



7th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION Academic

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Estimación y Gestión de la Huella de Carbono en el Centro de Investigación Santa Lucía (UNIPAZ) (Barrancabermeja, Santander)

ÁVILA ROJAS, O. ^{a*}, PINILLA MARTÍNEZ, L. ^a, RAMIREZ PEÑALOZA, J. ^a

a. Instituto Universitario De La Paz (UNIPAZ)

*omar.avila@unipaz.edu.co

Resumen

El estudio de investigación en mención se realizó en el Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), sede Centro de Investigación Santa Lucía “CISL”, con el objeto de crear la Línea Base de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero “GEI” (metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azufre y nitrógeno, etc.) generadas de forma directa (uso de combustibles fósiles, generación de heces animales) e indirecta (consumo de energía eléctrica) en la Institución, y así mismo, establecer el nivel de afectación atmosférica, mediante la estimación de la huella de carbono (HC) bajo la aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida “ACV”, según la norma NTC-ISO 14040/14044 de 2006 (Software SIMAPRO 7.1®, método de evaluación IMPACT 2002) y la NTC-ISO 14067 del 2013 (método IPCC GWP). El alcance de la evaluación ambiental contempló el consumo energético requerido durante un mes de actividades académicas (1941 individuos) en las diferentes áreas: administrativas (oficinas), biblioteca (biblioteca, auditorios, salas de sistemas, cafeterías), área externa (sector agropecuario, alumbrado público, enfermería), edificio de aulas, plantas eléctricas, combustión de ACPM en transporte y generación de heces (porcino, bovino, equino y avícola). La línea base se creó a partir del levantamiento de información a través de encuestas, visitas a campo y la validación con referentes bibliográficos, en donde se determinó la cuantificación del consumo energético global asociado por el uso de equipos eléctricos y electrónicos para un total de 275491,53 MJ/mes, así como el uso de combustible ACPM para la movilización del personal 5282,39 gal/mes y finalmente la generación de heces de 64,80 kg/día por todas las especies evaluadas. Según el análisis ambiental obtenido por el método IPCC GWP, proyectó el grado de afectación total del poder del calentamiento global (225109 kg CO₂ eq.), en el transcurso del tiempo, para periodos de 20 años (impacto del 55%, equivalente a 124815 kg CO₂ eq.), 100 años (impacto del 28%, equivalente a 61833 kg CO₂ eq.) y 500 años (impacto del 17%, equivalente a 38460 kg CO₂ eq.). La Huella de Carbono mensual estimada por el CISL fue de 31983,14 kg CO₂ eq, equivalente a un per cápita mensual de 15,07 kg CO₂ eq, lo que significa que el CISL tiene mayor capacidad de absorción de CO₂ por los bosques nativo y sembrados, que la misma emisión que se genera (>97% aproximadamente). Para comparar el valor obtenido por la UNIPAZ, se validaron datos correspondientes a la HC per cápita de un colombiano promedio 141,7 kg CO₂ eq. Se evidencia que la emisión per cápita generada por el CISL es mucho menor, debido a que las actividades realizadas dentro de las instalaciones del campus son diferentes y de menor duración que las que se realiza comúnmente en el hogar.

Palabras llave: Huella de carbono, ciclo de vida, GEI, ACV, impactos ambientales.

1. Introducción

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la población actualmente es el cambio climático generado por actividades antrópicas (emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera); dicho fenómeno no se refiere únicamente a un incremento de la temperatura, sino también, a las variaciones

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21st and 22nd - 2018

en las condiciones climáticas del planeta. Generalmente cualquier actividad, producto o servicio relacionados con la satisfacción del ser humano tienen una equivalencia en dióxido de carbono y el Centro de Investigación Santa Lucía no es la excepción; diariamente los estudiantes, maestros y personal que se encuentran dentro de las instalaciones, producen cierto impacto ambiental que, sumado a las emisiones de GEI de la ciudad, contribuyen al incremento del calentamiento global, modificando el equilibrio en la tierra. En pro de establecer el nivel de afectación sobre el medio ambiente, a partir de las emisiones de GEI emitidos de forma directa e indirecta sobre la atmósfera, se decidió contemplar los diferentes estudios nacionales e internacionales, y así extraer los aportes más significativos de los diferentes estudios relacionados a la estimación de la huella de carbono.

El estudio realizado por el programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena a cargo del investigador Torres, fue la implementación de una herramienta web para el cálculo de la huella de carbono para los procesos administrativos y académicos, a través de tecnología JSP, que evaluó las emisiones directas derivadas del uso de la energía y los combustibles, y las indirectas, provenientes de recursos como papel, cartón, hierro, materiales farmacéuticos, etc. La herramienta logró analizar satisfactoriamente el índice generado por el programa, en donde, la HC para el primer semestre del año 2014 fue 674213,4 KgCO₂ mientras para el segundo semestre fue de 733605 KgCO₂. Se observó un aumento de 59391,6 KgCO₂, con este aumento se determinó que el número de personas es fundamental, por eso para mitigar la huella de carbono producida se debe hacer aportes medioambientales con lo que se implementan planes como papel todo en medio magnéticos para contra restar el índice que se generó porque la otra forma es reducir el número de personas en el programa lo cual nunca será viable (Torres, 2015).

