

**MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y PROMEDIO DE CAPTACIÓN DE
CARBONO EN LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA, UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE TULUÁ**

**KATHERINE GONZÁLEZ OROZCO
ANDRÉS VALENCIA CASTAÑEDA**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
TULUÁ VALLE DEL CAUCA**

2018

**MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y PROMEDIO DE CAPTACIÓN DE
CARBONO EN LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA, UBICADA EN
EL MUNICIPIO DE TULUÁ**

KATHERINE GONZÁLEZ OROZCO

ANDRÉS VALENCIA CASTAÑEDA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director

Jennifer Mejía García

Bióloga-Candidata al título de Magister en Ecohidrología

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
TULUÁ VALLE DEL CAUCA**

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Tuluá, Junio de 2018

DEDICATORIA

A mis padres por darme una carrera para mí futuro, por creer en mí y apoyarme.
A Dios por fortalecer mi mente y mi espíritu para poder alcanzar una de mis metas.

A mi madre por su perseverancia, esfuerzo, dedicación, apoyo, motivación y amor para sacarme adelante y hacer de mí un profesional.

A Dios por darme la sabiduría, inteligencia, paciencia y demás dones para culminar mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A María Camila Manzano Chávez.

Por su total entrega e invaluable colaboración y apoyo en todo nuestro trabajo de grado, por sus aportes y demás actuaciones que hicieron posible la culminación de este gran logro.

A Jennifer Mejía García.

Nuestra directora, por ser la guía, brindándonos las bases necesarias para llevar a cabo nuestro trabajo de grado, por sus enseñanzas y demás infinitas gracias.

A Wilson Devia Álvarez.

Por su colaboración y asesoramiento para llevar a cabo nuestro trabajo de campo y el resto del trabajo, por sus consejos, sugerencias para nuestro trabajo.

A Germán Cobo Mejía.

Por motivarnos para llevar a cabo este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. MARCO REFERENCIAL.....	10
4.1. MARCO TEÓRICO.....	10
4.1.1 EFECTO INVERNADERO.....	10
4.1.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO	11
4.1.3 HUELLA DE CARBONO	14
4.1.4 CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA	15
4.1.5 FIJACIÓN Y CAPTURA DE CARBONO.....	18
4.1.6 CONTABILIZACIÓN DE CARBONO	19
4.2. MARCO LEGAL	20
4.2.1 LEGISLACIÓN COLOMBIANA.....	22
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	27
4.4 ESTADO DEL ARTE	29
4.4.1 BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE CARBONO EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE BOGOTÁ.....	29
4.4.2 GESTIÓN FORESTAL URBANA COMO MECANISMO DE CAPTURA DE CARBONO EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA SEDE BOGOTÁ D.C.	30
4.4.3 ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO (C) ACUMULADAS EN LA BIOMASA AEREA (BA) DE LA PARCELA PERMANENTE DE INVESTIGACIÓN (PPI) EN BOSQUE SECO TROPICAL (BS-T) DEL JARDIN BOTANICO “JUAN MARIA CESPEDES” EN EL MUNICIPIO DE TULUA, VALLE DEL CAUCA.	31
4.4.4 MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESA PAPELERA COLOMBIANA	32
4.4.5 DOCUMENTO GUÍA DE LA HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA EL SECTOR PRODUCTIVO DE CELULOSA Y PAPEL DE MÉXICO. VERSIÓN 1.0	33

