UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Cálculo de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el período enero - diciembre 2017”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

Autores:

Mauricio Ismael Illescas Criollo - CI: 0105503577

Josselyn Mariana Muentes Vélez - CI : 1313447607

Directora:

Blga. María Elisa Durán López, MSc.

CI:0104249958

Asesora:

Ing. María Daniela Mogrovejo Lituma

CI:0302140256

Cuenca - Ecuador

Marzo - 2019

RESUMEN

La Huella de Carbono (HC) es un indicador de eficiencia en la gestión de recursos naturales que mide directa e indirectamente el impacto ambiental ocasionado por acciones antropogénicas cotidianas. Es un hecho que las actividades académicas y laborales desempeñadas en las Instituciones de Educación Superior (IES) generan Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contribuyen a la Huella de Carbono (HC) de las ciudades. Con base a esta premisa, se calculó la HC en el Campus Central de la Universidad de Cuenca siguiendo la metodología de la Norma UNE-ISO 14064-1:2006 (Ihobe, 2012) y las Directrices del IPCC (2006a) para convertir los GEI en CO_2e. Como resultado, durante el 2017, fueron emitidas 1158,03 toneladas de GEI. Cada fuente de emisión fue categorizada en tres alcances, tal como lo especifica WRI y WBCSD (2004) y expresadas en tCO_2e. La principal contribución a la HC total fue del alcance 2 con el 67,32%; mientras que, los alcances 1 y 3 contribuyeron con el 14,43 y 18,25% de emisiones respectivamente. Además, se creó una aplicación móvil piloto que mide la HC de la comunidad universitaria individualmente y busca fomentar su reducción en pro de la Institución.

Palabras Clave: Huella de Carbono. Gases de Efecto Invernadero. Instituciones de Educación Superior. Universidad de Cuenca.

ABSTRACT

Carbon footprint is an efficiency indicator of the resources management. It measures the environmental impact produced by daily actions directly or indirectly. It is a fact that academic and labor activities on Higher Education Institutions (HEI) generate greenhouse gases (GHG) that contribute to the carbon footprint of a city. For that reason, it was calculated the carbon footprint of the Central Campus of the University of Cuenca using the methodologies called UNE-ISO 14064-1-2006 and the IPCC guidelines (2006a) to convert the GHG emissions into CO_2e emissions. As a result, there were emitted 1158,03 t of GHG (expressed on tCO_2e) during the 2017. Those emissions were classified into three scopes as specified by the WRI and WBCSD (2004). The main source of the carbon footprint emission was of the scope 2 with the 67,32%; while the scopes 1 and 3 contributed with the 14,43% and 18,25% of the emissions respectively. Additionally, there was created a pilot mobile application to measure the carbon footprint of the university community trying to reduce it in favor of the institution.

Key Words: Carbon footprint. Greenhouse gases. Higher Education Institutions. University of Cuenca.

CONTENIDO

RESUMEN 2
ABSTRACT 3
CLÁUSULAS 7
DEDICATORIA 11
AGRADECIMIENTOS 13
ACRÓNIMOS 15
GLOSARIO 17
1. Introducción 19
1.1. Antecedentes 19
1.2. Planteamiento del problema 21
1.3. Justificación 22
1.4. Objetivos 24
2. Marco teórico 25
2.1. Efecto Invernadero (EI) 25
2.2. Huella Ambiental (HA) 26
2.3. Huella Ecológica (HE) 27
2.4. Huella de Carbono (HC) 27
2.5. Estimación de la Huella de Carbono (HC) 28
3. Materiales y métodos 33
3.1. Área de estudio 33
3.2. Fase I: Definición de límites 34
3.3. Fase II: Cuantificación de emisiones 37
3.4. Fase III: Generación de una alternativa digital para la cuantificación de emisiones de GEI 39
4. RESULTADOS 41
4.1. Resultado de la identificación de fuentes de emisión de GEI 41
4.2. Resultado del Muestreo Aleatorio Simple (MAS) 42
4.3. Resultados del levantamiento de información de Datos de Actividad (DA) y Factores de Emisión (FE) 42
4.4. Resultados del cálculo de emisiones de GEI 44
4.5. Resultados de la estimación de la incertidumbre 49
4.6. Resultados del censo de especies de árboles para futuras oportunidades en la cuantificación de remoción de emisiones de GEI 49
4.7. Resultados del aplicativo móvil piloto 50

DISCUSIÓN 51
CONCLUSIONES 54
RECOMENDACIONES 56
REFERENCIAS 58
ANEXOS 66
Anexo 1. Plano del Campus Central de la Universidad de Cuenca 66
Anexo 2. Fuente de compilación de Datos de Actividad (DA) 67
Anexo 3. Encuesta aplicada a la comunidad universitaria en el levantamiento de información 68
Anexo 4. Encuestas realizadas a la comunidad universitaria 70
Anexo 5. Cantidad de papel consumido por los estudiantes según las encuestas 70
Anexo 6. Papel consumido por parte de la comunidad universitaria 70
Anexo 7. Consumo de combustible en máquinas y calderos 71
Anexo 8. Consumo de combustible de la flota vehicular 71
Anexo 9. Consumo de energía eléctrica en el Campus Central durante el 2017 72
Anexo 10. Consumo anual de energía eléctrica y Huella de Carbono (HC) 2017 en el Campus Central 72
Anexo 11. Alcances medidores de energía eléctrica del Campus Central 73
Anexo 12. Consumo de energía eléctrica por medidor según el horario establecido por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR CA. 74
Anexo 13. Desechos comunes y peligrosos producidos en el Campus Central 74
Anexo 14. Alcance de los medidores de servicio de agua potable en el Campus Central 75
Anexo 15. Consumo de agua potable en el Campus Central durante el 2017 75
Anexo 16. Censo de árboles 76
Anexo 17. Pantallas de visualización del aplicativo móvil de la HC personal de la comunidad universitaria. 83
Anexo 18. Resultado de la prueba piloto de la aplicación móvil 84

Mauricio Ismael Illescas Criollo
Josselyn Mariana Muentes Vélez

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las fuentes de emisión de GEI. 26
Tabla 2. Huellas Ambientales. 26
Tabla 3. Alcances de la Huella de Carbono (HC). 29
Tabla 4. Factores de emisión (FE). 30
Tabla 5. Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones. 31
Tabla 6. Establecimientos dentro del Campus Central y recursos consumidos por dependencia. 34
Tabla 7. Características de los combustibles considerados en el alcance 1. ... 37
Tabla 8. Potenciales de Calentamiento Global (PCG) de los GEI. 38
Tabla 9. Lista de control de fuentes de emisión identificadas en el Campus Central. 41
Tabla 10. Número de encuestas realizadas a partir del Muestreo Aleatorio Simple (MAS). 42
Tabla 11. Datos de actividad y Factores de emisión utilizados en el cálculo. .. 43
Tabla 12. Emisiones producidas por categoría del inventario. 45
Tabla 13. Emisiones totales de CO_2e. 47
Tabla 14. Estimación de incertidumbre del cálculo. 49
Tabla 15. Resultados de la prueba piloto de la aplicación móvil. 50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Emisiones de CO_2e del Campus Central por categoría de emisión. 46
Ilustración 2. Emisiones del Campus Central por alcance. 48
Ilustración 3. Emisiones del alcance 3 de la Huella de Carbono en el Campus Central. 48

CLÁUSULAS

Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Mauricio Ismael Illescas Criollo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Cálculo de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el período enero - diciembre 2017", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, marzo del 2019

Mauricio Ismael Illescas Criollo
C.I: 0105503577

Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Josselyn Mariana Muentes Vélez en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Cálculo de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el período enero - diciembre 2017", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, marzo del 2019

Josselyn Mariana Muentes Vélez
C.I: 1313447607

Cláusula de Propiedad Intelectual

Mauricio Ismael Illescas Criollo autor del trabajo de titulación "Cálculo de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el periodo enero - diciembre 2017", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, marzo del 2019

Mauricio Ismael Illescas Criollo
C.I: 0105503577

Cláusula de Propiedad Intelectual

Josselyn Mariana Muentes Vélez, autor/a del trabajo de titulación "Cálculo de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el período enero - diciembre 2017", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, marzo del 2019

Josselyn Mariana Muentes Vélez
C.I: 1313447607

DEDICATORIA

A Dios, quien se muestra lo suficientemente Poderoso y a la vez Único para morar en mi corazón. Con su Amor y Presencia ha sabido suplir el rol de padre y madre que siempre necesité.

Dedico este trabajo a mi hermana Marcela y su esposo Julio quienes me han brindado un lugar en su familia, sé que cosecharán en sus hijas todo cuanto sembraron en mí.

A mis hermanos Paul y Damián, que con su ejemplo de perseverancia me enseñan que salir adelante pese a cualquier circunstancia es posible. A mis cuñadas Diana y Andrea, sobrinas y sobrinos Paula, Emilia, Valeria, Alexis, Nicolás, Juliana y Bianca que siempre están ahí para alegrar mi vida y hacerme saber que con trabajo duro y dedicación puedo ser un motivo de orgullo para ellos.

A mi familia, tías, tíos, primas y primos que siempre han estado entregándome su apoyo en todo sentido. De manera especial a mi tía Rita que me con sus detalles me ha acompañado a cumplir con esta meta de muchas más.

A la Sras. Yamara Gallegos, Norma Morejón y Katy Llivisaca, madres, mujeres perseverantes, amables y amorosas que supieron llegar en el momento exacto de mi vida. Ellas con su ejemplo de amor desinteresado brindaron seguridad ante cada adversidad que se presentó durante esta etapa de mi vida.

A mis pastores Betty Cardoso, Juan Reyes, Elizabeth Saraguro, Pablo Pineda, Rocío Andrade, Jorge Pineda, Katy Llivisaca y Gabriel Amay, así como a mis amigos de la Iglesia Centro de Oración para las Naciones. Ellos me han enseñado a vivir en dependencia a Dios, aspecto fundamental para emprender cualquier aventura en el camino de la vida.

A mi ayuda idónea, mi compañera y futura esposa Fernanda Parra, que con tus oraciones, consejos y gran sabiduría confirmas cada día que eres una bendición y que quiero pasar una vida entera a tu lado.

Mauricio

DEDICATORIA

A mi mamá María y a mi papá Jhonny, por enseñarme tantas cosas a través de su ejemplo, por dejarme crecer, por apoyarme siempre y haber guiado mi vida para que hoy sea quien soy. A mi hermana María José que me ha acompañado en este camino universitario y que muchas veces sin estar, ha estado. A mi hermanito menor, Johnny, que sepas siempre que todo lo podemos lograr con esfuerzo y dedicación, sueña mucho y alcanza todo eso que anhelas, mira el mundo y toma lo mejor de él.

Josselyn

AGRADECIMIENTOS

"Porque yo sé los planes que tengo acerca de ustedes, dice el SEÑOR, planes de bienestar y no de mal, para darles porvenir y esperanza" (Jeremías 29:11).

Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberse dado a conocer y permitirme vivir en la libertad de su amor. A medida que pasa el tiempo soy testigo fiel que sus planes se cumplen en la vida de quienes confían en Él. Este trabajo de tesis es una muestra de ello. Nada es imposible cuando se confía en Dios, espero me alcance la vida para agradecer todo cuanto me ha dado.

Agradezco a la Blga. Ma. Elisa Durán, quien creyó en las habilidades de quienes hemos plasmado este trabajo. Le entrego mi gratitud por asumir con responsabilidad el rol de directora, con su experiencia y gran conocimiento supo motivaros para sacar adelante este proyecto.

A la Ing. Daniela Mogrovejo, por abrirnos las puertas para llevar a cabo este proyecto juntamente con la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad de Cuenca. Su respaldo fue fundamental para que se abriesen puertas y obtener el apoyo por parte del Dr. Pablo Fernando Vanegas Peralta Rector de la Universidad de Cuenca y de cada una de las Facultades y Dependencias de nuestra Institución.

A la Srta. Josselyn Muentes, pues Dios me permitió trabajar contigo en lo que en un principio parecía solamente un sueño. Cada mañana, tarde, noche o madrugada de trabajo sin importar el día de la semana no fue en vano. Ahora entiendo que cada acierto y error que cometí tuvo un propósito y fue el enseñarme y ser consciente de mis virtudes y defectos. Aportaste con conocimientos y sabiduría ¡Gracias Jossy!

Extiendo mis agradecimientos a la Prestigiosa Universidad de Cuenca (UC), en especial a la Dirección de Planificación, Dirección Financiera, Unidad de Comunicación y Dirección de Planificación Física por facilitar el acceso a la información. También debo agradecer a la Ing. Diana Moscoso y a la Ing. Yadira Cevallos por su tiempo y asesoría brindada.

Mauricio

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mi Directora, María Elisa Durán López, por transferirnos sus conocimientos en el proceso de redacción de este proyecto, por tener altos estándares de exigencia que nos han vuelto mejores, por su paciencia y por su tiempo.

A la Dirección de Planificación de la Universidad de Cuenca, por habernos brindado todo el apoyo, por los lazos de amistad establecidos y las palabras de aliento; especialmente a la Unidad de Gestión Ambiental a cargo de la Ingeniera Daniela Mogrovejo, ayuda fundamental en la obtención de información para el presente estudio. Gracias por las enseñanzas, por dar oportunidades y sonrisas. Gracias por haber creído en mí, ha significado mucho.

A la Ingeniera Diana Moscoso por su asesoría y tiempo. A las dependencias involucradas y sus representantes quienes facilitaron los datos necesarios para llevar a cabo este cálculo. A las instituciones externas que accedieron a nuestros requerimientos: a la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA), a la Empresa Municipal de Aseo de la Ciudad de Cuenca (EMAC), a la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Ciudad de Cuenca (EMOV), al Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), al Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE), a la Comisión de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Cuenca (CGA), a la Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos (ARCH) y a la Dirección Municipal de Tránsito por brindar la asesoría o en su caso proporcionar información relevante para llevar a cabo este proyecto.

Finalmente quisiera agradecer a mis amigos, quienes estuvieron presentes a lo largo de este proceso para compartir risas, conversaciones, quejas, disgustos, estrés, angustia, comida, en fin, momentos importantes y necesarios para hacer esta experiencia más ligera y divertida. Especialmente quiero agradecer a mi compañero de tesis, Mauricio, quien se convirtió en mi amigo; gracias por todo, las palabras sobran.

Josselyn

ACRÓNIMOS

BEN: Balance Energético Nacional.

CC: Cambio Climático.

CENACE: Centro Nacional de Control de la Energía del Ecuador.

CFCs: Clorofluorocarbonados.

CG: El Calentamiento Global es el incremento de la temperatura media del planeta.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

CREDU: Centro de Recreación y Deporte de la Universidad de Cuenca.

DA: Un Dato de Actividad es la cantidad de materia o energía que luego de un proceso producirá emisiones de gases de efecto invernadero.

EI: El Efecto Invernadero es el fenómeno del calentamiento de la tropósfera terrestre.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

Gg: Un Gigagramo es igual a mil millones de gramos ($1x10^9$ g).

GLP: El Gas Licuado de Petróleo es el combustible a base de butano y propano.

GRP: Generación de Residuos Peligrosos.

hag: Una hectárea global mide el área productiva terrestre o acuática.

HC: Huella de Carbono.

HE: Huella Ecológica.

HFCs: Hidrofluorocarbonos.

HH: Huella Hídrica.

IES: Institución/es de Educación Superior.

INGEI: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador.

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change* o en español Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

MAE: Ministerio del Ambiente del Ecuador.

MAS: El Muestreo Aleatorio Simple es un tipo de muestreo probabilístico que considera que cada individuo del universo estadístico tiene igual probabilidad de ser seleccionado para la muestra.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PCG: Potencial de Calentamiento Global.

PETROECUADOR: Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador.

PFCs: Perfluorocarbonos.

PK: Protocolo de Kioto.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

RCP: *Representative Concentration Pathways*, en español Trayectorias Representativas de Concentración o modelos RCP. Son predicciones de las evoluciones de las emisiones y del incremento de la radiación en la tropósfera atmosférica.

RP: Los Residuos Peligrosos son las sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas.

Residuos sólidos: Material o sustancia sólida resultantes del consumo o uso de un bien o de un servicio.

t: Una tonelada métrica es igual a mil kilogramos

UC: Universidad de Cuenca

WRI: *World Resouces Institute* o en español Instituto de Recursos Mundiales.

WBCSD: *World Business Council for Sustainable Development* o en español Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable.

GLOSARIO

Alcance: Cada uno de los límites, tanto operativos como organizacionales en los que se evaluarán las fuentes de emisión de GEI.

Adaptación: Medidas para reducir los efectos adversos al cambio climático.

Año base: Año en el que se tomará como punto de inicio para la elaboración de inventarios de gases de efecto invernadero.

Antropogénico: Son las acciones o actividades de origen humano.

Bienes y servicios: Todo aquello que satisface las necesidades humanas.

Combustión fija: Es la oxidación de combustible proveniente de una fuente que posee instalaciones físicas estáticas, por ejemplo, una chimenea.

Combustión móvil: Es la oxidación de combustible proveniente de una fuente que se desplaza de un sitio a otro.