Según el estudio realizado por RODAS de la Universidad Rafael Landívar, estimó el indicador de la huella de carbono según la cuantificación de emisiones GEI directa e indirectamente, asociadas por actividades de consumo (agua, papel, energía y movilidad) y de generación de residuos (residuos sólidos) dentro del Campus Central de la Universidad, con base en la Calculadora "Campus Carbon" de Clean-Air Cool Planet, Inc. Se estimó que en el período comprendido entre el año 2007 al año 2012, las emisiones por las distintas fuentes para el año 2007 fueron de 1,267,075.21TMCO_{2eq}, para los años siguientes, las emisiones incrementan en 1.85%, 3.73%, 2.40%, 13.95% y 11.32% respectivamente. (Rodas, 2014).

Otro estudio particular, fue realizado por estudiantes de la Universidad Politécnica de Cartagena (HERMOSILLA et al 2014), el cual consistió en evaluar la problemática ambiental en la (UPCT), a través de la herramienta de gestión ambiental conocida como Huella de Carbono (Hermosilla, 2014). Al igual que el estudio de interés en medir la huella de carbono de la Universidad de Valencia, en relación al diagnóstico, análisis y evaluación de GEI (PUCHADES, DE LA GUARDIA Y PUEBLA et al 2011). Para ello se calculó la huella de carbono a partir de una estimación de las emisiones de CO₂ asociadas a los diferentes consumos realizados en el desarrollo de sus actividades (movilidad diaria, energía, agua, papel y edificación); asimismo se tuvo en cuenta el impacto positivo de la producción fotovoltaica y de la central de cogeneración (María Puchades). Finalmente, se acota el estudio de trabajo de grado realizado por estudiantes de Universidad de Chile sobre el Cálculo Huella de Carbono FCFM, lograron medir la Huella de Carbono correspondiente al período abril 2014-2015, obteniendo 7076,9 toneladas de CO_{2eq} a través de la metodología GHG Protocolo 1 y los requerimientos del APL. (Díaz, 2015). Los estudios presentados con antelación buscan evaluar los gases de efecto invernadero, siendo esto de gran importancia para la realización del presente proyecto. Con base a lo anterior, surge el interrogante de saber si: ¿Mediante la creación de la línea base de las principales fuentes de GEI del campus universitario se puede cuantificar los gases emitidos de forma indirecta, como son: el consumo de energía eléctrica y directamente por el consumo de combustible fósil (ACPM) y la producción de metano por heces de animales? La pregunta anterior permitirá la determinación de los impactos ambientales generados por el CISL y la estimación de la huella de carbono mensual, al igual, que el

establecimiento de mecanismos de divulgación de resultados y las posibles soluciones que conlleven a la minimización de la contaminación generada.

2. Método

A continuación, se hace una descripción clara sobre el desarrollo metodológico ACV:

2.1. Definición del objetivo.

Cuantificar y evaluar los impactos ambientales asociados a las emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas (consumo de energía eléctrica por equipos eléctricos y electrónicos) y fuentes móviles (consumo de combustible para transporte y plantas eléctricas y la generación de heces (bovino, porcino, equino y avícola) que promueven la formación de GEI y por consiguiente la contribución al calentamiento global.

2.2. Definición de alcance.

Estimar la Huella de Carbono con base en los gases de efecto de invernadero generados por las actividades desarrolladas en las instalaciones del Campus Universitario del CISL.

2.3. Unidad funcional.

Se estableció la generación de GEI asociadas en un (1) mes de actividades académicas y administrativas, según el consumo de energía eléctrica (MJ), consumo de combustible (galón) y la generación de heces de animales (kg).

2.4. Límites.

Para la cuantificación y evaluación de impactos, solo se consideraron los linderos que tiene el Centro Universitario de la Paz (324 Hectáreas) y el recorrido desde la ciudad de Barrancabermeja hasta las instalaciones en sus dos trayectorias (ida y regreso: 28 kilómetros).

2.5. Reglas de Exclusión.

En el estudio no se contemplaron las emisiones atmosféricas generadas por las sedes académicas utilizadas en la ciudad de Barrancabermeja en la jornada nocturna. Adicionalmente se excluyeron los efectos ambientales generados por actividades y eventos esporádicos (misas, conferencias, actividades deportivas, eventos sociales, semana cultural, etc.). Al igual que no se cuantificó las emisiones generadas por el uso de material combustible (leña) para la preparación de alimentos, el ingreso de vehículos externos y transitorios (ajenos al personal académico), como del consumo de agua y papel, al igual que la generación de residuos sólidos y líquidos.