5. METODOLOGÍA.....	34
5.1 FACTORES DE EMISIÓN.....	38
5.1.1 FACTOR DE EMISIÓN SELECCIONADO PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN CENTROS FIJOS.....	38
5.1.2 FACTOR DE EMISIÓN SELECCIONADO PARA EL CÁLCULO DE COMBUSTIÓN EN VEHÍCULOS	42
5.1.3 FACTOR DE EMISIÓN SELECCIONADO PARA EL CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA ADQUIRIDA	43
5.1.4 FACTOR DE EMISIÓN SELECCIONADO PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO DE PAPEL	44
5.2 ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA (BA)	53
5.3 CONVERSIÓN DE LA BIOMASA AÉREA A CARBONO	55
5.4 CONVERSIÓN DEL CARBONO A CO ₂ EQUIVALENTE COMO MEDIDA DE EMISIÓN	56
6. RESULTADOS.....	57
6.1 FASE 1: IDENTIFICAR LAS FUENTES GENERADORAS DE CARBONO EQUIVALENTE Y CALCULAR EL PORCENTAJE DE EMISIÓN DE CADA UNA	57
6.1.1 PORCENTAJE DE EMISIÓN TOTAL DE CADA UNA DE LAS FUENTES GENERADORAS DE CARBONO EQUIVALENTE	68
6.2 FASE 2: CALCULAR EL PROMEDIO DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO EN LOS SECTORES FORESTALES DEL PERÍMETRO LOCAL DE LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA	70
6.2.1 CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO Y CO ₂ EQ.....	73
6.3 FASE 3: FORMULAR ACCIONES DE ECOSOSTENIBILIDAD EN PRO DE REDUCIR LAS EMISIONES DE CARBONO EN EL PERÍMETRO LOCAL DE LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA.	74
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 ESQUEMA DINÁMICO DEL EFECTO INVERNADERO (EXTRAÍDO DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN FRENTE A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN REGIONES DE COSTA Y MONTAÑA DE COLOMBIA)	11
FIGURA 2 RUTAS.....	43
FIGURA 3 CUADRANTES ESTABLECIDOS.....	45

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 ALCANCES ESTABLECIDOS POR EL GHG PROTOCOL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES GENERADORAS DE CO ₂	34
TABLA 2 FACTOR DE EMISIÓN PARA EL TRANSPORTE PERSONAL EN VEHÍCULOS.....	42
TABLA 3 FACTOR DE EMISIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	43
TABLA 4 FACTOR DE EMISIÓN DEL PAPEL.....	44
TABLA 5 FACTORES DE CONVERSIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE BIOMASA AÉREA EN UNIDADES DE TONELADAS POR HECTÁREA (T HA-1) A PARTIR DE LOS CÁLCULOS POR PARCELA	55
TABLA 6 VALORES DE BAT (T/H) ACUMULADA EN LOS 11 CUADRANTES ESTABLECIDOS.....	72
TABLA 7 VALORES DE C (T/H) ACUMULADO EN LOS 11 CUADRANTES ESTABLECIDOS.....	73
TABLA 8 VALORES DE CO ₂ EQ (T/H) CAPTURADO EN LOS 11 CUADRANTES ESTABLECIDOS.....	74

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIPO ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE GAS EN LAS CAFETERIAS DE LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA.....	90
ANEXO 2 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIPO ENCUESTA DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN VEHÍCULOS (CARROS) QUE INGRESAN A LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE	91
ANEXO 3 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIPO ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE PAPEL EN LAS FOTOCOPIADORAS DE LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA.....	92
ANEXO 4 FACTURA EMITIDA POR LA CETSA EVIDENCIANDO EL CONSUMO ELÉCTRICO DE JULIO A DICIEMBRE DEL AÑO 2017	93
ANEXO 5 TABLA DE EMISIONES DE CADA UNA DE LAS FUENTES IDENTIFICADAS	94
ANEXO 6 TABLA DE ÁRBOLES IDENTIFICADOS EN LOS 11 CUADRANTES ESTABLECIDOS.....	94

GLOSARIO

ALMACENAMIENTO: “Proceso para la retención de CO₂ captado de manera que no llegue a la atmósfera”¹.

BIOMASA: “Toda materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta (por Ej. En los árboles, los cultivos, las gramíneas, las raíces). El término “biomasa” corresponde a una definición común de la biomasa por encima del suelo y de la biomasa por debajo del suelo”².

