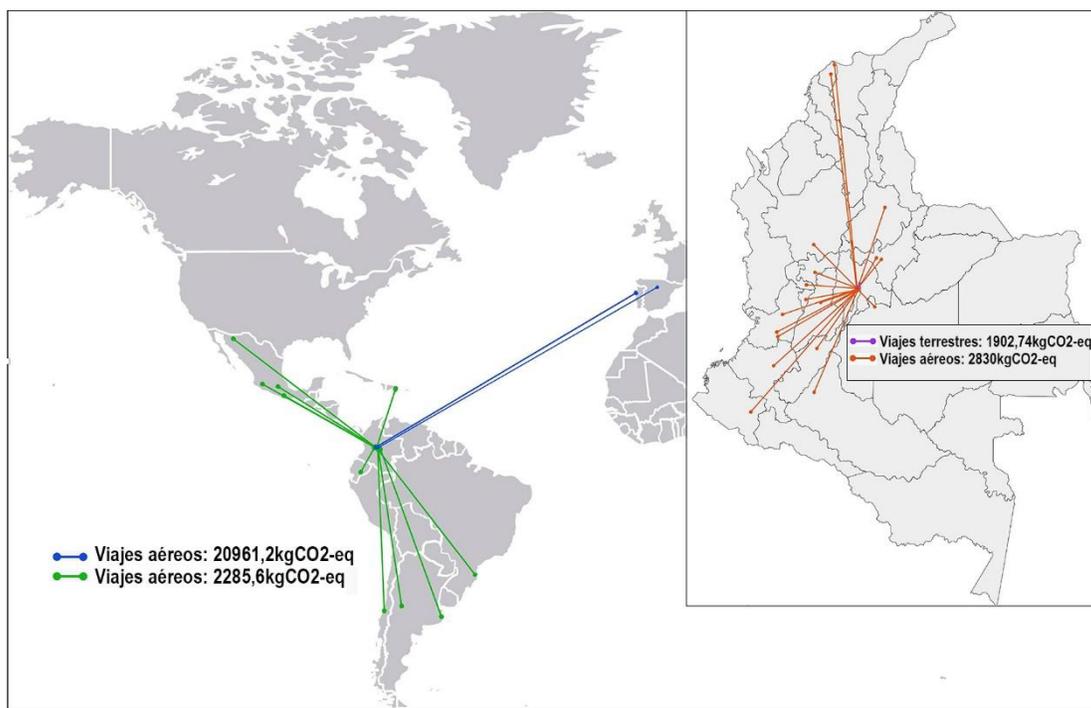


Figura 2. Estimación de emisiones de carbono (kgCO<sub>2</sub>eq) derivadas del transporte aéreo y terrestre, si el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno” hubiese sido presencial.

creación de redes en línea) (Fraser *et al.* 2017), además de ser más sostenibles ambientalmente, también son eventos más inclusivos, pues, también, se reducen los costos de participación.

Los resultados de este estudio sirven para que los organizadores de este y otros congresos evalúen la posibilidad de continuar haciendo este tipo de eventos de manera híbrida o totalmente en línea, de tal manera, que se reduzcan las emisiones de carbono, especialmente, aquellos eventos que tienen una connotación ambiental, como el Congreso Nacional de Ciencias Ambientales. Un evento híbrido permite que las personas radicadas en la ciudad sede del evento puedan congregarse en un mismo sitio, disminuyendo el uso de energía de computadores y de transferencia de datos, que son los componentes que más emiten, de acuerdo con los resultados de este estudio o, al menos, se compensen con las emisiones por transporte terrestre; pero se debe tener en cuenta, también, no incurrir en emisiones derivadas de otras actividades que no se llevarían a cabo, si el evento fuera totalmente en línea, a saber, la elaboración de material de promoción del evento (maletines, libretas, pocillos y escarapelas, entre otros). De igual manera, los resultados de este estudio permiten reflexionar sobre la necesidad de buscar proveedores de servicios digitales o de transporte, que ofrezcan alternativas más eficientes, desde un punto de vista energético.

**Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## REFERENCIAS

- ACER. 2021. Greenpeace guide to greener electronics-2017. Disponible desde Internet en: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/greener-electronics-2017/> (con acceso el 29/10/2021).
- ACHTEN, W.M.J.; ALMEIDA, J.; MUYS, B. 2013. Carbon footprint of science: More than flying. *Ecological Indicators*. 34:352-355. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2013.05.025>
- APPLE. 2021. Product environmental report. 16-inch MacBook Pro. Disponible desde Internet en: [https://www.apple.com/environment/pdf/products/notebooks/16-inch\\_MacBookPro\\_PER\\_Nov2019.pdf](https://www.apple.com/environment/pdf/products/notebooks/16-inch_MacBookPro_PER_Nov2019.pdf) (con acceso el 29/10/2021).
- ASUS. 2021. ASUS corporate social responsibility. Disponible desde Internet en: <https://csr.asus.com/english/article.aspx?id=1736> (con acceso el 29/10/2021).
- AUJOUX, C.; KOTERA, K.; BLANCHARD, O. 2021. Estimating the carbon footprint of the GRAND project, a multi-decade astrophysics experiment. *Astroparticle Physics*. 131:102587. <https://doi.org/10.1016/J.ASTROPARTPHYS.2021.102587>
- BOUSEMA, T.; SELVARAJ, P.; DJIMDE, A.A.; YAKAR, D.; HAGEDORN, B.; PRAIT, A.; BARRET, D.; WHITFIELD, K.; COHEN, J.M. 2020. Perspective piece reducing the carbon footprint of academic conferences: The example of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 103(5):1758-1761. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.20-1013>
- BURTSCHER, L.; BARRET, D.; BORKAR, A.P.; GRINBERG, V.; JAHNKE, K.; KENDREW, S.; MAFFEY, G.; MC-CAUGHREAN, M.J. 2020. The carbon footprint of large astronomy meetings. *Nature Astronomy*. 4(9): 823-825. <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1207-z>
- CEROCO2. 2021. CeroCO<sub>2</sub> - Calcula tu huella de carbono. Disponible desde Internet en: <https://www.ceroco2.org/soluciones-ceroco2/calculo-huella-de-carbono> (con acceso el 29/10/2021).
- DELL, T. 2021. Product Carbon Footprints Dell Technologies US. Disponible desde Internet en: <https://corporate.delltechnologies.com/en-us/social-impact/advancingsustainability/sustainable-products-and-services/product-carbon-footprints.htm#tab0=0> (con acceso el 29/10/2021).
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA. 2021. CO<sub>2</sub>-emission intensity from electricity generation - European Environment Agency. Disponible desde Internet en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/sds/co2-emission-intensity-from-electricity-generation-5/@@view> (con acceso el 29/10/2021)
- FABER, G. 2021. A framework to estimate emissions from virtual conferences. *International Journal of Environmental Studies*. 78(4):608-623. <https://doi.org/10.1080/00207233.2020.1864190>
- FRASER, H.; SOANES, K.; JONES, S.A.; JONES, C.S.; MALISHEV, M. 2017. The value of virtual conferencing for ecology and conservation. *Conservation Biology*. 31(3):540-546. <https://doi.org/10.1111/COBI.12837>
- GOOGLE. 2009. Powering a Google search. Disponible desde Internet en: <https://googleblog.blogspot.com/2009/01/powering-google-search.html> (con acceso el 29/10/2021)
- GUERIN, T.F. 2017. A demonstration of how virtual meetings can enhance sustainability in a corporate context. *Environmental Quality Management*. 27(1):75-81. <https://doi.org/10.1002/TQEM.21515>
- HEWLETT-PACKARD COMPANY, HP. 2021. Product Carbon Footprint Reports: Notebooks. Disponible desde Internet en: <https://h22235.www2.hp.com/hpinfo/globalcitizenship/environment/productdata/ProductCarbo>