2.6. Área de Estudio

El Centro de Investigación Santa Lucía, se encuentra localizado en la vereda el Zarzal jurisdicción de Barrancabermeja a la altura del kilómetro 14 vía a Bucaramanga, margen izquierda a 7°4´19,526" de latitud norte, 73°44´53,832" de longitud oeste y a una altura media de 115 m.s.n.m. El CISL se clasificó en 8 bloques con el fin de facilitar el levantamiento de información y así obtener sus respectivos consumos energéticos y de combustible, tales como: edificio administrativo, área externa, biblioteca, edificio de aulas, plantas eléctricas, combustión transporte, heces y otros.

2.7. Levantamiento de Inventario de Fuentes de Emisión

Una vez clasificadas las áreas de estudio, se procedió a la recolección de información verídica de cada fuente mediante el uso de encuestas al personal administrativo, docente y estudiantil, con el fin de determinar el número y uso frecuente aproximado de equipos eléctricos y electrónicos, versus la potencia de consumo individual, para así, determinar el inventario conciso por área de estudio. El primer inventario global relacionado a los consumos energéticos de fuentes fijas permanentes, se presenta en la tabla 1.

Consumo Energía Eléctrica (MJ/mes)	Edificio Administrativo	Área Externa	Biblioteca	Edificio de Aulas	Otros	Total
	98.944,93	76.027,19	44.649,79	49.148,21	6.720,91	275.491,03

Tab. 1 Consumo energético de fuentes fijas permanentes.

Para determinar el consumo global de energía, fue necesario estimar a partir de las encuestas el número de horas promedio que cada individuo realiza su actividad específica, la cual requiere del consumo energético, como, por ejemplo, el cargue de portátil, video beam, televisores, celulares, etc.). El consumo de energía eléctrica global fue de 275.491,03 MJ/mes. En el inventario según el número de estudiantes de la jornada diurna, se tomó una muestra de 374 estudiantes correspondientes al 25% de la población (1494 estudiantes) para la elaboración de una encuesta en donde se determinaron el número de horas promedio que asisten a clase, el número de horas promedio en el cual consumen energía para cargar sus dispositivos móviles (celulares y portátiles). Para validar la autenticidad de la información recolectada, se determinó la diferencia o grado de error entre el dato real medido y los valores estimados, reportando un 4,54% de cercanía entre los mismos.

Para el cálculo de las emisiones atmosféricas asociadas a fuentes móviles (combustible y heces) se determinó con base en el consumo de combustible (ACPM) requerido en la movilidad de la comunidad universitaria por diferentes medios de transporte (229 vehículos, 125 motos y 54 recorridos de buseta), como del combustible requerido para la operación de plantas eléctricas internas del CISL, como se evidencia en la tabla 2.

Consumo de Combustible (gal/mes)	Vehículos	Motos	Busetas	Plantas de Energía Eléctrica	Total
	351,38	44,78	1.919,08	121,00	2.436,24

Tab. 2 Consumo mensual de Combustible fósil (ACPM).

La información se validó en relación a la frecuencia, número de recorridos y tipo de transporte de todo el personal (se estimó un modelo convencional para carro, moto y buseta), como del número de horas de uso de las plantas eléctricas alternas. Como se evidencia en la tabla 2, el consumo total de combustible mensual requerido para la movilización del personal universitario fue de 2436,24 gal/mes. El paso siguiente fue establecer la cantidad de heces mensuales, generadas por las diferentes especies de animales existentes en el campo universitario (115 vacas, 360 gallinas, 21 caballos y 21 cerdos), adscritos a la Escuela de Veterinaria, ver tabla 3.

Heces (kg/mes)	Gallinas	Caballos	Cerdos	Vacas	Total
	3,06	540,00	174,00	900,00	1.617,06

Tab. 3 Cantidad de heces generadas mensualmente.

La información suministrada en la tabla 3 fue obtenida a partir de literatura y validada en el área de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por el Director de Escuela Dr. Jorge Eliecer Franco Rodríguez, obteniendo un total de 1617,06 kg/mes de heces.

2.8. *Inventario de Cargas Ambientales.*

Se realizó la revisión crítica de la información levantada en tiempo real y validado a través de profesionales idóneos del tema sobre las emisiones atmosféricas directas asociadas por el consumo de energía proveniente de una hidroeléctrica, la combustión de combustibles fósiles (ACPM) y la generación de heces. En la tabla 4 se presenta la cuantificación de los posibles contaminantes considerados en el consumo de energía eléctrica.