BOSQUE: “Tierra que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de copas superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano”³.

CALENTAMIENTO GLOBAL: “en una idea inicial, este término es utilizado habitualmente en dos sentidos: En primer lugar, como un fenómeno donde se observan las medidas de la temperatura, es decir, se muestran los promedios de su aumento en la atmósfera terrestre y en los océanos durante las últimas décadas. En segundo lugar, se entiende como una teoría que predice el crecimiento futuro de las temperaturas a partir de proyecciones basadas en la investigación científica por medio de simulaciones computacionales”⁴.

CAMBIO CLIMÁTICO: “Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición

¹ IPCC Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2005). La captación y el almacenamiento de Dióxido de Carbono. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf

² FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004). Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/9690-0d07adfee9364a4127238bf3ffc7d6ab2.pdf>.

³ Ibid., p.16.

⁴ BARBOZA LIZANO, óscar. (2013). calentamiento global: “la máxima expresión de la civilización petrolfósil” revista del cesla, núm. 16, p. 35-68

de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”⁵.

DIÓXIDO DE CARBONO: “es un gas que se produce naturalmente, representando aproximadamente 0,036% de la atmósfera. Es emitido por la quema de combustibles fósiles y biomasa, los cambios en el uso de la tierra y en otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero y se utiliza como referencia frente a otros”⁶

DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE: “medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios GEI, basada en el potencial del calentamiento global de cada uno. El dióxido de carbono equivalente es el resultado de la multiplicación de las toneladas emitidas de GEI por su potencial de calentamiento global. Por ejemplo, el potencial de calentamiento del metano (CH₄) es 21 veces mayor a la del CO₂, entonces el CO₂ equivalente del metano es 21”⁷.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA: “Es la variabilidad de organismos vivos de todas las clases, incluida la diversidad dentro de las especies, entre las especies y de los ecosistemas”⁸

ECOSISTEMA: “Comunidad de elementos bióticos y abióticos en estrecha relación con el medio y que ocupa un determinado espacio terrestre o acuático”⁹

⁵ NACIONES UNIDAS (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

⁶ YEPES QUINTERO, Adriana P., et al. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de Biomasa-Carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM-.Bogotá D.C., Colombia. 162 p.

⁷ Ibíd., p.154.

⁸CAMACHO, Aurora y ARIOS A Liliana. (2000). Diccionario de Términos Ambientales. Recuperado de https://issuu.com/tecsanchez/docs/diccionario_amb.

⁹ Ibíd., p. 35.

EFFECTO INVERNADERO: “Se entiende por efecto invernadero al cambio climático provocado por un aumento de la temperatura ambiental a consecuencia de una mayor concentración de Dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, que aunque permite que la radiación solar llegue a la tierra, impide que parte de aquella pueda volver al espacio, siendo reflejada nuevamente y, por tanto, facilitando un aumento de temperatura”¹⁰.

EMISIÓN: “Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil”¹¹.

ESPECIE: “unidad fundamental de la sistemática (taxonomía) de los organismos vivos. Conjunto de individuos con caracteres comunes transmisibles por herencia, interfértiles pero aislados genéticamente por barreras, generalmente sexuales, de las restantes especies, con un género de vida común y una distribución geográfica precisa”¹².

FOTOSÍNTESIS: “La fotosíntesis es un proceso primordial, sustenta la vida en el planeta, mediante ella la energía solar se transforma en energía química que es aprovechada por la mayoría de los seres que lo habitan”¹³.

GASES DE EFECTO INVERNADERO: “Son compuestos químicos en estado gaseoso como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) que se acumulan en la atmósfera de la Tierra y que son capaces

¹⁰ BENAVIDES, Henry y LEÓN Gloria, (2007). Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático, IDEAM, Nota Técnica 008.