CO_2e: El dióxido de carbono equivalente es la unidad en la que cada uno de los GEI son expresado como emisiones de dióxido de carbono.

Directrices IPCC: Pautas para el cálculo de la Huella de Carbono.

Emisiones: Es la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Emisiones directas: Emisiones que pertenecen o pueden ser controladas por quienes las generan.

Emisiones fugitivas: Emisiones no intencionales que son liberadas de manera accidental o por la naturaleza de un proceso específico.

Emisiones indirectas: Provienen de acciones indirectas de la organización o que no están bajo control de la misma. Por ejemplo, el uso de transporte público o privado.

Escenarios de CC: Son cada uno de los modelos que predicen la evolución del clima y de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Exclusión de emisiones: Proceso en el que se descartan emisiones del inventario de gases de efecto invernadero.

Factor de emisión: Es la cantidad de emisiones que se derivan de un dato de actividad.

Fuente de emisión: Lugar de donde provienen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Horizonte temporal: Es el tiempo establecido para evaluar la cantidad de energía que puede almacenar un gas de efecto invernadero.

Incertidumbre: Hace referencia a todo aquello que no se tiene una certeza o completo conocimiento.

Indicador: Es un parámetro que permite valorar o describir el estado de un fenómeno.

Límites operativos: Abarca a cada una de las fuentes de emisión a ser consideradas en un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.

Límites organizacionales: Corresponde a cada una de las instalaciones que pertenecen a una organización.

Mitigación: Acción de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Modelos de producción: Son los procesos que se llevan a cabo para generar bienes y servicios.

Per cápita: Es el valor promedio estimado por persona o por individuo.

Procesos: Cada una de las acciones que generan un cambio en la materia o energía con el fin de obtener un resultado.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El ser humano, a lo largo del tiempo, ha concebido a la Naturaleza como un elemento proveedor de bienes y servicios (Bohórquez, 2013; Vitousek, Mooney, Lubchenco, & Melillo, 1997). En consecuencia, el crecimiento poblacional a nivel mundial provoca una extracción desmedida de recursos naturales, sobrepasando sus límites de reposición natural (Haddad et al., 2015; Rindfleisch, Burroughs, & Denton, 1997).

A nivel mundial, los modelos convencionales de producción propuestos por el ser humano, especialmente de agricultura, industria, pesca y comercio internacional generan problemas ambientales (Serna, 2007). Algunos de estos problemas son: la alteración de la calidad del aire, producción de desechos, daños a fuentes de agua, pérdida de la biodiversidad, entre otros (Vitousek et al., 1997). Estos cambios ocasionan daños irreversibles al planeta (Rodríguez, Bustamante, & Mirabal, 2011) y actúan como precursores de la variación de los ciclos climáticos (Valero, 2012).

El Cambio Climático (CC) como parte de la problemática del Calentamiento Global (CG) se ha asociado al incremento acelerado de Gases de Efecto Invernadero (GEI), debido a que estos elevan la temperatura media del planeta y promueven la ocurrencia de eventos climáticos extremos (CDKN, 2014). El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) asegura que el CG en los últimos 50 años ha sido causado por actividades humanas (CMNUCC, 2006) y afirma que las emisiones de GEI a nivel mundial incrementarán en los siguientes 100 años (CDKN, 2014).

Existen diversos acontecimientos históricos referentes a la medición de GEI, en 1988, se conforma el IPCC con el fin de fijar estrategias para combatir el CC (IPCC, 2018). En 1992, en Río de Janeiro, se estableció la Cumbre de la Tierra (Cumbre de Río), que promovía el equilibrio entre necesidades económicas, sociales y ambientales para las generaciones presentes y futuras (ONU, 1992). En ese mismo año, surge la Convención Marco de las Naciones Unidas para el

Cambio Climático (CMNUCC) que regula las concentraciones de GEI a nivel mundial (CMNUCC, 1992).

Posteriormente, en 1997, se creó el Protocolo de Kioto (PK) para incentivar la reducción de emisiones de GEI a nivel mundial (WRI & WBCSD, 2018a). Un año después, *The World Resources Institute* (WRI) y el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) publicaron uno de los primeros reportes de mediciones de GEI. A su vez, durante ese año, 57 países de la CMNUCC firmaron el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG *Protocol,* por sus siglas en inglés) (MONSANTO, BP, WRI & GM, 1998). El GHG *Protocol* estableció un marco de referencia para el cálculo y gestión de emisiones de GEI a nivel de países y de ciudades (WRI & WBCSD, 2018a). Estos acontecimientos marcaron un inicio sobre la cuantificación de emisiones de GEI, por ejemplo, el cálculo de la Huella Ecológica (Wackernagel et al., 1999).

La Huella Ecológica (HE) es una herramienta que surgió a principios de 1990 en respuesta a la necesidad de medición de los efectos ambientales de las emisiones indirectas de CO_2 provocadas por el crecimiento urbano (Eckley, 2015; Rees, 1992). A partir de esta, se derivó la Huella de Carbono (Eckley, 2015; Scott, Hendrickson, & Weber, 2008; ONU, 2018) que calcula los GEI antropogénicos, razón por la cual, se la conoce también bajo el nombre de Inventario de Emisiones de GEI (Chambers et al., 2007; Ihobe, 2012; Wright, Kemp, & Williams, 2011).

La Huella de Carbono (HC) es aplicada mundialmente como un indicador voluntario de calidad ambiental de productos o procesos (Cordero, 2013); no obstante, en la Unión Europea es implementada como un requerimiento legal (Scott et al., 2008). Dentro de estas concepciones, ha sido adoptada con el mismo nivel de importancia que otros instrumentos ambientales, como por ejemplo la Responsabilidad Ambiental Empresarial (RAE), estrategias de Compra Ecológica (CE), Evaluación del Ciclo de Vida (EVA) de productos y la normativa de Sistemas de Gestión Ambiental SGA - ISO 14000 (Cordero, 2013).

El cálculo de la HC ha sido abordado como parte de la búsqueda de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y de la integración de las Agendas Globales (SASA, 2018). Desde el año 2012, Ecuador forma parte del proyecto “Huella de Ciudades”, iniciativa del Banco de Desarrollo de América Latina, Alianza Clima y Desarrollo y la Agencia Francesa de Desarrollo. Este proyecto motiva a gobiernos locales y municipales de América Latina a la cuantificación de la HC. Es así como, desde el año 2016, la ciudad de Cuenca mide su HC y Huella Hídrica (HH) (CAF, 2016; SASA, 2018; SASA & GAD Municipal de Cuenca, 2017).

1.2. Planteamiento del problema

Hertwich & Peters (2009) indican que la producción y uso de bienes y servicios influye en las emisiones de GEI a nivel mundial, según un estudio de la HC realizado en 73 naciones. En el Ecuador, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) encontró que en el año 2012 se emitieron a nivel nacional cerca de 80627160 tCO_2e (toneladas de dióxido de carbono equivalente) (MAE, 2017). Un análisis en el año 2017 encontró que nuestro país ocupa el octavo lugar en el aporte de emisiones de GEI y el séptimo en emisiones *per cápita* según una evaluación en 19 naciones de Latinoamérica y el Caribe (95% de la población regional) (SASA & GAD Municipal de Cuenca, 2017).

El Balance Energético Nacional (BEN) del 2015 registró que un ecuatoriano promedio emitió 2,70 tCO_2e durante ese año (Diario El Telégrafo, 2017). Mientras que, en el 2016, en el cantón Cuenca, con 603269 habitantes, (INEC, 2017) la HC de un cuencano promedio fue de 2,54 tCO_2e (SASA & GAD Municipal de Cuenca, 2017). Estas emisiones *per cápita* han superado el límite de HC de 2 tCO_2e, establecido a nivel global como sustentable para un ser humano (OMS, 2008; UK Public Health Association, 2008).

La cuantificación de la HC en organizaciones (empresas, instituciones públicas o privadas) refleja resultados más fiables en comparación con cálculos realizados a nivel de países. Esto debido a que la incertidumbre se reduce

cuando existe el manejo de una menor cantidad de información (Ihobe, 2012; Wright et al., 2011). Por su parte, las empresas o instituciones son causantes de distintos impactos adversos al ambiente (Dong, Geng, Xi, & Fujita, 2013) como es el caso de las Instituciones de Educación Superior (IES) que aportan al incremento de emisiones de GEI (François, De la Cruz, & Sasia, 2009; Gaete, 2011; Iyalomhe, Cirella, Russo, Jensen, & Idogho, 2017; Prieto & Muno, 2012; Rappaport & Hammond, 2007).

El interés a nivel mundial por cuantificar y evitar las emisiones de GEI se debe a que promueve el CG y consecuentemente el CC (CDKN, 2014). Se atribuye que, alrededor del mundo, cada año las emisiones de GEI causan siete millones de muertes y pérdidas económicas, alrededor de los $ 5,11 billones (Universidad de Stanford, 2008). Además, se ha encontrado que en los países que emiten la mayor cantidad de GEI, los impactos en la salud a causa de la contaminación del aire cuestan más del 4% de su Producto Interno Bruto (OMS, 2018).

1.3. Justificación

La cuantificación de la HC se ha abordado a escala global en regiones continentales, en países y ciudades (Hertwich & Peters, 2009; Kelman, et al., 2015; WRI & WBCSD, 2018a; WRI & WBCSD, 2018b). También, se ha calculado en organizaciones (IPCC, 2014b; WRI & WBCSD, 2018c) dentro de las cuales, la han adoptado algunas universidades (Leigh, 2009).

En la actualidad, determinadas IES han incorporado aspectos ambientales en su gestión académica, entre estos, el cálculo de la HC (Alba, et al., 2012; González, 2005; Iyalomhe, et al, 2017; Rappaport & Hammond, 2007; Tilbury, 2013). A partir de esto, la HC en las universidades representa una tendencia como indicador de sostenibilidad ambiental (Leigh, 2009; UI GreenMetric, 2015; Zúñiga, Benavides, & Arnáez, 2015) puesto que permite reconocer su efecto social y ambiental (Rappaport & Hammond, 2007). Por esta razón, ciertas IES en Europa, Asia, África y América principalmente han incorporado la HC con el fin de proponer soluciones para evitar la contaminación (Klein-Banai, Theis, Brecheisen, & Banai, 2010; Leigh, 2009; Letete, Wandile, Guma, & Marquard,

2011, Manso, Parrado, & Aristizábal, 2017; Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017; Toledo, Yurisch, & Ainzúa, 2014; Vásquez, Iriarte, Almeida, & Villalobos, 2015).

Los impactos en las IES están relacionados al consumo de electricidad, agua, papel, combustibles fósiles y disposición de desechos sólidos (Güereca, Noyola, & Torres, 2013; Klein-Banai, et al., 2010; Letete et al., 2011; Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017; Udas, Wölk, & Wilmking, 2016). En Ecuador, en el año 2012, la Universidad Politécnica Salesiana (Campus Sur, en Quito) emitió 873,88 tCO_2e (Vilches, Dávila, & Varela, 2015). Un estudio de HC en la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Utadeo en Bogotá), encontró que se emitieron 1688,36 tCO_2e en el 2015 (Manso et al., 2017). A partir de los resultados de ambos estudios, cada IES identificó los impactos derivados de las actividades universitarias para posteriormente elaborar medidas de mitigación de GEI (Manso et al., 2017; Vilches et al, 2015).

En la Universidad de Cuenca (UC) no existe una valoración de los potenciales impactos ambientales del Campus Central (Tigre, 2017) ni el establecimiento de indicadores ambientales como la HC (Dirección de Planificación UC, 2018). El cálculo de HC del Campus Central surge en respuesta a la necesidad de posicionarse como una entidad comprometida con el ambiente y como marco de referencia para la elaboración de futuras medidas de control de emisiones. La HC presenta principalmente dos ventajas, como mecanismo de responsabilidad ambiental de las instituciones y como indicador de la eficiencia organizacional en el aprovechamiento de recursos, puesto que permite identificar las fuentes críticas de emisiones (Rappaport & Hammond, 2007; Schneider & Samaniego, 2010).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

- Determinar la Huella de Carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca durante el periodo enero – diciembre 2017.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Identificar las principales fuentes de emisión, directas e indirectas, dentro del Campus Central de la Universidad de Cuenca.
- Cuantificar el aporte directo e indirecto de emisiones de CO_2e por parte de la población universitaria.
- Crear una aplicación móvil que facilite el cálculo de la Huella de Carbono dentro del Campus Central de la Universidad de Cuenca.

2. Marco teórico

La emisión de GEI como precursor del CC incrementa la temperatura media del planeta, afectando los sistemas humanos y naturales (Castro, Hogenboom, & Baud; CMNUCC, 2006; FAO, 2019; IPCC, 2014c). Como estrategias de respuesta, se han elaborado propuestas para la medición de GEI a través de guías, protocolos, directrices o normativas de cuantificación, entre estas, el cálculo de la HC (Manso et al., 2017).

2.1. Efecto Invernadero (EI)

El primer fenómeno vinculado a la emisión de GEI es el Efecto Invernadero (EI), explicado como el proceso natural en el que la fracción de la energía del Sol es retenida en las moléculas de GEI presentes en la atmósfera terrestre (CMNUCC, 2007). Esto favorece un rango de temperatura apto para la vida al calentar la superficie de la Tierra y la tropósfera (CMNUCC, 2007; IPCC, 2002; Rappaport & Hammond, 2007).

2.1.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Corresponden al grupo de gases que favorecen el EI. Al tener en cuenta a aquellos que son provocados por el ser humano, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) los define como los gases responsables del CG y el CC (UNEP, 2017). El IPCC (1992) considera como GEI al dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarbonados (CFC) CFC11 y CFC12. Por otro lado, en el listado de GEI de la CMNUCC, el PK y del PNUMA se encuentran el CO_2, CH_4, N_2O, Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y el Hexafluoruro de azufre (SF_6) (CMNUCC, 2009; UNEP, 2017).

Los escenarios RCP (Trayectorias Representativas de Concentración) que estiman el incremento de la radiación en la superficie terrestre, pronostican un evidente calentamiento de la Tierra en 2ºC (IPCC, 2014a), así como un

incremento de las emisiones de CO_2 desde 1750 hasta el año 2100 (CDKN, 2014). Para el 2016 se estimó que las emisiones globales de GEI estaban en 47 billones de tCO_2e y se prevé que, si no existe intervención, las emisiones de GEI incrementarán entre un 25 a 90% en el periodo de 2000 al 2030 (CMNUCC, 2007, 2009).

2..1.2. Fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y las Directrices del IPCC establecen una división por categoría de las fuentes de emisiones de GEI a ser incluida en los inventarios (IPCC, 2006a; WRI & WBCSD, 2004). La tabla 1 describe el tipo de fuente de emisión.

Tabla 1. *Clasificación de las fuentes de emisión de GEI.*

Categorías	Fuente de emisión
Combustión fija en equipos estacionarios	Calderas, hornos, quemadores, turbinas, calentadores, incineradores, etc.
Combustión móvil en medios de transporte	Combustión de combustibles en autos, camiones, autobuses, aviones, etc.
Emisiones de procesos	Físicos o químicos.
Emisiones fugitivas (intencionales y no intencionales)	Fugas de uniones, sellos, empaques, etc.

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** WRI & WBCSD, 2004.

2.2. Huella Ambiental (HA)

Una “huella” es un indicador de la medida de la presión que el ser humano ejerce sobre el ambiente (Hoekstra & Wiedmann, 2014; Rockström et al., 2009). La tabla 2 muestra algunas huellas que evalúan un sector en específico de interés ambiental (Wright et al., 2011) diferentes a la HC de la que se tratará en el apartado 2.4: Huella de Carbono (HC).

Tabla 2*. Huellas Ambientales.*

Huella Ambiental	Definición
Huella de Biodiversidad (HB)	Estima la amenaza de las actividades humanas sobre la diversidad.
Huella de Materiales (HM)	Calcula el efecto de la extracción de materia prima, uso, y demanda final de materiales y su impacto como precursor del CC.
Huella Hídrica (HH)	Evalúa el impacto del consumo directo e indirecto del agua. Se divide en Huella Hídrica Azul, Huella Hídrica Verde y la Huella Hídrica Gris.

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** CBS, 2017; Hoekstra, Mekonnen, Chapagain, Mathews, & Richter, 2012; JNCC, 2009; Water Footprint Network, 2009; Wiedmann et al., 2013.

Hoekstra & Wiedmann (2014), han encontrado que huellas como HC, HM y HE ya han superado en por lo menos dos veces los límites máximos sostenibles del planeta.

2.3. Huella Ecológica (HE)

Su autor, Rees (1992) la define como la demanda de área productiva de agua y suelo para sostener los patrones de consumo y de generación de desechos. La HE cuantifica las porciones productivas en hectáreas globales (hag) capaces de secuestrar emisiones de CO_2 provenientes de actividades antropogénicas (Wackernagel & Rees, 1999). Es por esto que la HC se deriva de la HE, debido a que cuantifica la influencia del ser humano sobre un medio en términos de emisiones de CO_2e (Wright et al., 2011).