CONTAMINANTE	CANTIDAD
Óxidos de azufre	0,002914 kg
Óxidos de Nitrógeno	8,796E-3 kg
Monóxido de Carbono	1,16E-4 kg
Dióxido de Carbono	0.02818 kg
Hidrocarburos sin especificar	3,04e-5 kg
Hollín	1,558E-5 kg
Material Particulado	2,23E-3 kg
Dióxido de Carbono, transformación de la tierra	0,018644 kg
Metano, Biogénico	0,00305 kg
Monóxido de Di nitrógeno	1,38E-6 kg
Calor, Desechos	0,00041 MJ

Tab. 4 Emisiones directas asociadas en la producción de energía hidroeléctrica.

Los valores presentados en la tabla anterior establecen las emisiones atmosféricas contempladas en la producción de 1 MJ de energía eléctrica de origen hidroeléctrico (Ávila, Meneses, Muñeton, & Vivas, 2014). De igual forma, en la tabla 5 se presentan los contaminantes atmosféricos, asociados en el proceso de combustión de 1 galón de combustible fósil (ACPM) (Martinez, Castillo, Casas, & Acero, 2010).

CONTAMINANTE	CANTIDAD
Dióxido de Carbono	0.77 kg
Monóxido de Carbono, fósil	0,016 kg
Metano, fósil	0,025 kg
Oxido de Nitrógeno	0,048 kg
Óxidos de Azufre	0,035 kg
Material Particulado <2.5 um	0,003 kg
Calor, Desechos	1,5 MJ

Tab. 5 Emisiones directas asociadas en la producción de energía hidroeléctrica.

La información de los posibles contaminantes asociados a la combustión del ACPM se basó en el estudio realizado por Martínez et al, 2010. Para el cálculo de las emisiones atmosféricas asociadas en la generación de heces de animales, se estimaron bajo la revisión de literatura (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), s.f.) y la validación de expertos del programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Director de Escuela Dr. Jorge Eliecer Franco Rodríguez del CISL, tal como se presenta en la tabla 6.

CONTAMINANTE	CANTIDAD (kg)
Nitrógeno	5,15
Fosforo	0,93
Metano	12,07
Óxido de nitrógeno	22,79
Dióxido de carbono	7,66

Tab. 6 Emisiones directas asociadas en la generación de heces.

La cuantificación total del contaminante global emitido por todas las especies como se presentó en la tabla 6, se determinaron por medio del producto punto entre la cantidad de heces (kg/mes) generadas por cada especie (caballo, gallinas, cerdos, vacas) y el factor del contaminante multiplicador por los mismos (nitrógeno, fosforo, metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (N₂O) y dióxido de oxígeno (CO₂)).

2.9. Revisión Crítica de la Información

En este análisis se dieron a conocer la revisión crítica de la información levantada en tiempo real y validado a través de profesionales idóneos del tema (Grupo de Investigación de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento “GIAS” del CISL).

2.10. Selección de Software y Método de Evaluación.

La estimación de la Huella de Carbono se realizó empleando el Software de Evaluación de impactos Ambientales denominado SIMAPRO versión 7.1 y el método de evaluación utilizado fue el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) GWP (global warming potencial) 2007, que permite estimar el potencial de calentamiento global para un tiempo horizonte de 20, 100 y 500 años en unidades equivalentes de CO₂eq y como estudio complementario, se realizó la evaluación ambiental según las categorías de punto medio (inorgánicos respiratorios, Acidificación y Nitrificación Terrestre, calentamiento global y energía no renovable), y de daño final (salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos), y daño final, a través del método IMPACT 2002+.

3. Análisis de resultados

3.1. Potencial de Calentamiento Global según el tiempo de permanencia en la atmósfera.

Se realizó un análisis ambiental bajo la proyección de los gases GEI, obteniendo un impacto global de 225.109 kg CO₂eq, asociados al calentamiento global, emitidos a 20 años (124.815 CO₂eq), a 100 años (61.833 CO₂eq) y 500 años (38.460 CO₂eq), como se presenta en la figura 1.