¹¹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (1995). Decreto 948 de 1995 Reglamento de Protección y Control de la calidad del Aire. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf

¹² CHRISTOFFERSEN, Martin. (1995). Taxonomía cladística, sistemática filogenética y clasificación evolutiva. Volumen 44. P 440-454.

¹³ SÁENZ, Jorge. (2012). La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7577/1/jorgeenriquesaenzguarin.2012.pdf>

de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera”¹⁴

HUELLA DE CARBONO: “la Huella de Carbono es un indicador que busca cuantificar la cantidad de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (directas e indirectas), medidas en emisiones de CO₂ equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades humanas”¹⁵.

RESERVORIO DE CARBONO: “Todo sistema capaz de acumular o liberar carbón. Algunos ejemplos de contingente de carbono son la biomasa forestal, los productos de la madera, los suelos, o la atmósfera. Se expresa en unidades de masa (por ejemplo t C)”¹⁶

¹⁴ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (2017). Gases de Efecto Invernadero. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/462-plantilla-cambio-climatico-18>

¹⁵ *Ibíd.*, p.1

¹⁶ RAZO ZÁRATE, Ramón., et al. (2013). Biomass estimation and carbon stock in fir trees affected by fire in "El Chico" National Park, Hidalgo, México. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712013000200005

RESUMEN

La presente investigación contiene los resultados de la huella de carbono medida en la Unidad Central del Valle del Cauca, como también, los resultados del dióxido de carbono que están captando las zonas forestales de la misma, trayendo consigo beneficios tanto ambientales como económicos para la UCEVA, de la misma manera, por medio de este estudio se podrá tomar conciencia del impacto negativo generado al ambiente.

El estudio se desarrolló en tres fases:

La fase 1 corresponde a la obtención de los datos para calcular la huella de carbono emitida por las actividades que se llevan a cabo dentro de la institución, tales como: consumo de papel, energía, gas y emisiones por combustión en vehículos.

La fase 2 corresponde a la recolección de información de las zonas forestales demarcadas en los cuadrantes establecidos, para el cálculo de la captación de carbono se tuvo en cuenta las siguientes variables: Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (H) y Densidad de la madera (DM).

La fase 3 corresponde a la selección de alternativas limpias que ayudan a la disminución o mitigación de GEI, creando conciencia y compromiso en la población ucevista en pro de la reducción de gases contaminantes y la protección del ambiente.

Para el cálculo de la huella de carbono se implementó la metodología instaurada en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Estándar Corporativa de contabilidad y reporte) la cual establece 5 puntos a seguir para el cálculo de la misma que son:

1. Identificar fuentes de emisiones de GEI.
2. Seleccionar un método de cálculo de emisiones de GEI.
3. Recolectar datos sobre sus actividades y elegir factores de emisión.
4. Aplicar herramientas de cálculo.
5. Enviar los datos a nivel corporativo

Para el cálculo del porcentaje de captación por parte de las zonas forestales establecidas en los cuadrantes, se implementó la metodología instaurada en el Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia la cual es la siguiente: 1. Establecimiento de cuadrantes. 2. Establecimiento de subcuadrantes. 3. Selección de árboles que cumplieran con la variable DAP mayor o igual a 10 cm. 4. Rotulación de los árboles. 5. Base de datos con información relevante como DAP, H y DM. 6. Extracción de la muestra cilíndrica de madera de cada una de las especies seleccionadas. 7. Estimación de la Biomasa Aérea. 8. Conversión de la Biomasa Aérea a Carbono. 9. Conversión de Carbono a CO₂ equivalente como medida de emisión.