- nFootprintnotebooks.html (con acceso el 29/10/2021).
16. HOLDEN, M.H.; BUTT, N.; STRINGER, M. 2017. Academic conferences urgently need environmental policies Co-occurrence of dynamic communities View project Pri-oritising threat management for biodiversity View project. *Nature Ecology & Evolution*. 1:1211-1212. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0296-2>
  17. ICAO ENVIRONMENT. 2021. ICAO Carbon emissions calculator. Disponible desde Internet en: <https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx> (con acceso el 29/10/2021).
  18. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. 2011. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion – highlights.
  19. JÄCKLE, S. 2021. Reducing the carbon footprint of academic conferences by online participation: The case of the 2020 Virtual European Consortium for Political Research General Conference. *PS: Political Science & Politics*. 54(3):456–461. <https://doi.org/10.1017/S1049096521000020>
  20. JENSEN, V.P. 2019. Internet uses more than 10 % of the world's electricity. Disponible desde Internet en: <https://www.insidescandinavianbusiness.com/article.php?id=356> (con acceso el 29/10/2021).
  21. LARSSON, J.; ELOFSSON, A.; STERNER, T.; ÅKERMAN, J. 2019. Climate Policy International and national climate policies for aviation: a review. *Climate Policy*. 19(6):787-799. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1562871>
  22. LENOVO. 2021a. Lenovo ThinkVision P24h-20/T24h-20 Product Carbon Footprint.
  23. LENOVO. 2021b. Regulatory Compliance | ECO Declarations | Lenovo US. Disponible desde Internet en: <https://www.lenovo.com/us/en/compliance/eco-declaration/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F> (con acceso el 29/10/2021)
  24. LEOCHICO, C.F.D.; LONGINI DI GIUSTO, M.; MITRE, R. 2021. Impact of scientific conferences on climate change and how to make them eco-friendly and inclusive: A scoping review. *The Journal of Climate Change and Health*. 4:100042. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100042>
  26. MILFORD, K.; RICKARD, M.; CHUA, M.; TOMCZYK, K.; GATLEY-DEWING, A.; LORENZO, A.J. 2021. Medical conferences in the era of environmental conscientiousness and a global health crisis: The carbon footprint of present-er flights to pre-COVID pediatric urology conferences and a consideration of future options. *Journal of Pediatric Surgery*. 56(8):1312–1316. <https://doi.org/10.1016/J.JPESUR.2020.07.013>
  27. NATHANS, J.; STERLING, P. 2016. How scientists can reduce their carbon footprint. *eLife*. 5:e15928. <https://doi.org/10.7554/eLife.15928>
  28. OLIVEIRA, T.C.; BARLOW, J.; GONÇALVES, L.; BAYER, S. 2013. Teleconsultations reduce greenhouse gas emissions. *Journal of Health Services Research & Policy*. 18(4):209-214. <https://doi.org/10.1177/1355819613492717>
  29. ONG, D.; MOORS, T.; SIVARAMAN, V. 2014. Comparison of the energy, carbon and time costs of videoconferencing and in-person meetings. *Computer Communications*. 50:86-94. <https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2014.02.009>
  30. PHILIPS. 2021. A-Shape LED 14A19/LED/827/FR/P/ND 4/4FB. Disponible desde Internet en: [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com) (con acceso el 29/10/2021)
  31. QUINTON, J.N. 2020. Cutting the carbon cost of academic travel. *Nature Reviews Earth and Environment*. 1:13. <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0008-3>
  32. RAGHAVAN, B.; MA, J. 2011. The energy and emergy of the internet. *Proceedings of the 10th ACM Workshop on Hot Topics in Networks*. 1-6.
  33. ROCKWELL, G.; ROSSIER, O.; MIYA, C. 2021. “Greening” academic gatherings: a case for eferences. En: Miya, C.; Rossier, O.; Rockwell, G. (Eds.). *Right research: modelling sustainable research practices in the anthropocene*. f. Open Book Publishers (Cambridge, UK). p.463-510.
  34. ROYAL GEOGR. SOC. 2006. The need for sustainable conferences. *Area*. 38(3):229-230.
  35. SCHWARZ, M.; SCHERRER, A.; HOHMANN, C.; HEIBERG J.; BRUGGER, A.; NUÑEZ-JIMENEZ, A. 2020. COVID-19 and the academy: It is time for going digital. *Energy Research & Social Science*. 68:101684. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2020.101684>
  36. MATSUNO, Y.; TAKAHASHI, K.I.; TSUDA, M.; NAKAMURA, J.; NISHI, S. 2007. Eco-efficiency for Information and Communications Technology (ICT): The state of knowledge in Japan. *Proceeding of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. p.1-5. <https://doi.org/10.1109/ISEE.2007.369091>
  36. TAKAHASHI, K.I.; TSUDA, M.; NAKAMURA, J.; NISHI, S. 2006. Estimation of videoconference performance: Approach for fairer comparative environmental evaluation of ICT services. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. 288-291. <https://doi.org/10.1109/ISEE.2006.1650078>

37. TAYLOR, C.; KOOMEY, J. 2008. Estimating energy use and greenhouse gas emissions of internet advertising. *IMC 2*.
38. TOFFEL, M.; HOROVATH, A. 2004. Environmental implications of wireless technologies: news delivery and business meetings. *Environmental Science & Technology*. 38 (11):2961-2970.  
<https://doi.org/10.1021/es035035o>
39. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME. 2020. Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del factor marginal de emisión de gases de efecto. Disponible desde Internet en: [https://www1.upme.gov.co/Normatividad/385\\_2020.pdf](https://www1.upme.gov.co/Normatividad/385_2020.pdf) (con acceso el 29/10/2021)
40. VAN EWIJK, S.; HOEKMAN, P. 2021. Emission reduction potentials for academic conference travel. *Journal of Industrial Ecology*. 25(3):778-788.  
<https://doi.org/10.1111/JIEC.13079>
41. WARREN, T. 2020. Zoom grows to 300 million meeting participants despite security backlash: People continue to turn to Zoom to keep connected during the pandemic. *The Verge*. Disponible desde Internet en: <https://www.theverge.com/2020/4/23/21232401/zoom-300-million-users-growth-coronavirus-pandemic-security-privacy-concerns-response> (con acceso el 29/10/2021).
42. WHOLEGRAIN DIGITAL. 2021. Website carbon calculator. Disponible desde Internet en: <https://www.websitecarbon.com> (con acceso el 29/10/2021).
43. ZOOM. 2021. Zoom system requirements: Windows, macOS, Linux. Disponible desde Internet en: <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362023-System-Requirements-for-PC-Mac-and-Linux> (con acceso el 29/10/2021).