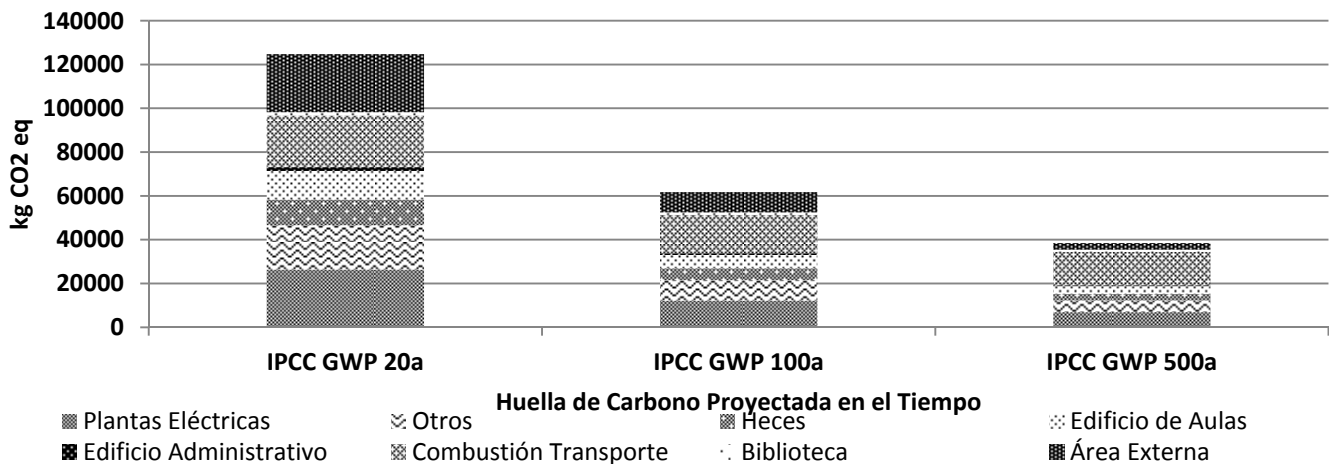


Fig. 1 Proyección de la Huella de Carbono a 20, 100 y 500 años.

Del análisis de estimación de la huella de carbono se establece que, a 20 años, el impacto está atribuido principalmente a la generación de heces (contribución del 21,2%), seguido del consumo energético asociado al edificio administrativo (contribución del 21,2%), posteriormente la combustión de ACPM en el uso de medios de transportes (contribución del 19%) y finalmente el consumo de energía por el área externa (contribución del 17%) y el edificio de aulas (contribución del 11%). Es de mencionar que el consumo de energía eléctrica y la combustión del ACPM según los flujos ambientales presentados en la metodología, emiten a la atmósfera de forma indirecta y directa CO₂ y CH₄, que al

ser evaluados por las diferentes funciones tecnológicas, su concentración y permanencia en la atmósfera, disminuye al aumentar el tiempo de proyección. Caso diferente sucede cuando en el ambiente se liberan compuestos nitrogenados, que para un tiempo de 100 años su factor de permanencia se incrementa y al ser evaluados en un tiempo de 500 años, este disminuye radicalmente (aproximadamente 3,3 veces) (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), s.f.). Estos compuestos finales, son los que mayor grado de afectación tienen al evaluar la huella de carbono.

3.2. Análisis del poder de calentamiento global.

Para la predicción del cálculo de la huella de carbono en tiempo real, se utilizó el método IMPACT 2002 determinando el grado de sensibilidad de los factores inmersos en este método, el cual tiene mayor aproximación para la estimación de los impactos ambientales. En la figura 2 se aprecian los principales gases de efecto invernadero de mayor contribución, generados por las áreas de estudio

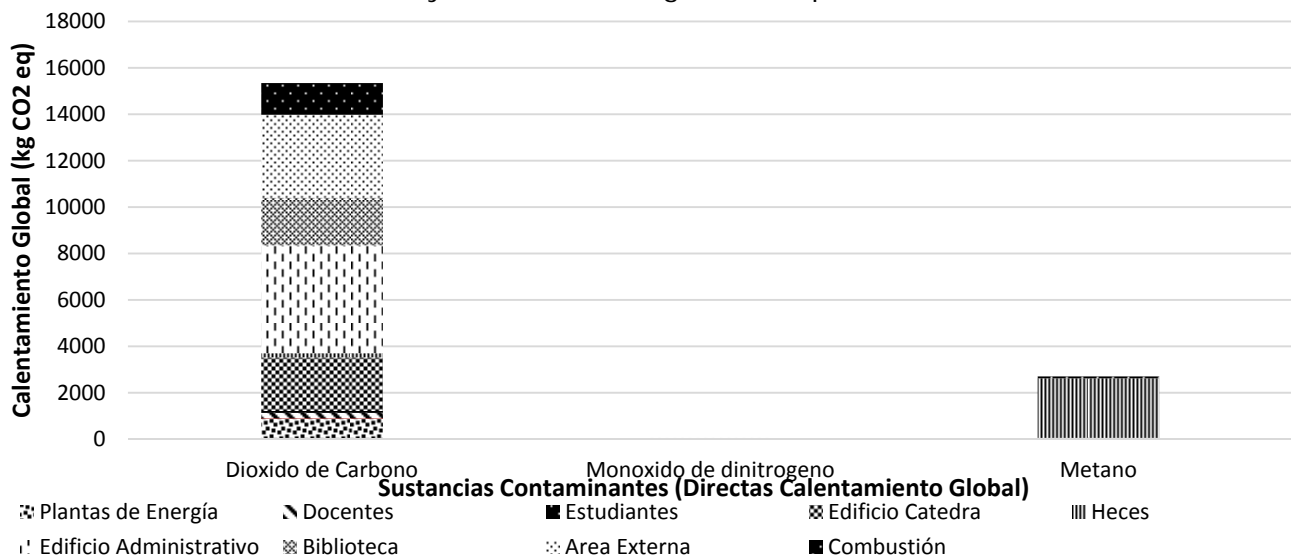


Fig. 2 Análisis del Poder del calentamiento global.