Los resultados obtenidos de la huella de carbono para el periodo comprendido entre Julio-Diciembre de 2017 arroja que las emisiones por combustión tanto en centros fijos como en vehículos representa el mayor aporte de emisiones con un 97% (3.459,4961 t CO₂ eq), seguido por el alcance 2 que se encuentra relacionado con las emisiones indirectas de GEI, que son las emisiones por energía eléctrica adquirida representa un 3% (82,86 t de CO₂ eq) y finalmente el alcance 3 que se encuentra relacionado con el consumo de papel representa un 0,0031% (7,38 t de CO₂ eq). Obteniendo un total de Huella de Carbono de 3.549,7361 t de CO₂ eq. En los 11 cuadrantes establecidos se tiene capturado un promedio total de 4.093,323 t/h de CO₂ eq los cuales se dejan de emitir a la atmósfera evitando así el incremento del calentamiento global.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye un problema ambiental debido a las actividades que lo originan; sus efectos y alcances, no sólo representan un problema para el ambiente sino que marcan una problemática que transgrede el sano desarrollo de la sociedad en niveles poblacionales y económicos; cabe resaltar que el margen de consecuencias genera profundos impactos negativos en los ecosistemas. Disminuir el cambio climático conlleva a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera a niveles inferiores a los que en el presente están en aumento.

La captación y almacenamiento de dióxido de Carbono por parte de los bosques ayuda a la amortiguación del cambio climático a escala global y también local ya que las masas boscosas absorben el calor del sol en mayor proporción que los campos sin cobertura, disminuyen la temperatura ambiental y además actúan como barreras rompe viento que moderan el impacto que pueden ocasionar las tormentas.

En la Unidad Central del Valle del Cauca se encuentra una zona de vida denominada Bosque seco tropical el cual es un ecosistema complejo que aporta una amplia gama de beneficios sociales, económicos y ambientales. El presente estudio titulado “medición de la huella de carbono y captación de carbono en la unidad central del valle del cauca, ubicada en el municipio de Tuluá” tiene como propósito medir la huella de Carbono producida por las actividades en la UCEVA y conocer el porcentaje de carbono que se capta por su zona forestal.

Así mismo, mediante la medición de la huella de Carbono y captación de la misma se contribuye a minimizar el desconocimiento que tiene la población ucevista frente a estos temas que les competen a todos debido al nivel de importancia del mismo, puesto que tiene como objetivos; identificar las fuentes generadoras de carbono equivalente y calcular el porcentaje de emisión de cada una; calcular el promedio de absorción de dióxido de carbono en los sectores forestales del perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca y por último formular acciones de Ecosostenibilidad en pro de reducir las emisiones de carbono en el perímetro local.

Los objetivos específicos se plantearon en forma de fase por lo que la metodología y los resultados se desarrolló siguiendo el mismo modelo y de esta manera se logró dar respuesta a cada uno de ellos.

Las limitaciones que presenta este estudio son el de tomarle muestra a cada una de las especies existentes en el perímetro de la Universidad, ya que por falta de tiempo y recursos solo se pudo establecer 11 cuadrantes en las zonas más boscosas o representativas de la misma dejando de lado zonas con menos densidad boscosa; otra limitación fue el de no incluir cada aparato eléctrico o electrónico que genere CO₂, también el de no encuestar a cada una de las personas que tuvieran vehículos generadores de GEI.

El significado del presente estudio radica en la concientización de la comunidad ucevista frente al cambio climático y los efectos negativos que este conlleva, proponiendo estrategias de reducción y mitigación, además de dar a conocer la importancia que tiene la zona forestal en cuanto a la captura de carbono y a la estabilización climática.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La energía que llega al planeta proveniente del sol es absorbida por la atmósfera y por el suelo, mientras otra parte es reflejada de nuevo al espacio. Algunos gases que pueden encontrarse en la atmósfera tienen la capacidad de reducir la cantidad de energía refractada al espacio, manteniéndola atrapada en ella. Esto se conoce como efecto invernadero¹⁷.