2.4. Huella de Carbono (HC)

Es la cantidad total de emisiones directas o indirectas de GEI producidas en el desarrollo de una o varias actividades (Güereca et al., 2013; Wright et al., 2011). La HC se conoce con el nombre de inventario de emisiones de GEI, dado que abarca la estimación de todos sus gases establecidos por el PK (Ihobe, 2012; Klein-Banai et al, 2010; Manso et al., 2017). El cálculo se obtiene a partir del

producto del dato de actividad (DA), entrada de materia y/o energía, por un factor de emisión (FE) que es la cantidad de contaminante proveniente de esa actividad (IPCC, 2006a) es decir, utiliza la ecuación 2 que se encuentra en el apartado 3.3.1. Cuantificación de emisiones de GEI.

La HC se puede clasificar como Huella Primaria y Secundaria. La HC Primaria es la medida de emisiones directas producida por la quema de combustibles fósiles, incluyendo el consumo de energía y transporte. La HC Secundaria engloba las emisiones indirectas del ciclo de vida de productos consumidos y emisiones de los procesos productivos de bienes y servicios (Schneider & Samaniego, 2010). Se puede calcular la HC en diferentes límites geográficos, ya sea a escala global, regional, de un país o ciudad (Hertwich & Peters, 2009; Ihobe, 2012; Kelman et al., 2015; WRI & WBCSD, 2004; Wright et al., 2011).

2.5. Estimación de la Huella de Carbono (HC)

2.5.1. Principios para el cálculo de la HC

La aplicación de principios se basa en la selección de cinco criterios para el manejo de información a compilar. Su correcto manejo garantizará la calidad del inventario de emisiones (Álvarez, 2014):

- Pertinencia: Este principio establece que la información del estudio de HC debe ser relevante y de interés para el público objetivo.
- Cobertura total: Se basa en la inclusión de todas las fuentes de GEI, justificando aquellas que serán excluidas del inventario.
- Coherencia: Requiere que los resultados obtenidos sean comparables con los registros de futuras o anteriores evaluaciones.
- Exactitud: Busca que la información sea lo suficientemente precisa para la toma de medidas, para ello requiere de un análisis de incertidumbre de la fuente de datos y resultados.
- Transparencia: Establece que la información compilada debe provenir de fuentes confiables.

2.5.2. Límites para la estimación de la HC

La HC es abordada dentro de límites organizacionales y operativos (Ihobe, 2012). Por un lado, los límites operacionales definen las actividades o procesos llevados a cabo en el interior o exterior de las instalaciones y que señalan las fuentes de emisión a considerar. Por otro lado, los límites organizacionales corresponden al control (operacional y financiero) de las actividades seleccionadas (Álvarez, 2014; Ihobe, 2012).

2.5.3. Alcances para el cálculo de la HC

Un "alcance" es la descripción de una o varias actividades de las que proceden las emisiones de GEI (WRI & WBCSD, 2004). WRI & WBSCD y la UNE-ISO 14064-1 dividen las actividades de una organización en tres niveles de alcance como se muestran en la siguiente tabla.

***Tabla 3**. Alcances de la Huella de Carbono (HC).*

Alcances	Detalle
Alcance 1	Emisiones directas provenientes del consumo combustible controladas por la organización.
Alcance 2	Emisiones indirectas producidas por la generación de energía eléctrica.
Alcance 3	Otras emisiones indirectas provenientes de la compra o venta de bienes o servicios, producción y tratamiento de desechos y movilidad.

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** Wiedmann, 2010; Manso, et al., 2017; CENACE, 2018.

2.5.4. Año base para el cálculo de la HC

El año base ayuda a fijar y dar seguimiento a futuras mediciones de HC. Las instituciones u organizaciones deben seleccionar uno o varios años base que permita la compilación de información confiable para el cálculo. El año base será fijado de acuerdo con la cantidad de información disponible y el enfoque que desee plantearse (WRI & WBCSD, 2004).

2.5.5. Exclusión de emisiones en el cálculo de la HC

Dentro de un inventario, ciertas emisiones pueden excluirse al existir limitaciones para llevar a cabo su estimación (documentación de respaldo) (Puchades, De la Guardia, & Albertos, 2012). También, se pueden descartar siempre y cuando las emisiones supongan menos del 1% del total y su sumatoria no supere el 5% del inventario (Ihobe, 2012).

2.5.6. Factores de emisión (FE)

Es la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera por cada unidad de peso, volumen, distancia o duración de una actividad determinada (IPCC, 2006a). El Cuarto Informe del IPCC (2006e) indica que es posible desarrollar FE específicos para cada país; no obstante, el IPCC (2006c) dispone de una base de datos que pueden seleccionarse por defecto. En la tabla 4 se observan diferentes actividades que poseen FE.

Tabla 4. *Factores de emisión (FE).*

Unidad	Actividades
$kgCO_2/kWh$	Generación de energía
$kgCO_2/L$	Uso de combustibles
$kgCO_2/kg$	Generación de residuos sólidos y líquidos
$kgCO_2/km$	Movilidad
$kgCO_2/m^3$	Abastecimiento y consumo de agua
$kgCO_2/m^2$	Construcción
$\frac{kgCO_2}{km}/pers$	Movilidad per cápita

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** De Toro et al., 2014.

2.5.7. Potencial de Calentamiento Global (PCG)

Las emisiones de los diferentes GEI pueden ser expresadas en unidades de masa de CO_2e (Wiedmann, 2010) a través de los Potenciales de Calentamiento Global (PCG). El PCG mide la cantidad de radiación que puede almacenar un GEI en un tiempo determinado (horizonte temporal) para relacionarla con la capacidad que tiene el CO_2 para almacenar radiación en el mismo horizonte

temporal (IPCC, 2014a). Por ejemplo, para el caso del N_2O que posee un PCG de 265 en un horizonte temporal de 100 años, se puede decir que la emisión de 1 tonelada métrica de N_2O equivaldría a la emisión de 265 toneladas métricas de CO_2.

2.5.8. Análisis de la incertidumbre de la estimación de emisiones

La incertidumbre representa la variabilidad e inexactitud en los datos utilizados para la estimación de emisiones. Su propósito es definir la calidad del inventario. La cuantificación garantiza la objetividad de los valores asignados; *The Environmental Protection Agency* (EPA), propone una metodología denominada *Data Attribute Rating System* (DARS). Esta es una calificación alfabética y colorimétrica de los FE y datos de actividad (DA) que considera cinco criterios previamente definidos en la tabla 5 que van desde A (excelente) hasta E (deficiente) (Baca, 2014).

Tabla 5. *Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones.*

Actividad	Factor de emisión				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Fuente: (CORPAIRE, 2006).

Donde:

Categoría A (blanco): Calidad muy alta. El detalle de la información es suficiente para este y futuros inventarios.

Categoría B (verde): Calidad alta. El detalle de la información es bueno, pero se podría disminuir la incertidumbre.

Categoría C (amarillo): Calidad media. Se requiere información de mayor detalle cuando los recursos estén disponibles.

Categoría D (naranja): Calidad baja. Deben tomarse acciones en el mediano plazo para reducir la incertidumbre de este y futuros inventarios.

Categoría E (rojo): Calidad muy baja. Deben tomarse acciones inmediatas para reducir la incertidumbre.

3. Materiales y métodos

En este estudio, el cálculo de emisiones de GEI en el Campus Central de la Universidad de Cuenca, se basó en los lineamientos de la Guía Metodológica para la Aplicación de la Norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el Desarrollo de Inventarios de GEI (Ihobe, 2012) y las Directrices del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC, 2006a). Se seleccionó el 2017 como año base por la disponibilidad de datos requeridos (Mantilla, 2012). Este estudio fue dividido en tres fases para su mejor comprensión: 1. definición de límites, 2. cuantificación de emisiones y 3. planteamiento de una alternativa para calcular la HC.

- **Fase I:** Se definieron los límites organizacionales y operativos para el cálculo. Además, se identificaron las fuentes emisoras de GEI y se recopiló información disponible dentro del Campus y de otras instituciones públicas para las emisiones indirectas (anexo 2) (Manso et al., 2017).
- **Fase II:** Se estableció el cálculo matemático de la HC utilizando los datos recopilados (datos de actividad y factores de emisión). También, se realizó la estimación de la incertidumbre de la HC estimada (Vásquez et al., 2015).
- **Fase III:** Incluyó la creación de una aplicación móvil piloto que calcula la HC individual de quienes conforman la comunidad universitaria.

3.1. Área de estudio

La Universidad de Cuenca está conformada por cinco Campus: Campus Central, Campus Paraíso, Eco – Campus Balzay, Campus Centro Histórico y Campus Yanuncay (Unidad de Comunicación UC, 2018). El Campus Central, con coordenadas 2°54′02″S y 79°00′32″O, fue seleccionado como área de estudio y se sitúa en el cantón Cuenca, parroquia Sucre, en el casco urbano de la ciudad (anexo 1). Este Campus está conformado por 96734 m^2 de terreno. Una clasificación por el tipo de espacio y de recurso involucrado se puede ver en la tabla 6, donde “**Usa**” significa que se utiliza dicho recurso y “**No usa**” que no es

requerido (Dirección de Planificación Física UC, 2018). La población del Campus en el 2017 fue de 9349 estudiantes y 1117 empleados (Dirección de Planificación UC, 2018).

Tabla 6. *Establecimientos dentro del Campus Central y recursos consumidos por dependencia.*

Descripción	N.º de dependencias	Tipo de recurso consumido				
		Agua	Electricidad	Combustible	Papel	Desechos
Facultades	7	Usa	Usa	No usa	Usa	Usa
Departamentos administrativos	15	Usa	Usa	Usa	Usa	Usa
Servicios universitarios*	6	Usa	Usa	No usa	No usa	Usa
Recreación y deporte**	3	Usa	Usa	Usa	No usa	Usa
Departamentos de investigación	4	Usa	Usa	No usa	Usa	Usa

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** Unidad de Comunicación UC, 2018.

***** Servicios universitarios: Centro de Documentación "Juan Bautista Vázquez", Dispensario Médico y Laboratorio Clínico de Atención al Público, Centro de Desarrollo Infantil "Los Angelitos", Almacén Universitario - Cooperativa de Consumo, Teatro Carlos Cueva Tamariz e Imprenta.

****** Recreación y deporte: Coliseo, CREDU (Centro de Recreación y Deporte de la Universidad de Cuenca) y Estadio.

3.2. Fase I: Definición de límites

3.2.1. Límites organizacionales

El cálculo de la HC se llevó a cabo desde el enfoque de control, considerando los criterios operacional y financiero (Álvarez, 2014; Ihobe, 2012). En el criterio operacional, siguiendo el planteamiento de Saavedra (2017), se verificó el consumo de combustibles en las bitácoras de la flota de vehículos del Campus, hojas de registro de los calderos e inventario de materiales en la imprenta, entre otros. En el criterio financiero, de acuerdo con lo establecido por Mantilla (2012), se obtuvieron datos de consumo mediante facturas de pago de servicios como

agua potable, energía eléctrica, disposición de desechos y compra de combustibles (diésel, gasolina y Gas Licuado de Petróleo, GLP).

3.2.2. Límites operativos

El cálculo de emisiones de GEI fue abordado bajo tres alcances (emisiones directas, emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica y otras emisiones indirectas), tal como lo recomiendan el WRI y WBCSD y la norma UNE-ISO 14064-1.

3.2.3. Identificación de fuentes de emisión de GEI

Según lo propuesto por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (2004), se realizó un reconocimiento *in situ* de las diferentes instalaciones para identificar las fuentes de emisión directas e indirectas. Esto se llevó a cabo mediante observación directa y entrevistas en cada área (Mantenimiento, Planificación física, CREDU, Movilidad, Financiero, Imprenta). Los GEI incluidos en cada estimación son los establecidos por el PK y se seleccionaron a partir de una revisión bibliográfica.

3.2.4. Exclusión de emisiones de GEI

El Libro I del Cuarto Informe del IPCC recomienda obviar actividades en las que exista limitación técnica para calcular emisiones. Por esta razón, se excluyeron las emisiones fugitivas y emisiones del tratamiento de aguas residuales.

3.2.5. Recopilación de Datos de actividad (DA) y Factores de emisión (FE)

Siguiendo el enfoque del IPCC (2006b) para la elaboración de inventarios, se solicitó la información requerida mediante documentos oficiales. Los parámetros DA obtenidos fueron: a. consumos de combustibles, b. energía eléctrica, c. agua potable y d. desechos producidos. Los FE usados fueron en su mayoría de nivel 1 (establecidos por defecto) (IPCC, 2006c); no obstante, el FE para el consumo eléctrico, fue de nivel 3, es decir, calculado para el Ecuador y proporcionado por

la CENACE (2018). En el alcance 3 se utilizaron FE que permitieron trasformar los DA directamente en unidades de CO_2e.

Los DA de la cantidad de papel consumido y viajes aéreos con fines académicos, se obtuvieron a través de una encuesta realizada a una muestra representativa de la comunidad universitaria (anexo 3). Se empleó el Muestreo Aleatorio Simple (MAS) (ecuación 1) para obtener el número de personas que debían ser encuestados, considerando estadísticamente a la población como una distribución normal (Barzola & Pavón, 2014; Saavedra, 2017) y se extrapolaron los resultados al 100% de la población (Pandey, Agrawal, & Pandey, 2010).

Ecuación 1.

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

Donde:

N = Tamaño de la población

Z = Nivel de confianza

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

d = Precisión o Error máximo admisible en términos de proporción (Barzola & Pavón, 2014; Otzen & Manterola, 2017).

En primera instancia, al realizar la encuesta se planteó incluir el desplazamiento de la comunidad universitaria desde sus domicilios hasta el Campus Central y viceversa como fuente de emisión indirecta en el inventario; no obstante, una vez obtenida la información, se declaró no factible por el riesgo de sobreestimación. Por otro lado, la encuesta aplicada incluyó preguntas ajenas al cálculo de la HC (de la pregunta 15 a la 21), que fueron requeridas por la Unidad de Gestión Ambiental de la Institución para la generaración de indicadores ambientales; estas preguntas contribuyeron al análisis y discusión de este estudio.

3.3. Fase II: Cuantificación de emisiones

3.3.1. Cálculo de emisiones de GEI

Las ecuaciones fueron extraídas del Cuarto Informe del IPCC y mantienen el principio de la ecuación 2 (IPCC, 2006a). Esta ecuación fue utilizada para estimar las emisiones de los consumos de agua, papel, electricidad, combustibles, viajes aéreos, generación de desechos peligrosos, eliminación de desechos comunes e incineración de desechos peligrosos.

Ecuación 2.

$$E = DA * FE$$

Donde:

E = Emisiones de GEI
DA = Dato de actividad (entrada de materia y/o energía)
FE = Factor de emisión de cada actividad y el GEI a analizar.

Los DA del consumo de combustible en unidades de volumen fueron convertidos a unidades de masa y energía, mediante la densidad y Poderes Caloríficos Netos (PCN) para poder ser utilizados en la ecuación 2 (IPCC, 2006d); estos valores se visualizan en la tabla 7.

Tabla 7. *Características de los combustibles considerados en el alcance 1.*

Combustible	Densidad (kg/l)	PCN (TJ/Gg)
Diésel	0.8439	41.8
Gasolina Extra	0.7407	39.8
GLP	-	47.3

Fuente: PETROECUADOR, 2007.

Según lo recomendado por Wiedman & Minx (2008) y Sawant & Babaleshwar (2015), se utilizaron FE que expresan el resultado de la HC en unidades de tCO_2e. Además, todas las emisiones de GEI obtenidas se estandarizaron a esa unidad empleando los PCG que se observan en la tabla 8 y aplicando la ecuación 3 (Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017).

Ecuación 3.

$$E_{CO_2e} = E * PCG$$

Donde:

E_{CO_2e} = Emisiones de $CO_2e\ (t)$
E = Emisión de GEI producida (t)
PCG = Potencial de Calentamiento Global.

Tabla 8. *Potenciales de Calentamiento Global (PCG) de los GEI.*

GEI	Fórmula	PCG en 100 años (CO_2)
Dióxido de carbono	CO_2	1
Metano	CH_4	28
Óxido nitroso	N_2O	265

Fuente: IPCC, 2014a.

Una vez obtenidas las emisiones de todas las fuentes expresadas en tCO_2e, se realizó la sumatoria de emisiones por cada alcance y de forma total.

3.3.2. Estimación de la incertidumbre del cálculo

De acuerdo con los criterios de calificación recomendados por la EPA (1996) para la evaluación semicualitativa de incertidumbre, se aplicó el enfoque de *Data Attribute Rating System* (DARS) que consiste en una matriz colorimétrica señalada en la sección 2.5.8 para conocer el grado de confianza del cálculo efectuado.

3.3.3. Aporte para futuras oportunidades en la cuantificación de remoción de emisiones de GEI

Mediante la observación directa y de una entrevista al representante de la Dirección de Planificación Física y Áreas Verdes de la Universidad de Cuenca, se determinó el componente forestal del Campus Central a través de un censo de árboles como principales sumideros de carbono en la Naturaleza (anexo 16).

3.4. Fase III: Generación de una alternativa digital para la cuantificación de emisiones de GEI

3.4.1. Creación de una Aplicación móvil piloto para Android

La aplicación piloto tiene la capacidad de calcular individualmente la HC de quienes conforman la comunidad universitaria durante un semestre académico. Consta de un cuestionario de ocho preguntas cerradas que consideran cinco fuentes de emisión que se detallan a continuación.