En la figura anterior se puede observar que la huella de carbono se debe al dióxido de carbono emitido por la Institución con una contribución del 89% (28.405,06 kg de CO₂ eq), seguido de las emisiones de metano con el 11% (3.520,44 kg de CO₂ eq) y finalmente las emisiones de Monóxido de dinitrogeno con un porcentaje de contribución del 0,18% CO₂ eq correspondiente a 57,65 kg CO₂ eq. Analizando los resultados de todas las Áreas de estudios contempladas, se obtuvo un valor total de la huella de carbono del CISL en 31.983,14 kg CO₂ eq., este valor se dividió por la población universitaria (1941 individuos), lo que permitió calcular la huella de carbono por persona siendo de 15,07 kg CO₂ eq, en relación al consumo energético y uso de ACPM en el desplazamiento del personal.

Para comparar el valor de la HC se validaron datos correspondientes a la división de estadísticas de diferentes países, donde muestra que una persona en Colombia genera 141,7 kg CO₂ eq, siendo este valor mucho mayor al promedio de emisión que genera una persona en el CISL, debido a que las actividades realizadas dentro de las instalaciones del campus son diferentes y de menor duración que las que se realiza comúnmente en el hogar (ONU DAES, 2017). Se realizó una comparación sobre los valores obtenidos de este proyecto versus investigaciones similares; tal como el estudio realizado por la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, que obtuvieron una Huella de Carbono de 71.752,58 kg CO₂ eq, y un per cápita de 18 kg CO₂ eq por individuo, resaltando que el CISL genera menor emisión a la atmósfera, equivalente al 16% (2,93 CO₂ eq por persona) de los GEI generados en Ecuador (Vilches, Dávila, & Varela, 2012). Estas emisiones de gases de efecto invernadero, pueden ser compensadas por

los sumideros naturales como áreas boscosas, cuerpo de agua y suelos. En esta investigación, la compensación que se tomó en cuenta, fue la aportada por la cobertura boscosa que se encuentra en el Campus Universitario.

Con base en la recopilación de información obtenida por la investigación de expertos, proyectos de grados realizados en el CISL (Caceres & Palmett, 2014) (Moreno & Velasquez, 2017) y por literatura web (Captura de carbono – CO₂, s.f.), se logró estimar la absorción de CO₂ en promedio de una hectárea de bosque, la cual fue de 230 toneladas de CO₂ por hectárea. Actualmente el Centro de Investigación Santa Lucia cuenta con 164 hectáreas entre bosques primarios y bosques secundarios, lo que significa que por esta cobertura boscosa se está captando cerca de 37.720 toneladas de CO₂ al año, lo cual equivale a 3.143 toneladas de CO₂ mensual (3.43.000 kg de CO₂), lo que significa que el CISL tiene mayor capacidad de absorción de CO₂ por los bosques.

3.3. Contribución ambiental global.

Se estableció la contribución ambiental porcentual, representada en el árbol de procesos como se evidencia en la figura 3, asociada a cada área de estudio, estimado con el método IMPACT 2002.



Fig. 3 Contribución ambiental global.

Según la figura 3, se estableció una contribución ambiental significativa para el Edificio Administrativo del 27,3%, seguido del área externa con una participación del 21% y del edificio de aula, atribuidos al consumo energético y afectación al calentamiento global. Así mismo, se determinó que el proceso de combustión del ACPM contribuye en un 14,8% y la generación de heces en un 8,44% del impacto ambiental global.

3.4. Evaluación del impacto ambiental de puntuación media.

Basados en el grado de sensibilidad de los factores inmersos por el método IMPACT 2002, se optó por dar un valor agregado al estudio, respecto a los efectos ambientales contraídos hacia otras categorías. Por ende, se realizó un análisis de impacto ambiental global, en donde se contemplaron las emisiones atmosféricas atribuidas por la energía eléctrica, uso de combustibles y generación de heces de los animales. En la Figura 4 se presenta la contribución ambiental hacia categorías de puntuación media, tales como: calentamiento global, inorgánicos respiratorios, energía no renovable y acidificación.