- **Movilidad terrestre:** Se evalúan las emisiones que provienen del tipo de desplazamiento del individuo; ya sea en automóvil, motocicleta, autobús, bicicleta o a pie. Este ítem se mide en km, a excepción del transporte en buses urbanos que requiere el tiempo aproximado del recorrido en minutos.
- **Viajes aéreos:** Considera el número de viajes con fines académicos ya sean vuelos nacionales, internacionales cortos y largos.
- **Consumo de papel:** Este dato es obtenido como la cantidad de hojas consumidas por individuo durante una semana.
- **Consumo de electricidad:** Para calcular las emisiones de esta fuente se considera el tiempo del uso del computador en horas durante un día (laptop o computadora de escritorio).
- **Desechos:** Abarca las emisiones provenientes del papel, plástico, desechos orgánicos y vidrio que un individuo produce dentro de la Universidad en una semana.

La aplicación piloto para *Android* (anexo 17) fue desarrollada por un profesional en el área utilizando el programa *Android Studio 3.3.1* (Android Developers, 2019). El principio de funcionamiento es similar a una calculadora programada para realizar operaciones de multiplicación y sumatoria partiendo de los datos ingresados por el usuario y los FE para cada fuente de emisión.

3.4.2. Prueba preliminar de la Aplicación móvil piloto

Posteriormente, se utilizó esta herramienta en un grupo meta, seleccionando al azar a 30 personas entre mujeres y varones (estudiantes, investigadores, docentes, personal administrativo y de servicio) (anexo 18). Al finalizar el cálculo de su HC, se realizó una breve entrevista para conocer sus opiniones acerca de su experiencia al utilizar la aplicación piloto. Las preguntas de la entrevista fueron las siguientes:

1. ¿Cuál es su rol en la comunidad Universitaria y a qué dependencia o facultad pertenece?
2. ¿Qué tan práctica considera la aplicación piloto? Califíquela en una escala del 1 al 5, siendo 1 nada y 5 mucho.
3. ¿Qué tan interesante considera la aplicación piloto? Califíquela en una escala del 1 al 5, siendo 1 nada y 5 mucho.
4. ¿Tuvo alguna inquietud acerca de la aplicación piloto o tiene algún comentario o sugerencia de esta?

Luego de la prueba piloto y los resultados de las HC promedio de los cinco roles de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes, trabajadores, personal administrativo y de servicio) fueron calificados dentro de una escala cualitativa de alta, media o baja. Para esto se utilizó el valor máximo y el mínimo con el que se obtuvieron los tres rangos diferenciales.

4. RESULTADOS

4.1. Resultado de la identificación de fuentes de emisión de GEI

En la tabla 9 se encuentran señalados los GEI cuantificados en el inventario. Se observa que las fuentes de emisión directa en calderos y en motores de combustión, así como la incineración de desechos peligrosos fueron calculadas individualmente por cada GEI. Mientras que, existieron fuentes en las que únicamente se estimó el CO_2e. Las fuentes de emisión calculadas en unidades de CO_2e fueron viajes aéreos, uso de electricidad, consumo de agua y de papel, generación de residuos peligrosos y disposición final de desechos comunes. Así mismo, se indican las categorías para cada DA según el tipo de combustión y fuente de emisión.

Tabla 9. *Lista de control de fuentes de emisión identificadas en el Campus Central.*

Categoría de emisión	Fuente de emisión	Dato de actividad	GEI			CO_2e
			CO_2	CH_4	N_2O	
Combustión fija	Calderos	Consumo de diésel y GLP	✓	✓	✓	✓
Combustión móvil	Motores de combustión	Consumo de diésel y gasolina	✓	✓	✓	✓
Combustión fija	Uso de electricidad	Consumo de combustibles				✓
Combustión móvil	Viajes aéreos	km recorridos				✓
Desechos	GRP*	kg de desecho				✓
	Disposición final de desechos comunes	kg de desecho				✓
	Incineración RP**	kg de desecho	✓	✓	✓	✓
Proceso	Consumo de papel	kg de papel consumido				✓
	Consumo de agua	m^3 de agua consumida				✓

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** Ihobe, 2012.

* Generación de Residuos Peligrosos
** Residuos Peligrosos

kg = kilogramos
m^3 = metros cúbicos

4.2. Resultado del Muestreo Aleatorio Simple (MAS)

El muestreo fue aplicado en el levantamiento de información a través de encuestas. El MAS, con un error del 5%, considerado como confiable (Casal & Mateu, 2003), dio como resultado una muestra del 9% para asegurar su representatividad. En la tabla 10 se observa que, del total de 968 personas entrevistadas, el 87,36% correspondió a estudiantes de las seis facultades y 10,64% al personal que labora en el Campus Central.

Tabla 10. *Número de encuestas realizadas a partir del Muestreo Aleatorio Simple (MAS).*

Comunidad Universitaria	# Total de personas por dependencia	# Encuestas
Estudiantes	9349	865
Trabajadores, personal administrativo y de servicio	1117	103
Total	10466	968

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

Los resultados de las encuestas (consumo de papel y viajes aéreos) fueron categorizados por facultad. La información en detalle se encuentra en el anexo 5 y tabla 12. La muestra fue extrapolada al 100% de la población con el fin de obtener una estimación del aporte real de estas fuentes de emisión.

4.3. Resultados del levantamiento de información de Datos de Actividad (DA) y Factores de Emisión (FE)

En la tabla 11 se observan los DA y FE utilizados (anexo 5 al 15). Se encontró que los FE del CH_4 y N_2O son mucho menores a los del CO_2. Estos aspectos son relevantes si se toma en cuenta que las emisiones producidas tienen relación directa con los DA y FE (Wright et al., 2011).

***Tabla 11**. Datos de actividad y Factores de emisión utilizados en el cálculo.*

Inventario	Datos de Actividad	Unidades	FE	Unidades
Alcance 1 (Emisiones directas por combustión de combustibles)				
Consumo de gasolina en flota vehicular	663,4	gal	69300	$kgCO_2/TJ$
			33	$kgCH_4/TJ$
			3,2	kgN_2O/TJ
Consumo de diésel en flota vehicular	158	gal	74100	$kgCO_2/TJ$
			3,9	$kgCH_4/TJ$
			3,9	kgN_2O/TJ
Consumo de gasolina en máquinas	362,6	gal	69300	$kgCO_2/TJ$
			10	$kgCH_4/TJ$
			0,60	kgN_2O/TJ
Consumo de diésel en máquinas	3018,4	gal	74100	$kgCO_2/TJ$
			10	$kgCH_4/TJ$
			0,60	kgN_2O/TJ
Consumo de GLP en máquinas	27734	kg	63100	$kgCO_2/TJ$
			5	$kgCH_4/TJ$
			0,10	kgN_2O/TJ
Alcance 2 (Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica)				
Consumo de electricidad	1871,84	MWh	0,4165	tCO_2e/MWh
Alcance 3 (Otras emisiones indirectas)				
Consumo de papel	1048,5	kg	1,3	$kgCO_2e/kg$
GRP* Envases contaminados	293,02	kg	0,0262	$kgCO_2e/kg$ residuo
Eliminación de desechos comunes	896,84	kg	0,021	$kgCO_2e/kg$
Incineración RP**	0,445	t	0,636	tCO_2/t
	0,000445	Gg	60	$kgCH_4/Gg$
			60	kgN_2O/Gg
Consumo de agua	52696	m^3	0,1427	$kgCO_2e/m^3$
Vuelos cortos (<785)	5196	km	0,173	$kgCO_2e/$ km
Vuelos medios (785-3700)	8982		0,097	
Vuelos largos (>3700)	49996		0,087	

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019. **Con base en:** CENACE, 2018; De Toro et al., 2014; IPCC, 2006d, 2006f; Manso, et al., 2017; Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017; Vásquez et al., 2015.

* GRP: Generación de Residuos Peligrosos
* RP: Residuos Peligrosos
gal = galones
kg = kilogramos
Gg = Gigagramos
t = toneladas
TJ = Terajoule
km = Kilómetros

m^3 = metros cúbicos MWh = Mega Watts consumidos por hora

En la tabla anterior, dentro del alcance 1, la fuente de emisión directa de mayor interés es el CREDU debido a la cantidad de combustible consumido para calentar agua de sus instalaciones recreativas. En esta instalación existió un consumo de 27734 kg de GLP y 2284 gal de diésel (en detalle, anexo 9). Tal como se pudo observar, los DA y FE del consumo de energía eléctrica en el Campus son elevados. Por otro lado, en el alcance 3, se evidencia que los FE de la eliminación de desechos comunes es muy pequeño; sin embargo, su DA fue el más elevado entre las categorías de los residuos. Esto quiere decir que la cantidad de desechos eliminados en rellenos sanitarios es mayor que la cantidad de desechos peligrosos generados e incinerados.

4.4. Resultados del cálculo de emisiones de GEI

La tabla 12 permite visualizar las emisiones de GEI calculadas a partir de la integración de los DA y FE. Se encontró que el CO_2 emitido es mayor que el N_2O y CH_4, esto para todas las fuentes del inventario. El parámetro de mayor aporte de CO_2e fue el consumo de electricidad, es decir, que el alcance 2 tiene el mayor aporte a la HC y las categorías vuelos largos y consumo de combustible en máquinas (GLP y diésel) le siguen en magnitud. Un hallazgo relevante fue que las emisiones provenientes de la generación e incineración de residuos peligrosos y de la eliminación de desechos comunes tuvieron un aporte mínimo a la HC del Campus Central.

Tabla 12. *Emisiones producidas por categoría del inventario.*

Inventario	Emisiones [kg]		Emisiones [t]
	Cantidad	**GEI**	**CO_2e**
Alcance 1 (Emisiones directas por combustión de combustibles)			
Consumo de gasolina en flota vehicular	4065,78	CO_2	**4,07**
	1,94	CH_4	**0,05**
	0,19	N_2O	**0,05**
Consumo de diésel en flota vehicular	1562,46	CO_2	**1,56**
	0,08	CH_4	**0,002**
	0,08	N_2O	**0,02**
Consumo de gasolina en máquinas	2975,50	CO_2	**2,98**
	6,04	CH_4	**0,17**
	0,02	N_2O	**0,01**
Consumo de diésel en máquinas	30614,89	CO_2	**30,61**
	1587,04	CH_4	**44,44**
	0,54	N_2O	**0,14**
Consumo de GLP en máquinas	82775,73	CO_2	**82,78**
	6,56	CH_4	**0,18**
	0,13	N_2O	**0,03**
Alcance 2 (Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica)			
Consumo de electricidad	779620	CO_2e	**779,62**
Alcance 3 (Otras emisiones indirectas)			
Consumo de papel	1363,05	CO_2e	**1,36**
Eliminación de desechos comunes	18,83	CO_2e	**0,02**
Generación de residuos peligrosos	7,68	CO_2e	**0,0077**
Incineración de desechos peligrosos	283	CO_2	**0,283**
	0,0267	CH_4	**0,00075**
	0,0267	N_2O	**0,0071**
Consumo de agua	5572,86	CO_2e	**5,57**
Vuelos cortos (<785)	898,91	CO_2e	**29,96**
Vuelos medios (785-3700)	871,25		**29,04**
Vuelos largos (>3700)	4349,65		**144,99**

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

La ilustración 1 muestra las emisiones individuales de las fuentes directas e indirectas establecidas en el inventario y representadas en tCO_2e. Se reconocieron seis actividades principales que aportan a la HC del Campus Central. Entre estas se encuentran: el consumo de E. Eléctrica, Combustión de combustibles (GLP, gasolina y diésel), Vuelos con fines académicos, Consumo de Agua, Consumo de Papel y Manejo de Desechos. Los resultados mostraron que las emisiones indirectas son las que predominan. Sin embargo, la única fuente directa "combustión de combustibles" con 167,01 tCO_2e aportó con un valor significativo a la HC. Se observa que los viajes aéreos realizados por la comunidad universitaria constituyeron una fuente de emisión relevante, aunque su cálculo en la presente metodología se considera de carácter no obligatorio. Por último, se registró que las emisiones del consumo de agua, papel y desechos son mínimas con relación a las demás fuentes. Por lo anteriormente señalado, las principales fuentes de emisión encontradas en el Campus Central fueron el consumo eléctrico del Campus, los calderos del CREDU y la flota vehicular de la Institución debido al consumo de combustibles respectivamente.

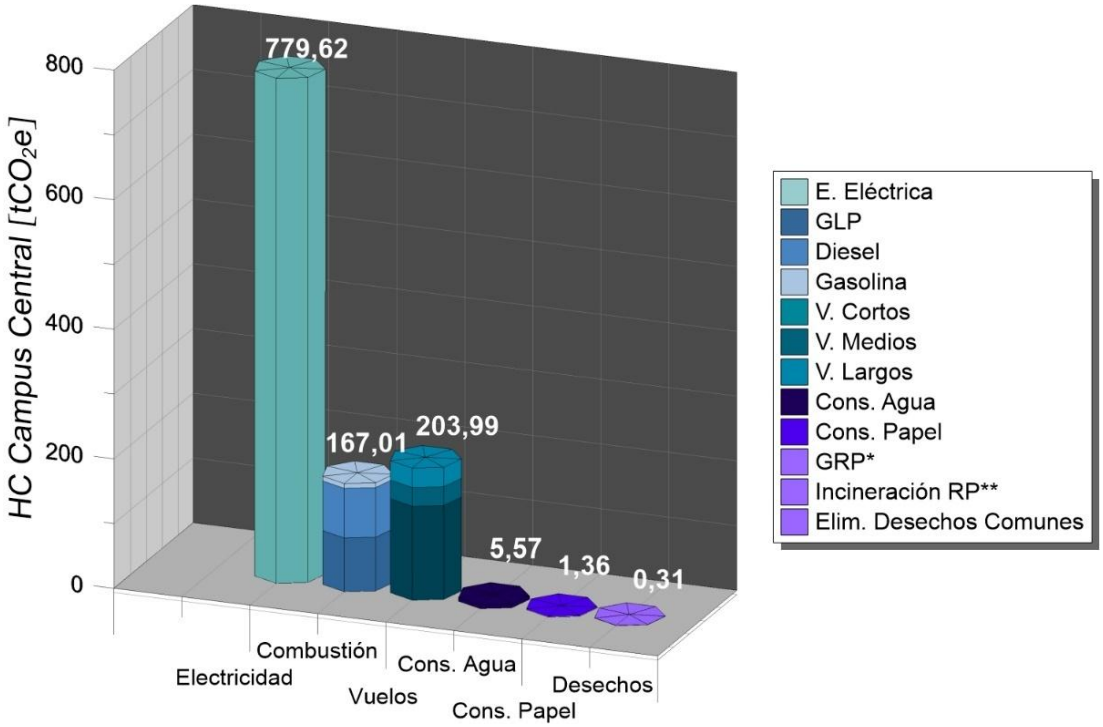


***Ilustración 1**: Emisiones de CO_2e del Campus Central por categoría de emisión.*

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019

* GRP: Generación de Residuos Peligrosos.

** RP: Residuos Peligrosos

Las emisiones de GEI fueron obtenidas a partir de la sumatoria de categorías del inventario para cada alcance. El total de emisiones para cada alcance en orden de magnitud es: alcance 2, alcance 3 y, por último, el alcance 1. De esta manera se obtuvo que la HC del Campus Central de la Universidad de Cuenca durante el 2017 fue de 1157,96 tCO_2e tal como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. *Emisiones totales de CO_2e.*

Alcances	Fuente de emisiones	Emisiones [tCO_2e]
Alcance 1	GLP	82,99
	Gasolina	7,32
	Diésel	76,78
Alcance 2	Consumo de energía eléctrica	779,62
Alcance 3	Consumo de papel	1,36
	Desechos	0,32
	Consumo de agua	5,57
	Vuelos	203,99
Emisiones totales		**1157,96**

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

Una comparación entre el consumo de GLP y diésel demostró que por cada kilogramo de diésel consumido se emitieron 3,19 $kgCO_2e$; mientras que, por cada kilogramo de GLP se emitieron 2,99 $kgCO_2e$.

Las ilustraciones 2 y 3 permiten visualizar las proporciones de los tres alcances que conforman la HC del Campus Central. El alcance 2 tiene el mayor aporte al inventario; esta emisión es cerca de cuatro veces mayor que los alcances restantes. Aunque las proporciones de emisiones de GEI de los alcances 1 y 3 son similares, el primero es el que tiene menor valor.

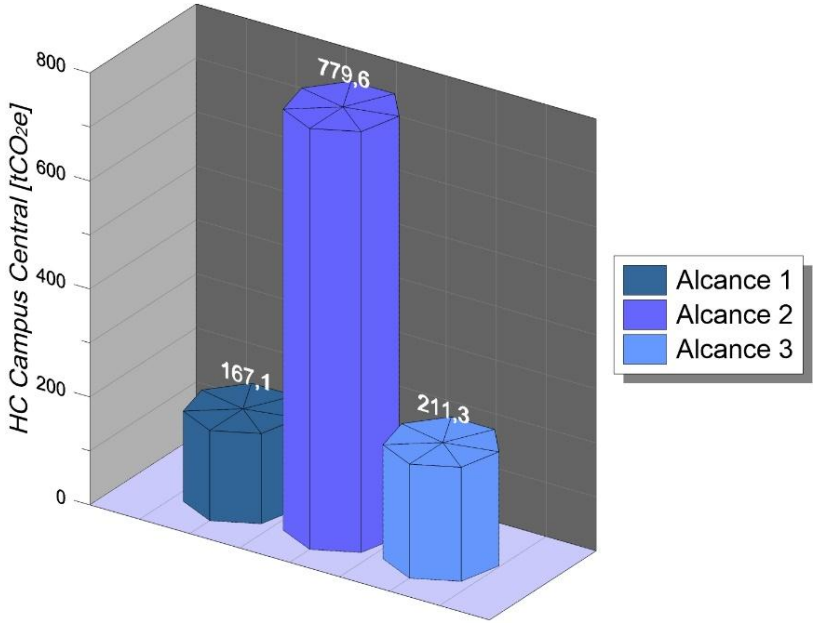


Ilustración 2. *Emisiones del Campus Central por alcance.*

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

En la ilustración 3, se señalan las fuentes de emisión que conforman el alcance 3, el cual cuenta con el mayor número de categorías, destacando que los vuelos poseen la mayor contribución dentro de este alcance.

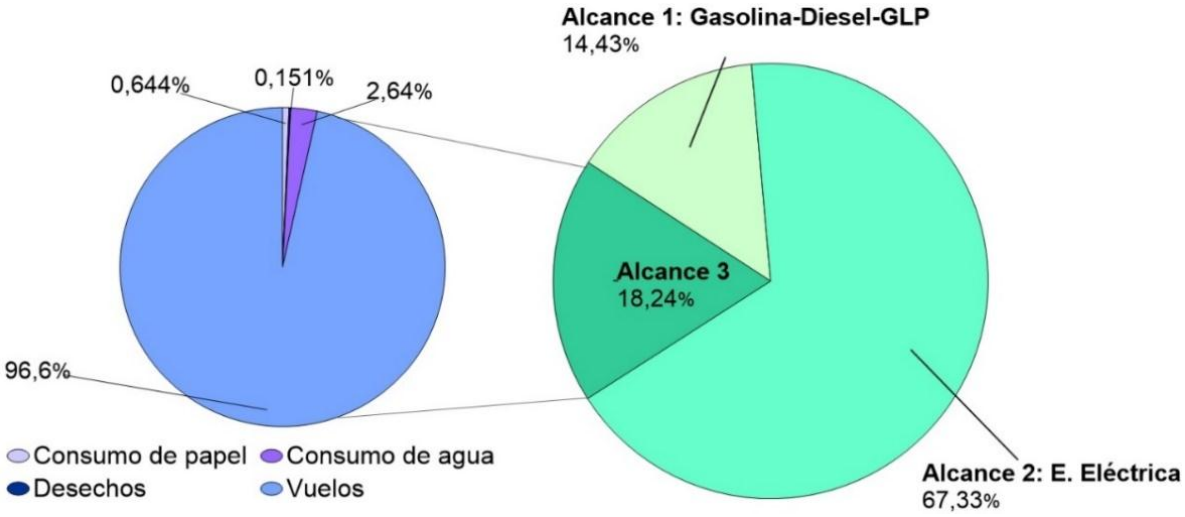


Ilustración 3. *Emisiones del alcance 3 de la Huella de Carbono en el Campus Central.*

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

4.5. Resultados de la estimación de la incertidumbre

En la tabla 14 se muestran los resultados de la estimación de la incertidumbre del cálculo. Existió una estimación de emisiones de tipo *B* (calidad alta) para el alcance 1 y la incineración de desechos; de tipo *A* (calidad muy alta) para el alcance 2 y de tipo *C* para el alcance 3 (calidad media que requiere información de mayor detalle cuando los recursos estén disponibles). Por lo tanto, las fuentes de emisión con mayor incertidumbre son de las del alcance 3.

Tabla 14. *Estimación de incertidumbre del cálculo.*

Categorías	DA	FE	Estimación de emisión
Consumo de gasolina en flota vehicular	A	C	B
Consumo de diésel en flota vehicular	A	C	B
Consumo de gasolina en máquinas	A	C	B
Consumo de diésel en máquinas	A	C	B
Consumo de GLP en máquinas	A	C	B
Consumo de electricidad	A	A	A
Consumo de papel	B	D	C
Eliminación de desechos comunes	A	D	C
Generación de residuos peligrosos	A	D	C
Incineración de desechos peligrosos	A	C	B
Consumo de agua	A	D	C
Vuelos cortos (<785)	B	D	C
Vuelos medios (785-3700)	B	D	C
Vuelos largos (>3700)	B	D	C

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

4.6. Resultados del censo de especies de árboles para futuras oportunidades en la cuantificación de remoción de emisiones de GEI

Se llevó a cabo el levantamiento de información de los árboles presentes en el Campus Central (anexo 16). En esta se detalla el género, nombre común, familia, hábito y ubicación de cada una de ellas. Se encontraron 103 géneros, entre los cuales existen 594 árboles, 1444 arbustos, 238 enredaderas y 10172 herbáceas.

4.7. Resultados del aplicativo móvil piloto

Una vez realizado el cálculo de emisiones y el análisis de sus resultados, se desarrolló una aplicación móvil piloto para calcula la HC personal de la comunidad universitaria (anexo 17). En la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos del grupo meta seleccionado al azar en el Campus Central. El promedio de los resultados indicó que, dentro de la comunidad universitaria, los investigadores y personal administrativo tienen una HC mayor a los docentes. Se destaca que los roles con mayor y menor HC fueron los investigadores y trabajadores respectivamente. Al realizar entrevistas a los investigadores pudimos detectar un factor detonante en sus altas HC, este hecho se acredita principalmente al largo tiempo de uso de sus computadoras. En contraste, los trabajadores entrevistados expresaron no utilizar papel, computadoras ni haber realizado viajes aéreos debido a sus actividades laborales. La moda encontrada en las preguntas dos y tres fue la opción cinco, es decir, que la aplicación piloto es muy práctica e interesante. Si bien, las dudas, comentarios y sugerencias receptados en cada prueba no se detallan en la tabla 15, pero contribuyeron significativamente al mejoramiento de la aplicación.

Tabla 15. *Resultados de la prueba piloto de la aplicación móvil.*

Rol	HC promedio [kg CO_2e/ciclo]	Nivel
Estudiante	40928,8	Bajo
Investigador/a	93222,2	Alto
Docente	45131,3	Medio
Administrativo	89274,7	Alto
Trabajador	415,7	Bajo

Realizado por: Illescas; Muentes, 2019.

Luego de realizar la prueba piloto de la aplicación móvil tal como lo plantea Lin (2015), se comprobó que el desarrollo de herramientas tecnológicas como esta, ayudan a conocer el valor de las emisiones producidas para posteriormente incentivar a la implementación de medidas de reducción.

DISCUSIÓN

Las actividades desarrolladas dentro de las IES al igual que labores realizadas en otro tipo de organizaciones tienen un impacto negativo al contribuir con emisiones de GEI al ambiente. Es importante destacar que existen variables específicas dentro de las IES que influyen en su HC como el uso de la energía eléctrica, el número de instalaciones, el tipo de movilidad de la comunidad, entre otras. Es por esto, que se deben considerar los límites organizacionales, operacionales y temporales al momento de comparar emisiones de GEI entre universidades (Klein-Banai et al, 2010; Presekal, Herdiansya, Harwahyu, Suwartha, & Fitri, 2018).

A pesar de aquello, se evidenció un grado de similitud entre las fuentes de emisión del Campus Central y las fuentes identificadas en una evaluación de GEI en 85 universidades de Estados Unidos en el 2010 (Leigh, 2009; Sinha et al., 2010). En el presente trabajo, el CREDU fue detectado como la principal fuente de emisión directa debido al alto consumo de GLP y diésel.

Una vez comparadas las emisiones de los alcances 1 y 3 de este estudio con los resultados de las universidades en Turquía, España y Colombia hemos detectado que por lo general el alcance 3 tiene un mayor aporte a la HC que el alcance 1 (De Toro et al., 2014; Presekal et al., 2018; Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017). Es importante mencionar que esto puede deberse a que el alcance 3 está sujeto a la cantidad de fuentes que se incluyan, puesto que, como se ha señalado anteriormente, es de carácter no obligatorio.

En la Utadeo de Bogotá, Universidad Autónoma de México (UNAM) y en la Universidad de Córdova (UCO) de España al igual que en este estudio, la mayor parte de las emisiones del alcance 3 provinieron principalmente de los viajes aéreos largos (De Toro et al., 2014; Güereca et al., 2013; Manso et al., 2017). Lo anterior pone en evidencia que la movilidad aérea es una fuente de emisión que aporta considerablemente a las emisiones de GEI.

Los resultados de la HC en IES como el Campus Esentepe de la Universidad Sakarya de Turquía, Universidad Estatal de Minnesota y la NTNU en Noruega, así como el Campus Central de la UC muestran que las emisiones del alcance 2 representan más del 50% del total (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011; Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017; Vásquez et al., 2015). Esto se debe a que los FE del suministro eléctrico son elevados; no obstante, la HC puede disminuir al contar con sistemas de cogeneración de energía eléctrica.

En contraste a los resultados presentados por la NTNU de Noruega, Campus Esentepe de la Universidad Sakarya de Turquía y de la Universidad Estatal de Minnesota en Estados Unidos, en la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador (Campus Sur, en Quito), se encontró que el alcance 2 fue el segundo más importante en términos de emisiones. El primero fue el alcance 3; sin embargo, esto se debe a que en ese estudio fueron consideradas las emisiones por construcción de un edificio del Campus que aportó considerablemente a su HC (Vilches et al, 2015).

Un aspecto que se debe considerar en los resultados del alcance 2 de este estudio, son los consumos por horario según lo establece la empresa CENTROSUR CA (A= 7h00-18h00, B=18h00-22h00, C=22h00-7h00). Se observó una tendencia de consumo en horario A (anexo 12) en el que se cumplen la mayor parte de las jornadas académicas y de trabajo de la comunidad universitaria. Por otro lado, el medidor T.EA.B. L (anexo 11) correspondiente a instalaciones que concentran actividades administrativas y servicio (biblioteca, dispensario médico y supermercado) tuvieron el mayor consumo eléctrico. Larsen et al, (2011) y Güereca et al., (2013) encontraron un aporte significativo a las emisiones de GEI producto de labores administrativas y de oficina, puesto que requieren de un consumo constante de energía eléctrica por el uso de equipos electrónicos aquí presentes (computador, fotocopiadoras, teléfonos fijos, entre otros).

Las emisiones de GEI obtenidas a partir de los desechos son muy pequeñas y representan únicamente el 0,028% de las emisiones totales. La GRP y la eliminación de desechos comunes tuvieron el menor aporte a causa de que los

FE utilizados reflejaban emisiones bajas por cada unidad de desecho producido o eliminado. Esto coincide con interpretaciones de otros estudios, dentro de los cuales, se muestra que las emisiones de este tipo representan el 0,066% y 0,70% de sus HC totales (Letete et al., 2011; Sreng & Gümrükçüoğlu, 2017).

Siguiendo los resultados hallados por Larsen et al, (2011) y Vásquez et al, (2015), en este estudio, se determinó la HC *per cápita* que fue de 0,11 tCO_2e/persona. En la Universidad Cape Town de Sudáfrica se encontró que este valor es menor a 4,6 tCO2e/persona, en la NTNU de Noruega, que la HC personal es de 4,5 tCO_2e/persona; mientras que, en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos ascendió a 36,4 tCO_2e/persona (Larsen et al, 2011; Letete et al., 2011). Estos valores elevados pueden deberse a que estos estudios abarcaron los diferentes Campus que son parte de cada universidad, lo que pudo incrementar el valor de la HC.

Con el fin de diferenciar las emisiones individuales de HC, se comparó el resultado del Campus Central de la UC con otras IES de Chile, España y Ecuador que consideraron únicamente un Campus dentro de su evaluación de GEI. De esta manera, se encontró que la HC *per cápita* del Campus Central de la Universidad de Cuenca es menor a las emisiones de 1 tCO_2e/persona en el Campus Curicó de la Universidad de Talca en Chile. También, tiene un aporte menor al comparase con las 2,9 tCO_2e/persona de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad de Madrid e inclusive es la mitad de la HC del Campus Sur de la UPS de Quito que fue de 0,22 tCO_2e/persona (Álvarez, Blanquer, & Rubio, 2014; Vásquez et al., 2015; Vilches et al, 2015).

CONCLUSIONES

La definición de límites organizacionales y operativos permitió optimizar tiempo y recursos en el proceso de identificación de fuentes de emisión directa e indirecta.

La clasificación de estas fuentes en tres alcances ayudó al análisis y determinación de las fuentes de emisión críticas de GEI.

En cuanto a la fiabilidad del inventario, en el presente trabajo fue fundamental el compromiso y apoyo de las autoridades de las diferentes dependencias, facultades del Campus Central e instituciones externas. Por lo tanto, se afirma que la compilación de información concerniente a los datos de actividad se dio a través de una base de datos confiable.

Vásquez et al., (2015) mencionan que el uso de FE nacionales e incluso propios de la Institución mejoran la calidad de estimaciones en un inventario. Es por ello, que el uso del FE propio para el Ecuador de la empresa CONELEC permitió una mejor estimación de la emisión del alcance 2.

En esta investigación, se determinó que, en cada alcance, la mayor fuente de emisión fue la combustión de combustibles, directa o indirecta. De esta forma, en el alcance 1, la quema de diésel, GLP y gasolina, en el alcance 2, la producción de energía eléctrica y en el alcance 3, la combustión de combustible utilizado para los viajes aéreos de la comunidad universitaria.

Las emisiones del inventario pueden ser disminuidas si se planteasen medidas de reducción a través de la optimización del uso de recursos como: energía eléctrica, agua y combustible principalmente.

Se concluye que durante el año 2017 existió una contribución de emisiones de GEI (1157,96 tCO_2e) por parte del Campus Central de la Universidad de Cuenca a las emisiones globales.

En el Campus Central se encontró que las fuentes de emisión indirecta tienen la mayor contribución de GEI; es decir, el consumo eléctrico principalmente y los viajes aéreos fueron los más significativas en términos de emisiones.

Cabe destacar que la categoría de fuentes de emisión indirecta podría ser aún más representativa si se abarcasen las emisiones provenientes de la movilidad terrestre de la comunidad universitaria; no obstante, no fue considerado por falta de precisión en los datos, lo cual se traduciría en un alto grado de incertidumbre.

La cuantificación de la HC puede llevarse a cabo en futuras evaluaciones, lo que permitirá observar cambios en el aporte de GEI en el Campus Central.

Por último, la creación un modelo piloto para una aplicación móvil desempeña el papel de herramienta de difusión de la huella de la comunidad universitaria en el ambiente.

RECOMENDACIONES

- Al aplicar el MAS a la comunidad universitaria para la determinación del tamaño muestral se recomienda considerar a la población como un todo, puesto que de esta manera cada individuo tiene igual probabilidad de ser seleccionado para la muestra.
- Previo al levantamiento de información, se recomienda definir claramente los límites organizacionales y operativos, así como las fuentes de emisión, debido a que influirán en la eficacia del estudio.
- Al aplicar la HC en las IES, el uso de documentos oficiales como solicitudes, oficios o cartas compromiso garantiza el respaldo de las dependencias e instituciones públicas y privadas involucradas en el levantamiento de información.
- En la etapa de identificación de fuentes de emisión es importante establecer una comunicación directa con el personal encargado de las áreas visitadas a través entrevistas para comprender aspectos relevantes del funcionamiento de sus actividades.
- Se debe garantizar la gestión de información con instituciones externas para la obtención de DA, esto mejorará la calidad del cálculo.
- Se recomienda que sea la UC mediante la Unidad de Gestión Ambiental la encargada de obtener los FE de combustible del Ecuador, puesto que se encuentran restringidos.
- En la etapa del cálculo de la HC si se observa que los resultados de alguna fuente de emisión son menores al 1% del total, se recomienda excluirlo, esto garantiza un análisis más objetivo de las demás fuentes emisoras del inventario.
- Es relevante continuar con mediciones de la HC en el Campus Central a partir del año base 2017 esto permitirá entender y gestionar el impacto al cambio climático proveniente de la Institución.
- Es recomendable llevar a cabo una evaluación de HC en cada una de las dependencias y facultades e incluso entre los demás campus de la Universidad de Cuenca, de esta forma se reconocerá el aporte a las emisiones por cada entidad perteneciente a nuestra Institución.

- Se deben elaborar estrategias de difusión de la HC, esto permitirá conocer las emisiones de GEI, con el fin de elaborar medidas de reducción, así como el establecimiento de objetivos de reducción a lo largo del tiempo.
- Se recomienda que se lleven a cabo más pruebas con la aplicación móvil piloto con la finalidad de innovar esta herramienta, puesto que, como se mencionó anteriormente los primeros acercamientos fueron favorables.