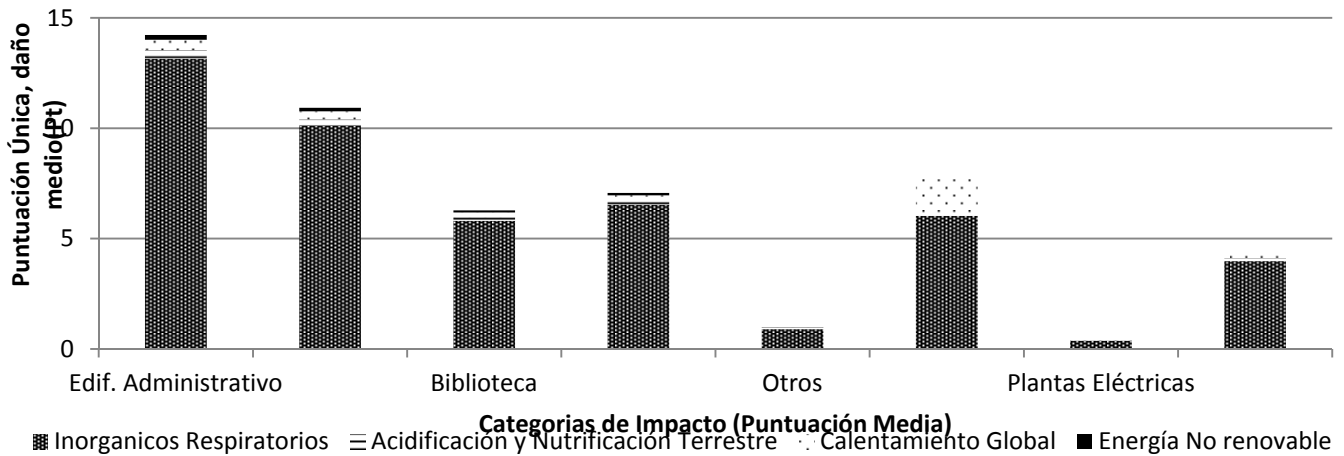


Fig. 4 Contribución ambiental de puntuación media.

En la figura anterior se estableció que la mayor afectación ambiental fue atribuida al consumo energético por parte del edificio administrativo con 14,2245 pt, seguido del área externa con 10,9297 pt, combustión del transporte 7,6967 pt, edificio de catedra 7,0656 pt, biblioteca. Se observa que el área de edificio administrativo representa la mayor afectación con promedio del 27% en las categorías, seguida de Área Externa con un promedio 21%, combustión del transporte 17% promedio, edificio de catedra 13% promedio, biblioteca 12% promedio, heces 7% promedio, otros 2%, plantas eléctricas 1%. Los principales contaminantes de la categoría de inorgánicos respiratorios son el monóxido de carbono y óxido de nitrógeno, en la categoría del calentamiento global los causantes fueron el dióxido de carbono, metano y Monóxido de di-nitrógeno y la acidificación y nitrificación son el Óxido de nitrógeno y Óxidos de azufre. La principal afectación en las categorías son los inorgánicos respiratorios, se pudo observar en el estudio que el calentamiento global no es tan significativo como la presencia de material inorgánico que afecta respiratoriamente por las heces, el material Particulado, los olores y el material Particulado de la combustión que respectivamente afecta a la salud.

3.5. Evaluación del impacto ambiental de puntuación final.

En la caracterización de Puntuación Final se encuentran las categorías más relevantes tales como: salud humana, calidad del ecosistema cambio climático y recursos, como se presenta en la figura 5. De la figura se puede observar que la categoría de salud humana es la más impactada por las áreas de estudio con un valor del 90,11% (46,8833 pt) seguido del cambio climático con 6,21%(3,23 pt), calidad del ecosistema 2,54% (1,32 pt) y los recursos con 1,14% (0,59 pt).