REFERENCIAS

Alba, D., Barbeitos, R., Barral, M., Benayas, J., Blanco, D., Domènech, X., . . . Ysern, P. (2012). Estrategias de sostenibilidad y responsabilidad social en las universidades españolas: Una herramienta para su evaluación. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 59-75.

Álvarez, S. (2014). Determinación de los procedimientos de cuantificación de la Huella de Carbono como herramienta para la empresa Green Development. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Álvarez, S., Blanquer, M., & Rubio, A. (2014). Carbon footprint using the Compound Method based on Financial Accounts. The case of the School of Forestry Engineering, Technical University of Madrid. ScienceDirect, 224-232. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.050

Android Developers. (2019). Android Studio Dowload. Recuperado de https://developer.android.com/studio/

Baca, J. C. (2014). Informe Final Inventario de Emisiones Contaminantes criterio, DMQ 2011. Quito: Secretaría de Ambiente.

Barzola, J., & Pavón, C. (2014). Estimación anual de la emisión de CO2 asociada a la transportación de los docentes de la ULVR. YACHANA, 13-19.

Bohórquez, L. (2013). Colonización de la naturaleza: Una aproximación desde el extractivismo en Colombia. Ágora USB, 473-495. DOI: 10.21500/16578031.101.

CAF. (2016). Banco de Desarrollo de América Latina. Obtenido de Cinco ciudades de Ecuador ya miden sus huellas de carbono e hídrica: https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2016/07/cinco-ciudades-de-ecuador-ya-miden-sus-huellas-de-carbono-e-hidrica/

Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de Muestreo. Revista de Epidemiología y Medicina Preventiva, 3-7.

Castro, F., Hogenboom, B., & Baud, M. (Palgrave Macmillan). Introduction: Environment and Society in Contemporary Latin America. Macmillan Publishers, 1-25.

Castro, G. (2000). La crisis ambiental y las tareas de la historia en América Latina. Scielo, 37-60.

CBS, S. (2017). Raw material footprint. Obtenido de https://www.cbs.nl/en-gb/society/nature-and-environment/green-growth/resource-efficiency/indicatoren/raw-material-footprint

CDKN. (2014). El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC: ¿Qué implica para Latinoamérica? Resumen Ejecutivo. Bogotá: Alianza Clima y Desarrollo y Overseas Development Institute.

CENACE. (2018). Informe del Factor de Emisión de CO2 del 2017 . Quito: CENACE.

Chambers, J., Fisher, J., Zeng, H., Chapman, E., Baker, D., & Hurtt, G. (2007). Hurricane Katrina's Carbon Footprint on U.S. Gulf Coast Forests. Science, 1107. doi:10.1126/science.1148913

CMNUCC. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. New York.

CMNUCC. (2006). United Nations Framework Convention on Climate Change: handbook. Bonn: CMNUCC.

CMNUCC. (2007). Unidos por el Clima: Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto. Bonn: IPCC.

CMNUCC. (2009). Fact sheet: The need for mitigation. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Cordero, P. (2013). Carbon footprint estimation for a sustainable improvement of supply chains: state of the art. Journal of Industrial Engineering and Management, 805-813. doi:10.3926/jiem.570

CORPAIRE. (2006). Inventario de emisiones atmosféricas de Quito año 2003 y su distribución espacial y temporal. Quito: CORPAIRE. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237364407_Inventario_de_emisiones_atmosfericas_de_Quito_ano_2003_y_su_distribucion_espacial_y_temporal

De Toro, A., Gomera, A., Aguilar, J., Guijarro, C., Antúnez, M., & Vaquero, M. (2014). La huella de Carbono de la Universidad de Córdoba de España 2013. Servicio de Protección Ambiental (SEPA-UCO) , 1-22.

Di Pasquo, F. (2013). Una historia de la problemática ambiental y de sus efectos sobre la ecología disciplinar. Scielo, 557-581. doi:10.1590/S1678-31662013000300006.

Diario El Telégrafo. (24 de mayo de 2017). Huella de Carbono y medidas para reducirla. eltelégrafo.

Dirección de Planificación Física UC, A. S. (16 de diciembre de 2018). Área del Campus Central de la Universidad de Cuenca. (M. Illescas, & J. Muentes, Entrevistadores)

Dirección de Planificación UC, D. O. (10 de julio de 2018). Comunidad universitaria del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el 2017. (M. Illescas, & J. Muentes, Entrevistadores)

Dong, H., Geng, Y., Xi, F., & Fujita, T. (2013). Carbon footprint evaluation at industrial park level: A hybrid life cycle assessment approach. ScienceDirect, 298-307. doi:10.1016/j.enpol.2013.01.057

Eckley, N. (2015). Encyclopaedia Britannica. Obtenido de Carbon footprint: Ecology and Consevation: https://www.britannica.com/science/carbon-footprint

EPA. (1996). Air Emissions Inventory Improvement Program (EIIP). Volume 6: Quality Assurance Procedures and DARS Software. North Carolina: Radian Corporation.

FAO. (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean: http://www.fao.org/americas/prioridades/cambio-climatico/en/

François, V., De la Cruz, C., & Sasia, P. (2009). Responsabilidad Social Universitaria: Manual de Primeros Pasos. México DF: Mc Graw Hill - Banco Interamericano de Desarrollo.

Gaete, R. (2011). La responsabilidad social universitaria como desafío para la gestión estratégica de la Educación Superior: el caso de España. Revista de Educación, 109-133.

Güereca, L., Noyola, A., & Torres, N. (2013). Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. ScienceDirect, 396-403. doi:10.1016/j.jclepro.2013.01.030

Haddad, N., Brudvig, L., Clobert, J., Davies, K., Gonzalez, A., Holt, R., . . . Townshend, J. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Science, 1-9. doi:10.1126/science.277.5325.494

Hertwich, E., & Peters, G. (2009). Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. Environmental Science and Technology, 6414–6420. doi:10.1021/es803496a

Hoekstra, A., & Wiedmann, T. (2014). Humanity's unsustainable environmental footprint. Science, 1114-1117. doi:10.1126/science.1248365

Hoekstra, A., Mekonnen, M., Chapagain, A., Mathews, R., & Richter, B. (2012). Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability. PLOS.

Ihobe. (2012). Guía Metodológica para la Aplicación de la Norma UNE-ISO-14064-1:2006 para el Desarrollo de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero en Organizaciones. El País Vasco: Creative Commons.

IPCC. (1992). Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments. Policymaker Summary of Working Group I . Canadá: WMO - UNEP.

IPCC. (2002). Understanding Climate Change: A begginer`s guide to the UNFCCC and Kyoto Protocol . Geneva: UNEP/IUC.

IPCC. (2006a). Directrices del IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 1 OGGI. Capítulo 1: Introducción a las Directrices de 2006. Japón: IGES.

IPCC. (2006b). Directrices del IPCCde 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 1 OGGI. Capítulo 2: Métodos para la recopilación de datos. Japón: IGES.

IPCC. (2006c). Directrices del IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 2 Energía. Capítulo 1: Introducción. Japón: IGES.

IPCC. (2006d). Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 2 Energía. Capítulo 2: Combustión estacionaria. Japón: IGES.

IPCC. (2006e). Directrices del IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 2 Energía. Capítulo 6: Garantía de Calidad/Control de Calidad y Verificación. Japón: IGES.

IPCC. (2006f). Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 5 Desechos. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Japón: IGES.

IPCC. (2014a). Cambio Climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: IPCC.

IPCC. (2014b). Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Parte A: Aspectos Sectoriales y Globales. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge and New York: IPCC. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap10_FINAL.pdf

IPCC. (2014c). Cambio climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Parte B: Aspectos Regionales. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge - New York: Cambridge University Press.

IPCC. (2018). IPCC. Recuperado de History of the IPCC: https://www.ipcc.ch/about/history/

Iyalomhe, F., Cirella, G., Russo, A., Jensen, A., & Idogho, P. (2017). Environmental Management System for Nigeria's Higher Education: Two-Year Pilot Analysis. JSTOR, 84-110.

JNCC, J. C. (2009). The biodiversity footprint of UK Foreign Direct Investment. Recuperado de Global Foreign Direct Investment (FDI): http://jncc.defra.gov.uk/page-4585

Kelman, I., Colbourn, T., Costello, A., Georgeson, L., Kovats, S., Maslin, M., . . . Wilkinson, P. (2015). Climate and climate change. JSTOR, 11-17. doi:10.5334/bao.b

Klein-Banai, C., Theis, T., Brecheisen, T., & Banai, A. (2010). Research Article: Greenhouse Gas Inventory as a Measure of Sustainability for an Urban Public Research University. Taylor and Francis, 35-47. doi:10.1017/S1466046609990524

Larsen, H., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. (2011). Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU. Science Direct, 39-47. doi:10.1016/j.jclepro.2011.10.007

Leigh, A. (2009). How green is your Campus? Nature, 154-155. doi:10.1038/461154a

Letete, T., Wandile, N., Guma, M., & Marquard, A. (2011). Carbon footprint of the University of Cape Town. Journal of Energy in Southern Africa, 2–12. doi:10.17159/2413-3051/2011/v22i2a3207

Lin, S.-m. (2015). Reducing students' carbon footprints using personal carbon footprint management system based on environmental behavioural theory and persuasive technology. Taylor & Francis, 37-41. doi:10.1080/13504622.2015.1018142

MAE. (2017). Ministerio del Ambiente del Ecuador: Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito: Dirección Nacional de Mitigación al Cambio Climático (DNMCC).

Manso, D., Parrado, C., & Aristizábal, A. (2017). Inventario de gases efecto invernadero en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo). MUTIS, 44-58. doi:10.21789/22561498.1252

Mantilla, M. (2012). Análisis de la Huella de Carbono y del Crecimiento del Cultivo de la Palma Africana en el Ecuador. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

MONSANTO, BP, WRI & GM. (1998). Safe Climate, Sound Business. Washignton, DC: World Resources Institute (WRI).

OMS. (2008). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Reducing your Carbon Footprint can be good for your health: https://www.who.int/globalchange/publications/factsheets/Kit2008_annex1_2.pdf?ua=1

OMS. (2018). Organización Mundial de la Salud. Recuperado de Health benefits far outweigh he costs of meeting climate change goals: https://www.who.int/news-room/detail/05-12-2018-health-benefits-far-outweigh-the-costs-of-meeting-climate-change-goals

ONU. (3 de junio de 1992). La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado de Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm

ONU. (2018). Noticias ONU. Recuperado de Cambio climático, la humanidad frente a la encrucijada de su existencia: https://news.un.org/es/story/2018/09/1441272

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol, 227-232. doi:10.4067/S0717-95022017000100037

Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. Springer Link, 135–160. doi:10.1007/s10661-010-1678-y

PETROECUADOR, U. d. (2007). Hoja de Seguridad - MSDS-Diésel 2. Guayaquil: PETROECUADOR.

Presekal, A., Herdiansya, H., Harwahyu, R., Suwartha, N., & Fitri, R. (2018). Evaluation of electricity consumption and carbon footprint of UI GreenMetric participating universities using regression analysis. EDP Sciences, 1-5. doi:10.1051/e3sconf/20184803007

Prieto, É., & Muno, M. (2012). Campus Gloria: impactos socioambientales de la expansión de la Universidad Federal de Uberlândia. Revista Sociedade & Natureza, 461-476.

Puchades, M., De la Guardia, A., & Albertos, J. (2012). La Huella de Carbono en la Universidad de València: Diagnóstico, Análisis y Evaluación. Cuad. de Geogr, 99-114.

Rappaport, A., & Hammond, S. (2007). Degrees That Matter: Climate Change and the University . Massachusetts: MIT Press Cambridge.

Rees, W. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. SAGE journals, 121-130. doi:10.1177/095624789200400212

Rindfleisch, A., Burroughs , J., & Denton, F. (1997). Family Structure, Materialism, and Compulsive Consumption. JSTOR, 312-325.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, S., Lambin, E., . . . Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. Nature, 472-475. doi:10.1038/461472a

Rodríguez, V., Bustamante, L., & Mirabal, M. (2011). La protección del medio ambiente y la salud, un desafío social y ético actual. Scielo, 510-518.

Saavedra, K. (2017). Cálculo de la Huella de Carbono de EDEGEL S.A.A en el año 2014, según metodología de la norma ISO 1406-1. Piura: Universidad de Piura.

SASA & GAD Municipal de Cuenca. (2017). Evaluación de la Huella de Carbono y Huella Hídrica del Cantón Cuenca - Ecuador, 2017 . La Paz: SASA Servicios Ambientales.

SASA. (2018). SASA Servicios Ambientales. Recuperado de http://www.sasa-bolivia.com/images/blog/Noticia%20Cities%20Alliance.pdf

Sawant, S., & Babaleshwar, B. (2015). A new method of assessment and equations on Carbon footprint. IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics, 52-59. doi:10.9790/0990-03415259

Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). Repositorio Digital Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios : https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3753

Scott, H., Hendrickson, C., & Weber, L. (2008). The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. Environmental Science and Technology, 5839–5842. doi:10.1021/es703112w

Serna, A. (2007). El derecho a un ambiente sano y la pedagogía ambiental. Ágora USB, 347-361. DOI: 10.21500/16578031.1643.

Sinha, P., Schew, W., Sawant, A., Kolwaite, K., & Strode, S. (2010). Greenhouse Gas Emissions from U.S. Institutions of Higher Education. Taylor & Francis, 568-573. doi:10.3155/1047-3289.60.5.568

Sreng, R., & Gümrükçüoğlu, M. (2017). Carbon footprint studies on Esentepe Campus of Sakarya University, Turkey in 2015. Sakarya University Jurnal of Science, 1095-1099. doi:10.16984/saufenbilder.340009

Tigre, L. (2017). Repositorio digital de la Universidad de Cuenca. Recuperado de Identificación de Aspectos Ambientales y Evaluación de Aspectos Ambientales en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27207/1/Tesis.pdf

Tilbury, D. (2013). Global University Network for Innovation. Recuperado de Higher Education for Sustainability: A global overview of commitment and progress: http://www.guninetwork.org/files/8_i.2_he_for_sustainability_-_tilbury.pdf

Toledo, C., Yurisch, T., & Ainzúa, S. (2014). Estimación de la Huella de Carbono de la Universidad Tecnológica Metropolitana para el año 2010. Trilogía, 50-67. Recuperado de https://sitios.vtte.utem.cl/trilogia/wp-content/uploads/sites/9/2018/01/Trilogia_II_2014.pdf

Udas, E., Wölk, M., & Wilmking, M. (2016). The “carbon-neutraluniversity”– a study from Germany. Emerald Insight, 130-145. doi:10.1108/IJSHE-05-2016-0089

UI GreenMetric. (2015). UI GreenMetric World University Ranking Background of the ranking. Recuperado de http://greenmetric.ui.ac.id/what-is-greenmetric/

UK Public Health Association. (2008). Sustaining a Healthy Future. London: Faculty of Public Health. Recuperado de https://www.futurecommunities.net/files/images/1_9_1_Sustaining_a_Healthy_Future.pdf

UNEP. (2017). The Emissions Gap Report 2017 A UN Environment Synthesis Report. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).

Unidad de Comunicación UC. (25 de julio de 2018). Información General. Recuperado de www.ucuenca.edu.ec: https://www.ucuenca.edu.ec/sobre-la-udc/informacion-general

Valero, A. (2012). Evaluación del Agotamiento del Capital Mineral de la Tierra: Más allá del Cambio Climático. Zaragoza: Prensas Universidad de Zaragoza.

Vásquez, L., Iriarte, A., Almeida, M., & Villalobos, P. (2015). Evaluation of greenhouse gas emission and proposals for their reduction at a University Campus in Chile. ScienceDirect, 1-7. doi:10.1016/j.jclepro.2015.06.073

Vilches, R., Dávila, F., & Varela, S. (2015). Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito: Año Base 2012. La Granja: Revistade Ciencias de la Vida, 35-45. doi:10.17163/lgr.n21.2015.03

Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., & Melillo, J. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, 494-499. doi:10.1126/science.277.5325.494

Wackernagel, M., & Rees, W. (1999). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Wiley Online Library, 182-185.

Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Callejas, A., López, I., Méndez, J., . . . Suárez, M. (1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. ScienceDirect, 375-390. doi:10.1016/S0921-8009(98)90063-5

Water Footprint Network. (2009). What is a water footprint? Recuperado de https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/

Wiedmann, T. (2010). Editorial: Carbon footprint and Input/Output analysis an introduction. Economic Systems Research, 175-186. doi:10.1080/09535310903541256

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint. Nova Science Publishers, 1-11.

Wiedmann, T., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., & Kanemoto, K. (2013). The material footprint of nations. Proceeding of National Academy of Sciences of United States of America (PNAS), 6271-6276.

WRI & WBCSD. (2004). The Greenhouse Gas Protocol. Washington, DC, Conches-Geneva: World Resources Institute and World Business Council.

WRI & WBCSD. (2018a). Greenhouse Gas Protocol: About Us. Recuperado de https://ghgprotocol.org/about-us

WRI & WBCSD. (2018b). Greenhouse Gas Protocol: Companies and Organizations. Recuperado de http://ghgprotocol.org/companies-and-organizations

WRI & WBCSD. (2018c). Greenhouse Gas Protocol: Countries and Cities. Recuperado de http://ghgprotocol.org/countries-and-cities

Wright, L., Kemp, S., & Williams, I. (2011). Carbon footprinting: towards a universally accepted definition. Taylor and Francis, 61-72. doi:10.4155/cmt.10.39

Zúñiga, C., Benavides, C., & Arnáez, E. (2015). Campus Universitarios como agentes de la educación para la sostenibilidad. Biocenosis Revista de Educación Ambiental, 24-28.

ANEXOS

Anexo 1. Plano del Campus Central de la Universidad de Cuenca

Anexo 2. Fuente de compilación de Datos de Actividad (DA)

Alcance 1	Unidad de movilidad	Consumo combustible para fuentes fijas y móviles.
	CREDU	Consumo combustible para fuentes fijas
Alcance 2	Unidad de Mantenimiento	Códigos de medidores eléctricos y facturas de consumo.
Alcance 3	Unidad de Gestión Ambiental	Cantidad de desechos peligrosos incinerados.
	EMAC EP	Cantidad de desechos comunes eliminados.
	Unidad de bienes	Cantidad de papel despachado de bodega.
	Imprenta	Cantidad de papel utilizado en la elaboración de libros, revistas, afiches, etc.
	Departamento financiero	Códigos de instalación de medidores de agua.
	ETAPA EP.	Consumo de agua para el Campus Central.
	Dirección de Talento Humano	Número de estudiantes, docentes y personal administrativo.
	Comunidad universitaria encuestada	Viajes aéreos, papel consumido y desplazamientos de la comunidad universitaria.

Anexo 3. Encuesta aplicada a la comunidad universitaria en el levantamiento de información

Cálculo de la Huella de Carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca

La Unidad de Gestión Ambiental con el respaldo del rectorado de la Institución y en colaboración con estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental, realizan el Cálculo de la Huella de Carbono Institucional, con la finalidad de desarrollar un indicador en la toma de decisiones para la reducción de las emisiones asociadas a las actividades desarrolladas en el plantel, por lo que solicito sirva responder al siguiente formulario.

1. Género:

☐ Femenino ☐ Masculino ☐ Otro

2. Edad (años): _____

3. En el 2017, Identifique su dependencia dentro de la comunidad universitaria (En el caso de desempeñar más de una función, seleccione la que demandaba mayor tiempo).

☐ Docente ☐ Personal de Servicio ☐ Otro: _____
☐ Personal Administrativo ☐ Investigador

4. ¿En qué área llevaba a cabo sus actividades en el año 2017? (Ejemplo: Facultad de Ciencias Químicas)

_____

5. En el 2017, indique la modalidad en sus jornadas de trabajo.

☐ Mañana ☐ Tarde ☐ Mañana y tarde
☐ Otro: _____

6. Generalmente en el 2017, ¿cuántas veces acudía a la Universidad, al día?

☐ 1 vez ☐ 3 veces
☐ 2 veces ☐ Otro: _____

7. ¿En el 2017 usted vivía en el cantón Cuenca?

☐ Sí ☐ No

8. En caso de que su respuesta anterior fuera No, especifique el lugar (ciudad).

_____

9. Durante el 2017 ¿Cuál fue su sector y dirección de residencia? (Ejemplo: Sector San Roque, Av. Loja y Lorenzo Piedra) Sea específico, por favor.

_____

10. Para transportarse desde su residencia a la Universidad y viceversa en el 2017, usted utilizó mayoritariamente <u>(Seleccione una respuesta):</u>

☐ Automóvil ☐ Bicicleta ☐ A pie
☐ Autobús ☐ Motocicleta

10.1. Si su respuesta fue "autobús" ¿En qué línea solía transportarse? (Ejemplo: Línea 7)

_____

10.2.1. Si su respuesta fue "automóvil" En el 2017 ¿Qué tipo de combustible utilizaba su automóvil?

☐ Gasolina
☐ Diésel

10.2.2 Si su respuesta fue "automóvil" En el 2017 ¿Cuánto dinero aproximado invertía a la semana en la recarga de combustible?

_____

11. En el 2017 ¿Cuánto tiempo aproximado tardaba en llegar a la Universidad? (Ejemplo: 30 min)

_____

12. ¿Realizó viajes aéreos en el 2017 a causa de sus responsabilidades en la Universidad?

- ☐ No
- ☐ Sí, 1 vez
- ☐ Sí, 2 veces
- ☐ Sí, 3 veces

Otra: _____

13. Si su respuesta anterior fue positiva, ¿Cuál fue el/los lugares de destino?

_____

14. Aproximadamente, en el 2017 ¿Cuánto papel utilizó DURANTE UN CICLO (semestre académico), para fines académicos o ligados a la Universidad? (1 RESMA=500 hojas)

- ☐ Menos de 1/4 de resma
- ☐ 1/4 de resma
- ☐ Media resma
- ☐ 1 resma
- ☐ 1 resma y media
- ☐ 2 resmas

Otro: _____

15. ¿Cuál cree usted que serían la/las fuentes que generan contaminación ya sea visual, acústica, atmosférica, entre otros, dentro del Campus Central?

_____

16. ¿Qué entiende usted por una correcta separación de desechos? (Considerando un desecho al papel y cartón, desechos orgánicos, escombros, vidrio, desechos peligrosos, plástico e infecciosos)

_____

17. Con base a su respuesta anterior, ¿Clasifica usted los desechos correctamente en el lugar donde realiza sus actividades en la Universidad? Por favor, justifique su respuesta.

- ☐ Siempre
- ☐ Usualmente
- ☐ Rara vez
- ☐ Nunca

_____

_____

18. ¿Conoce qué son las Buenas Prácticas Ambientales?

- ☐ Sí
- ☐ No

19. Sí respuesta anterior fue Sí, defina con sus propias palabras defina ¿qué son las prácticas ambientales? Caso contrario Ud. ha terminado la encuesta. Gracias por su participación.

_____

_____

20. ¿Estaría de acuerdo con la implementación de buenas prácticas ambientales?

- ☐ Sí
- ☐ No

Por favor, justifique su respuesta.

_____

21. Si su respuesta anterior fue Sí. ¿Quién cree usted que debería implementar buenas prácticas ambientales dentro de la Universidad?

Anexo 4. Encuestas realizadas a la comunidad universitaria

Categorías	N.º Personas	N.º Encuestas
Sector académico 2017		
Facultad de Arquitectura y Urbanismo	753	70
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas	2226	206
Facultad de Ciencias Químicas	1308	121
Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación	1598	148
Facultad de Ingeniería	1341	124
Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Políticas	1351	125
Facultad de Psicología	771	71
TOTAL	9348	865
Sector laboral 2017		
Docentes	639	59
Empleados	366	34
Trabajadores	112	10
TOTAL	1117	103

Anexo 5. Cantidad de papel consumido por los estudiantes según las encuestas

Facultades	N.º de Resmas	[kg]
Arquitectura	839	62,90
CCQQ	1322	99,20
Economía	2048	153,60
Filosofía	1725	129,40
Ingeniería	1108	83,10
Jurisprudencia	1383	103,80
Psicología	619	46,50
Total	9044	678,50

Anexo 6. Papel consumido por parte de la comunidad universitaria

Sectores	N.º de Resmas	[kg]
Administrativos	4651	348,80
Imprenta	185	21,30
Estudiantes	9045	678,40
Empleados, docentes y trabajadores	72,25	5,40
Total	13953,25	1054

Anexo 7. Consumo de combustible en máquinas y calderos

Tipo de combustión	Descripción	Gasolina [gal]	Diésel [gal]	GLP [kg]
Móvil	Maquinaria áreas verdes	296	155,55	--
Móvil	Tractor podador (1)	22,2	--	--
Estacionaria o fija	Caldero Ciencias Químicas (1)	--	578,5	--
Estacionaria o fija	Mezcladora de cemento	44,4	--	--
Estacionaria o fija	Caldero CREDU (1)	--	2284,34	--
Estacionaria o fija	Caldero CREDU (4)	--	--	27734
Consumo total		362,6	3018,39	27734

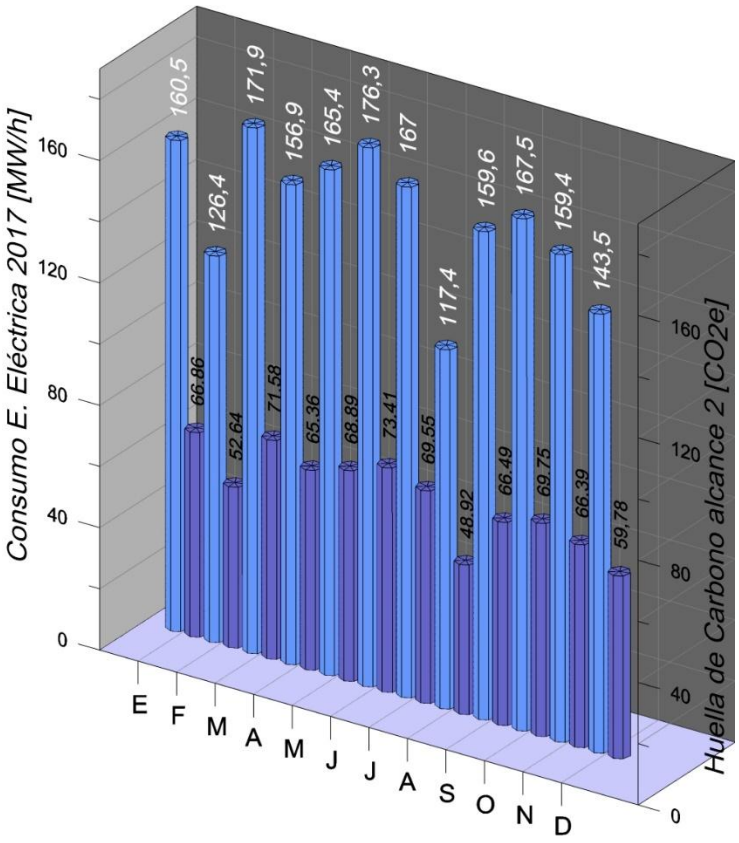
Anexo 8. Consumo de combustible de la flota vehicular

Vehículo	Gasolina [gal]	Diésel [gal]
Auto Grand Vitara SZ AC 2,4 5P 4X4 TM	8,58	--
Auto Grand Vitara SZ AC 2,4 5P 4X4 TM	26,98	--
Auto Grand Vitara SZ AC 2,4 5P 4X4 TM	0,64	--
Auto Grand Vitara SZ AC 2,4 5P 4X4 TM	55,79	--
Auto Grand Vitara SZ AC 2,4 5P 4X4 TM	55,97	--
Camioneta LUV-DMAX CRDI 4X4	--	16,07
Auto 4 RUNNER	22,82	--
Auto 4 RUNNER	22,78	--
Auto 290S	42,71	--
Camioneta LUV	104,20	--
Camión HFC1035KD	--	11,55
Camioneta LUV	96,75	--
Camioneta B2600	212,82	--
Camioneta L 200	0,53	--
Camioneta LUV D-MAX	--	21,96
Camioneta LUV D-MAX	--	29,22
Camioneta LUV D-MAX	--	20,95
Camioneta LUV D-MAX	--	22,21
Camioneta LUV	--	35,98
Moto STIFF-150	10,96	--
Moto STIFF-150	1,18	--
Motoneta XC115B	0,65	--
Consumo total	663,37	157,94

Anexo 9. Consumo de energía eléctrica en el Campus Central durante el 2017

Mes	[kW/h]
Enero	160536,46
Febrero	126385,90
Marzo	171863,06
Abril	156936,22
Mayo	165398,08
Junio	176253,96
Julio	166977,06
Agosto	117447,04
Septiembre	159647,46
Octubre	167456,67
Noviembre	159409,32
Diciembre	143528,72
Consumo total	1871839,95

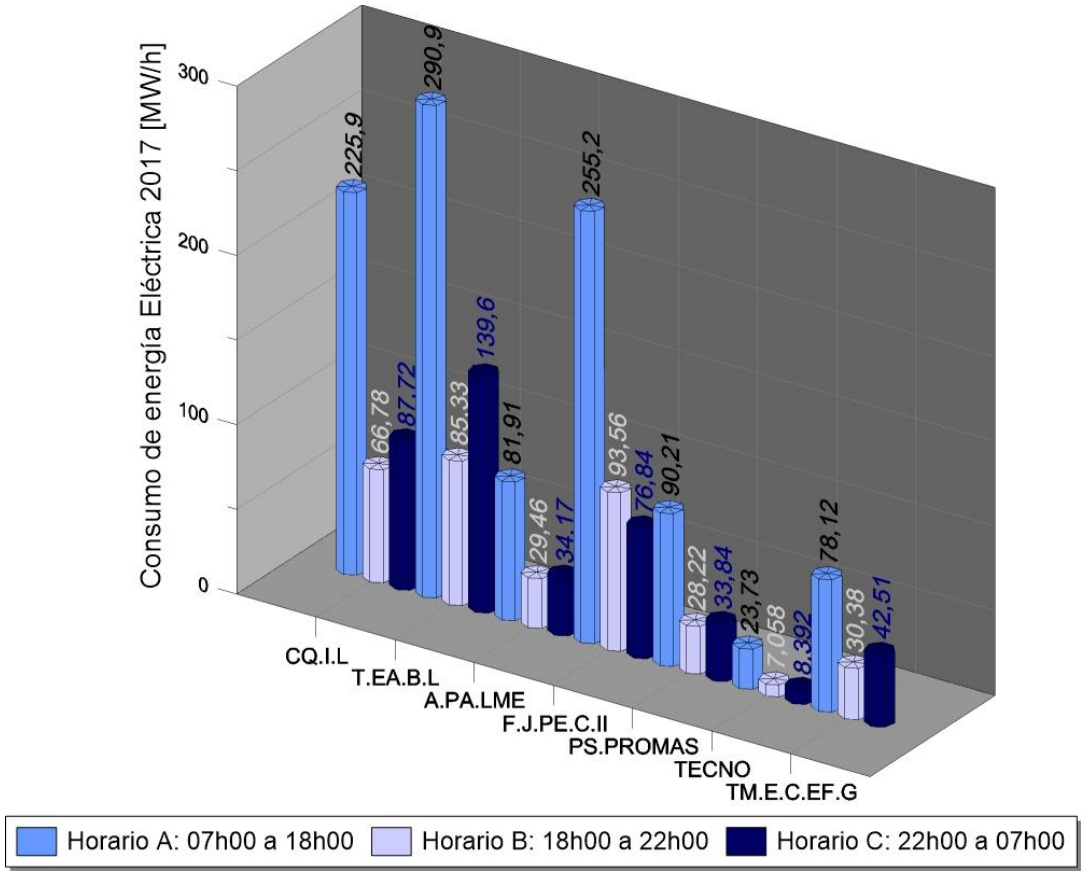
Anexo 10. Consumo anual de energía eléctrica y Huella de Carbono (HC) 2017 en el Campus Central



Anexo 11. Alcances medidores de energía eléctrica del Campus Central

Medidor	Áreas que abastece el servicio	N.º de medidor	Consumo energético [kW/h]
CQ.I.L	Facultad de Ciencias Químicas, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de suelos de Ingeniería Civil	02798888	380430,42
T.EA.B.L	Teatro Carlos Cueva Tamariz, Edificio Administrativo (Vicerrectorado, DTICs, Data Center), Biblioteca, Supermercado, Laboratorio de atención al público y consultorio médico)	6014790	515820
A.PA.LME	Facultad de Arquitectura, Edificio de Posgrados, laboratorio de máquinas eléctricas	4346400	145533,62
F.J.PE.C.II	Facultad de Filosofía Bloque A y B, Facultad de Jurisprudencia, Posgrados de Economía y el CREDU, Instituto de Idiomas	3883208	425646
PS.PROMAS	Facultad de Psicología y Edificio del PROMAS	9876459	152270,32
TECNO	Tecnológico	4385360	39182,85
TM.E.C.EF.G	Talleres de Mantenimiento, Estadio, Coliseo, Instituto de Educación Física, VLIR, Guardería	2799576	151008,74
E.AC	Facultad de Economía y ACORDES	38056	61948

Anexo 12. Consumo de energía eléctrica por medidor según el horario establecido por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR CA.