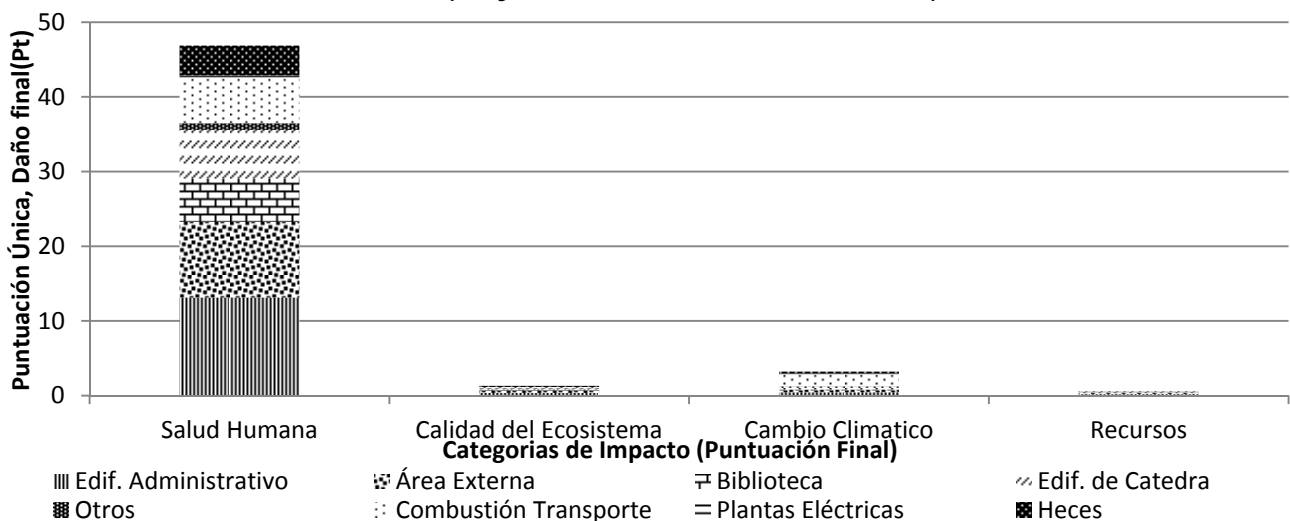


Fig. 5 Contribución ambiental de puntuación final

4. Conclusiones

Se logró cuantificar el consumo energético global asociado por el uso de equipos eléctricos y electrónicos de 275.491,53 MJ/mes, así como el uso de combustible ACPM para la movilización del personal 5.282,39 gal/mes y la generación de heces de 64,80 kg/día por todas las especies del estudio. El porcentaje error en la estimación de los consumos energéticos fue en promedio del 4,5% ya que el dato estimado fue 275.491,53 MJ/mes y el valor del servicio público energía 263.094,41 MJ/mes

Se determinó que las áreas del CISL de mayor incidencia sobre la generación de GEI fueron: el proceso de combustión del ACPM en un 25,04% (56.388 kg CO₂eq), seguido del alto consumo energético por parte del edificio administrativo en un 20,24% (45.666 kg CO₂eq), y de la generación de heces en un 17,24% (38.803 kg CO₂eq). El impacto ambiental atmosférico, fue atribuido a la estimación de la huella de carbono por la emisión de CO₂, CH₄ y NO (contribución del 62,52% del total).

La huella de carbono por cada individuo del CISL fue de 15 kg de CO₂ eq/mes. Este valor es menor al promedio de un ciudadano colombiano (141,7 kg de CO₂ eq/mes), ya que las actividades realizadas dentro del CISL son diferentes y de menor duración, comparado a las que se realiza en el hogar.

El impacto ocasionado por la emisión de GEI del CISL no fue relevante, debido a que se tiene mayor capacidad de absorción de CO₂ por los bosques sembrados, que la misma emisión (>98% aproximadamente). Por lo anterior, la cantidad CO₂ capaz de ser adsorbido por la cobertura boscosa del CISL es de 3.106.000 kg CO₂/mes, mayor que la cantidad de CO₂ generada 31.983,14 kg de CO₂.

Referencias

- Ávila, O., Meneses, A., Muñeton, J., & Vivas, J. (2014). Evaluación de Impacto Ambiental para la producción de Polietileno de Baja Densidad. Bucaramanga: Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Universidad Industrial de Santander.
- Caceres, M., & Palmett, L. (2014). Estimación de la captura de carbono a través de la biomasa aérea y la hojarasca en las veintisiete hectáreas del cultivo de caucho hevea brasiliensis muell arg., ubicado en el Centro de Investigación Santa Lucía, UNIPAZ. Barrancabermeja: Trabajo de grado presentado como requisito del título de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento. Captura de carbono – CO₂. (s.f.).
- Díaz, F. (2015). Cálculo de la huella de carbono FCFM. Medición de la huella de carbono FCFM en la Universidad de Chile. Ciudad de Chile.
- Hermosilla, A. (2014). Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia. Cartagena.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (s.f.). https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html.
- Maria Puchades, A. d. (s.f.). La huella de carbono de la universidad de valencia: diagnóstico, análisis y evaluación. Valencia: 2011.
- Martínez, A., Castillo, E., Casas, O., & Acero, J. (2010). Comparación de los posibles impactos ambientales en la producción y el uso de diésel regular de alto y bajo contenido de azufre por evaluación del ciclo de vida. Colombia,. Ciencia Tecnología y Futuro CT&F.
- Moreno, A., & Velasquez, N. (2017). Estimación del carbono contenido en la biomasa forestal aérea de un relicto de bosque natural secundario ubicado en el centro de investigación Santa Lucía Unipaz. . Barrancabermeja: Trabajo de grado presentado como requisito para el título de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento.
- ONU DAES. (2017). División de Estadísticas de las Naciones Unidas y Almanaque Mundial. Obtenido de <http://www.un.org/es/databases/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GM>.
- Rodas, G. (2014). Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la universidad
- Torres, B. (2015). herramienta web para la medición de la huella de carbono en el programa ingeniería de sistemas de la facultad de ingeniería de la universidad de Cartagena. Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de ingeniero de sistemas. Cartagena.
- Vilches, R., Dávila, F., & Varela, S. (2012). determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.: Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales, Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental CIMA-UPS.