**Los alcances de cada medidor se encuentran en el anexo 10.*

Anexo 13. Desechos comunes y peligrosos producidos en el Campus Central

Mes	D. Comunes [kg]	D. Peligrosos [kg]
Enero	165,88	--
Febrero	46,71	52,5
Marzo	72,11	40,6
Abril	61,98	98,7
Mayo	68,85	43,6
Junio	92,63	125,2
Julio	63,63	101,6
Agosto	38,52	12,6
Septiembre	78,9	--
Octubre	74,83	139,3
Noviembre	68,31	83,4
Diciembre	64,49	64,5
Total	896,84	762

Anexo 14. Alcance de los medidores de servicio de agua potable en el Campus Central

Alcance del medidor	N.º de medidor	Consumo [m³]
Administración Central, Biblioteca, Aula Magna CCQQ	2004013983	4774
Jurisprudencia, Idiomas	2004022310	7036
CCCQQ, Laboratorio de suelos, PROMAS, Ingeniería	2004023465	26205
Imprenta, APU	200518496	581
Estadio, Oficinas estadio	2005018289	193
Economía, Posgrados de Economía y Filosofía	2004013901	3401
FEUE, Proveeduría, Guardería, Talleres, Coliseo	2006056469	939
Arquitectura	2013960476	673
Filosofía	2016960014	3003
Teatro, Supermercado	2016960262	3815
Arquitectura	2017006981	305
Acordes, Oficinas Economía	2004114368	808
AETUC, Coliseo-Gimnasio	2006056470	963

Anexo 15. Consumo de agua potable en el Campus Central durante el 2017

Mes	[m³]
Enero	3332
Febrero	3413
Marzo	3474
Abril	4317
Mayo	4372
Junio	4558
Julio	4824
Agosto	3664
Septiembre	4505
Octubre	5014
Noviembre	5431
Diciembre	5792
Consumo total	52696

Anexo 16. Censo de árboles

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Eucaliptus sp	Ornamental	Myrtaceae	1
Acacia azul	Acasia azul	Fabaceae	1
Oreopanax ecuadorencis	Pumamaqui	Araliaceae	4
Oreopanax avicenniifolius	Pumamaqui	Araliaceae	1
Buddleja incana	Quizhuar	Buddlejaceae	1
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	4
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	2
Delostoma integrifolium	Waillu blanco	Bignoniaceae	1
Prunnus serotina	Capulí	Rosaceae	1
Psidium guajava	Guayaba chica	Myrtaceae	2
Croton sp	Croto	Euphorbiaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	2
Buddleja incana	Quizhuar	Buddlejaceae	10
Dannopsis macrophylla	SN	Thymelaeaceae	2
Oreopanax avicenniifolius	Pumamaqui	Araliaceae	2
Aegiphila ferruginea	Jigueron	Verbenaceae	1
Prunus opaca	SN	Rosaceae	1
Pinus radiata	Pino	Pinaceae	1
Buddleja incana	Quizhuar	Buddlejaceae	3
Delostoma integrifolium	Waillu blanco	Bignoniaceae	2
Punica granatum	Granado	Lythraceae	3
Eriobotrya japonica	Níspero	Rosaceae	1
Viburnum sp	Rañas	Caprifoliaceae	1
Caesalpinia spinosa	Tara	Caesalpinaceae	1
Crataegus pubescens	Manzana chilena	Rosaceae	1
Myrrhinium atropurpureum	SN	Myrtaceae	1
Myrsine andina	Samal	Myrsinaceae	5
Pouteria lucuma	Lugma	Sapotaceae	1
Araucaria heterophylla	Araucaria	Araucariaceae	1
Washingtonia cf filifera	Palmera	Arecaceae	2
Ficus benjamina	Ficus	Moraceae	1
Podocarpus sprucei	Guabisay	Podocarpaceae	1
Myrica pubescens	Laurel de cerro	Myricaceae	5
Psidium guajava	Guayaba chica	Myrtaceae	1
Styrax foveolaria	SN	Styracaceae	3
Persea americana	Aguacate	Lauraceae	1
Oreocallis grandiflora	Gañal	Protaceae	3
Tabebuia chrysantha	Guayacán	Bignoniaceae	2
Erythrina edulis	Cáñaro	Fabaceae	1
Senna sp1	Arbol de flor amarilla	Caesalpinaceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Clusia duco	Duco	Clusiaceae	1
Parajubea cocoides	Coquito	Arecaceae	1
X9	Ciruelo chino		1
Aegiphila ferruginea	Jigueron	Verbenaceae	1
Oreopanax sp1	Pumamaqui	Araliaceae	1
Erythrina edulis (variedad crema)	Cáñaro	Fabaceae	2
Eucaliptus globulus	Eucalipto	Myrtaceae	1
Cedrela montana	Cedro	Meliaceae	1
Cupressus sp1	Ciprés	Cupressaceae	1
Cupressus sp2	Ciprés	Cupressaceae	1
Phyllanthus cf salviifolius	Sacha nogal	Euphorbiaceae	1
Abatia parviflora	SN	Flacourtiaceae	2
Inga spectabilis	Guaba o pacai	Fabaceae	1
Cassia didymobotrya	Abejón	Caesalpinaceae	3
Parajubea cocoides	Coquito	Arecaceae	1
Prunus serotina	Capuli	Rosaceae	1
Parajubea cocoides	Coquito	Arecaceae	2
Washingtonia cf filifera	Palmera	Arecaceae	2
Myrcianthes hallii	Arrayan	Myrtaceae	1
Saurauia lehmannii	Saurauia	Actinidaceae	1
Salix babylonica	Sauce llorón	Salicaceae	2
Salix babylonica	Sauce llorón	Salicaceae	4
Salix sp (mimbre)	Sauce mimbre	Salicaceae	1
Saurauia lehmannii	Saurauia	Actinidaceae	1
Tabebuia chrysantha	Guayacán	Bignoniaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	1
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	4
Acacia macrantha	Faique	Fabaceae	2
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	3
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Bignoniaceae	1
Populus nigra	Álamo	Salicaceae	1
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	1
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Bignoniaceae	1
Oreocallis grandiflora	Gañal	Protaceae	2
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	1
Morus alba	Morera	Moraceae	5
Acacia macrantha	Faique	Fabaceae	4
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	2
Populus nigra	Álamo	Salicaceae	2
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	4
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	20

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Populus nigra	Álamo	Salicaceae	1
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Bignoniaceae	1
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	1
Myrcianthes hallii	Arrayan	Myrtaceae	1
Viburnum sp	Rañas	Caprifoliaceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1
Cedrela montana	Cedro	Meliaceae	1
Podocarpus sprucei	Guabisay	Podocarpaceae	1
Callistemun citrinus	Cepillo rojo	Myrtaceae	8
Acacia melanoxylon	Acacia	Fabaceae	8
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	4
Inga spectabilis	Guaba o pacai	Fabaceae	2
Oreopanax andreanus	Pumamaqui	Araliaceae	1
Annona cherimola	Chirimoya	Annonaceae	2
Cupressus sp4	Ciprés piramidal	Cupressaceae	1
Cedrela montana	Cedro	Meliaceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1
Fraxinus sp	Urapan	Oleaceae	1
Delostoma integrifolium	Waillu blanco	Bignoniaceae	5
Cedrela montana	Cedro	Meliaceae	4
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	4
Fraxinus sp	Urapan	Oleaceae	1
Populus alba	Álamo blanco	Salicaceae	5
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	1
Grevillea robusta	Gravillea	Protaceae	1
Annona cherimola	Chirimoya	Annonaceae	2
Cedrela montana	Cedro	Meliaceae	4
Viburnum sp	Rañas	Caprifoliaceae	4
Annona cherimola	Chirimoya	Annonaceae	1
Euphorbia cotinifolia	Lechero rojo	Euphorbiaceae	5
Eriobotrya japonica	Níspero	Rosaceae	1
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	2
X16	Verbena olorosa	Verbenaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	1
Dannopsis macrophylla	SN	Thymelaeaceae	1
Abatia parviflora	SN	Flacourtiaceae	5
HIbiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	2
Persea americana	Aguacate	Lauraceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	5
Callistemun citrinus	Cepillo rojo	Myrtaceae	4
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	1
Abatia parviflora	SN	Flacourtiaceae	2

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Aegiphila ferruginea	Jigueron	Verbenaceae	1
Annona cherimola	Chirimoya	Annonaceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	2
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Acacia baileyana	Acacia morada	Fabaceae	1
Schinus terebinthifolia	Molle colombiano	Anacardiaceae	1
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	1
Hibiscus rosea	Cucarda	Malvaceae	3
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	2
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	13
Morus alba	Morera	Moraceae	3
Acacia dealbata	Acacia	Fabaceae	2
Podocarpus sprucei	Guabisay	Podocarpaceae	8
Prunus serotina	Capuli	Rosaceae	1
Prunus sp	Juacte	Rosaceae	4
Cecropia sp1	Guarumo hoja entera	Malvaceae	1
Cecropia sp2	Guarumo	Malvaceae	1
Zanthoxylum sp	Falso ceibo	Rutaceae	1
Podocarpus cf oleifolius	Guabisay	Podocarpaceae	1
Prumnopitys montana	Romerillo	Podocarpaceae	2
Callistemon cf formosus	Cepillo blanco	Myrtaceae	1
Prunus opaca	SN	Rosaceae	1
Vallea stipularis	Sacha capuli	Elaeocarpaceae	1
Oreopanax avicenniifolius	Pumamaqui	Araliaceae	1
Oreopanax andreanus	Pumamaqui	Araliaceae	1
Polylepis reticulata	Quinua, árbol de papel	Rosaceae	1
Polylepis incana	Quinua, árbol de papel	Rosaceae	1
Solanum sp3	Solanacia flor única	Solanaceae	1
Clusia duco	Duco	Clusiaceae	1
Clusia sp2	Clusia	Clusiaceae	1
Inga insignis	Guaba o pacai	Fabaceae	1
X26	Árbol de Quito	Protaceae	1
Alnus acuminata	Aliso	Betulaceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	3
Juglans neotropica	Tocte, nogal	Juglandaceae	1
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Bignoniaceae	2
Morus alba	Morera	Moraceae	3
Populus deltoide	Álamo	Salicaceae	3
Delostoma integrifolium	Waillu blanco	Bignoniaceae	1
Acacia dealbata	Acacia	Fabaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Morus alba (var hoja ancha)	Morera	Moraceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Morus alba	Morera	Moraceae	3
Caesalpinia spinosa	Tara	Caesalpinaceae	2
Hibiscus rosea (var roja)	Cucarda roja	Malvaceae	2
Juglans neotropica	Tocte, nogal	Juglandaceae	2
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1
Prunus sp	Juacte	Rosaceae	3
Acacia dealbata	Acacia	Fabaceae	3
Populus deltoide	Álamo	Salicaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	2
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	1
Populus deltoide	Álamo	Salicaceae	1
Prunus serotina	Capulí	Rosaceae	1
Hibiscus rosea (var rosada)	Cucarda rosada	Malvaceae	1
Coffea arabica	Café	Rubiaceae	3
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	2
Pinus sp1	Pino	Pinaceae	1
Macadamia sp	Macadamia, nuez de macadamia	Proteaceae	1
Acca sellowiana	Feijoa	Myrtaceae	3
Annona cherimola	Chirimoya	Annonaceae	1
Parajubea cocoides	Coquito	Arecaceae	1
Hibiscus rosea (var rosada)	Cucarda rosada	Malvaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Podocarpus sprucei	Guabisay	Podocarpaceae	4
Podocarpus cf oleifolius	Guabisay	Podocarpaceae	1
Polylepis reticulata	Quinua, árbol de papel	Rosaceae	2
Ceroxylum sp	Palma de cera	Arecaceae	1
Hyeronima sp	Motilón	Phyllantaceae	2
Oreopanax sp1	Pumamaqui	Araliaceae	2
Annona cherimola	Chirimoya	Annonaceae	2
Alnus acuminata	Aliso	Betulaceae	1
Morus alba	Morera	Moraceae	1
Delostoma integrifolium	Waillu blanco	Bignoniaceae	6
Polylepis racemosa	Quinua, árbol de papel	Rosaceae	6
X3	Árbol parecido al pumamaqui		1
Phoenix canariensis	Palmera	Arecaceae	3
Cedrela montana	Cedro	Meliaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	6
Pinus sp2	Pino	Pinaceae	3

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Populus deltoide	Álamo	Salicaceae	1
Acacia dealbata	Acacia	Fabaceae	3
Prunus serotina	Capulí	Rosaceae	3
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Salicaceae	3
Pinus sp2	Pino	Pinaceae	2
Hibiscus rosea (var rosada)	Cucarda rosada	Malvaceae	1
Citrus sp1 (var naranja agria)	Naranja agria	Rutaceae	1
Citrus sp2 (var limón)	Limón	Rutaceae	2
Olea europaea	Olivo	Oleaceae	3
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Prunus persica	Durazno	Rosaceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1
Prunus serotina	Capulí	Rosaceae	1
Hibiscus rosea (var rosada)	Cucarda rosada	Malvaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	3
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	1
Cinnamomum camphora	Alcanfor	Lauraceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	2
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Bignoniaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	2
Oreopanax sp1	Pumamaqui	Araliaceae	2
Cantua pyrifolia	Cantúa	Polemoniaceae	2
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	1
Erythrina edulis	Cáñaro	Fabaceae	1
Phoenix robellini	Palmera enana	Arecaceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1
Casuarina sp	Casuarina	Casuarinaceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	20
Hibiscus rosea (var rosada)	Cucarda rosada	Malvaceae	14
Prunus serotina	Capulí	Rosaceae	1
Acacia dealbata	Acacia	Fabaceae	2
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	4
Aegiphila ferruginea	Jigueron	Verbenaceae	1
Erythrina sp1	Cáñaro Don Alejo	Fabaceae	1
Piper sp1	Matico	Piperaceae	1
Croton sp1	Sangre de drago	Euphorbiaceae	1
Tabebuia chrysantha	Guayacán	Bignoniaceae	2
Oreopanax sp1	Pumamaqui	Araliaceae	1

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1
Phoenix robellini	Palmera enana	Arecaceae	1
Clusia duco	Duco	Clusiaceae	1
Parajubea cocoides	Coquito	Arecaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	1
Hibiscus rosea (var rosada)	Cucarda rosada	Malvaceae	5
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	2
Cupressus macrocarpa	Ciprés	Cupressaceae	1
Myrcianthes hallii	Arrayan	Myrtaceae	1
Parajubea cocoides	Coquito	Arecaceae	1
Prunus serotina	Capulí	Rosaceae	1
Randia sp	Randia	Rubiaceae	1
Podocarpus sprucei	Guabisay	Podocarpaceae	1
Inga insignis	Guaba o pacai	Fabaceae	1
Clusia duco	Duco	Clusiaceae	1
Chioanthus pubescens	Arupo	Oleaceae	2
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	1
Acacia macrantha	Faique	Fabaceae	1
Choricia spiciosa	Ceiba rosada	Malvaceae	1
Escallonia pendula	Escalonia rosada	Escalloniaceae	1
Juglans neotropica	Tocte, nogal	Juglandaceae	1
Populus alba	Álamo blanco	Salicaceae	1
Magnolia grandiflora	Magnolia	Magnoliaceae	5
Platanus occidentalis	Plátano	Platanaceae	1
Podocarpus sprucei	Guabisay	Podocarpaceae	1
Escallonia pendula	Escalonia rosada	Escalloniaceae	1
Morus alba	Morera	Moraceae	3
Macleania rupestris	Joyapa	Ericaceae	1
Schinus molle	Molle	Anacardiaceae	5
Populus alba	Álamo	Salicaceae	2
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1
Solanum sp3	Solanacia flor única	Solanaceae	1
Euphorbia cotinifolia	Lechero rojo	Euphorbiaceae	1
Tabebuia chrysantha	Guayacán	Bignoniaceae	1
Pinnus sp	Pino	Pinaceae	2
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Bignoniaceae	1
Acacia dealbata	Acacia	Fabaceae	1
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae	1
Inga insignis	Guaba o pacai	Fabaceae	1
Clusia duco	Duco	Clusiaceae	1
Citharexylum ilicifolium	SN	Verbenaceae	1
Rhamnus granulosa	Ramnus	Rhamnaceae	1
Polylepis incana	Quinua, árbol de papel	Rosaceae	1

GÉNERO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	N°.
Tibouchina sp	Siete cueros flor grande	Melastomataceae	1
Laurus nobilis	Laurel	Lauraceae	1
Myrcianthes sp1	Guagual	Myrtaceae	2

Anexo 17. Pantallas de visualización del aplicativo móvil de la HC personal de la comunidad universitaria.

Anexo 18. Resultado de la prueba piloto de la aplicación móvil

N.º	Rol	HC [kg CO_2e/ciclo]	HC promedio	Pregunta 2	Pregunta 3
1	Estudiante	27525,1	40928,8	5	5
2	Estudiante	13870,4		4	4
3	Estudiante	91630,3		3	4
4	Estudiante	61913,9		4	5
5	Estudiante	18414,8		5	5
6	Estudiante	32218,1		5	5
7	Investigador/a	98972,1	93222,2	4	5
8	Investigador/a	92300,5		5	5
9	Investigador/a	123704,9		5	5
10	Investigador/a	64403		4	5
11	Investigador/a	86452,3		5	4
12	Investigador/a	93500,6		4	1
13	Docente	68725,9	45131,3	3	4
14	Docente	37080,9		4	5
15	Docente	37192,2		5	5
16	Docente	51222,5		5	5
17	Docente	35246,1		5	5
18	Docente	41320,3		4	4
19	Administrativo	99116,8	89274,7	5	5
20	Administrativo	92564,9		5	3
21	Administrativo	105123,2		4	5
22	Administrativo	101252,1		5	5
23	Administrativo	62589,4		5	2
24	Administrativo	75001,9		5	5
25	Trabajadores	1378,9	415,68	5	5
26	Trabajadores	184,8		5	5
27	Trabajadores	123,9		5	5
28	Trabajadores	154,2		5	5
29	Trabajadores	235,9		5	5
30	Trabajadores	416,4		5	5