El cambio del estilo de vida del ser humano a través de la historia ha dejado huellas negativas en el ambiente; el desarrollo de la humanidad ha servido para alterar el equilibrio de la naturaleza trayendo consigo una crisis ambiental global que se convierte en herencia para las nuevas generaciones¹⁸. Un registro de este fenómeno es el calentamiento global, causado por la presencia de gases de tipo invernadero en la atmósfera emitidos natural y artificialmente. Consiste en el aumento de la temperatura sobre la superficie del planeta, trayendo consecuencias como el aumento en el nivel del mar, cambios en los regímenes de precipitación y en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos (tales como tormentas, huracanes, entre otros.), variedad de impactos sobre diferentes componentes como la agricultura, los recursos hídricos, los ecosistemas, la salud humana¹⁹. Uno de estos efectos, como lo indican Shaffer, G., Olsen, M.S. y Pedersen, J.O. (2009) es la disminución de los niveles de oxígeno en los océanos causando mayor frecuencia en la mortalidad de las especies marinas.

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas (1998) mencionan que de acuerdo al protocolo de Kyoto los gases de efecto invernadero (GEI) considerados más importantes o con un mayor umbral de toxicidad, por sus niveles de emisión generados por los humanos son:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

¹⁷ MITCHELL, Jhon. (1989). The "Greenhouse" Effect and Climate Change, Reviews of Geophysics. 27, 115-139.

¹⁸REYNOSA, Enaidy. (2015). La Crisis Ambiental Global. Causas, Consecuencias y Soluciones Prácticas. Ensayo

¹⁹ BENAVIDES, Henry y LEÓN Gloria, (2007). Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático, IDEAM, Nota Técnica 008.

Colombia no es ajena a este problema, puesto que en la actualidad fallecen al año 7000 personas en promedio por enfermedades asociadas a la calidad del aire y lluvia ácida. Además, se reportan 13.000 hospitalizaciones por este motivo y 255.000 visitas a urgencias²⁰. Según un informe del 2015 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Medellín es la novena ciudad más contaminada en Latinoamérica, después de Cochabamba (Bolivia), Lima (Perú), Río de Janeiro (Brasil), Monterrey y Toluca (México), Guatemala, Tegucigalpa (Honduras) y Belo Horizonte (Brasil). En el décimo puesto de la lista de la OMS está Bogotá, con unos pocos puntos de diferencia frente a Medellín²¹. Según este informe, la mortalidad por enfermedades respiratorias en Medellín muestra un exceso de 92 por ciento frente a Bogotá y el informe señala que por la estrechez geográfica y poca ventilación de la región, el aire permanece cautivo y retiene los contaminantes, lo cual implica una mayor exposición de sus habitantes a las emanaciones tóxicas.

Aunque el ecosistema posee naturalmente la capacidad de imponer ciclos y barreras ecológicas que busquen el equilibrio tras la trasgresión del sistema natural, no siempre son suficientes para amortiguar la producción elevada de agentes exógenos no beneficiosos. Una de esas barreras amortiguadoras son los árboles que juegan un papel importante en el equilibrio del ambiente, ya que son los principales captadores de carbono; por medio de la fotosíntesis que es un proceso metabólico del que se valen las células vegetales para obtener energía. La energía lumínica captada por las hojas es absorbida por los cloroplastos, donde la clorofila libera electrones cuando entra en contacto con la luz; estos electrones son usados para estimular la reacción de CO₂ Y H₂O y de esta manera generar carbohidratos que serán usados posteriormente por la planta para generar energía que utiliza para su desarrollo a lo largo de su vida. Parte de estos carbohidratos se oxidan generando energía, CO₂ Y H₂O, mientras otra parte de los carbohidratos se conserva dentro de la planta (tallo y raíz) como elemento esencial de su estructura física^{22 23}. Por lo tanto, el carbón contenido en la planta no volverá a la atmósfera hasta su descomposición o quema.

²⁰ LASSO, Juan. (2014). La Contaminación del Aire, el Mayor Problema Ambiental de Salud Pública en el Mundo. Radio Televisión Nacional de Colombia. Recuperado de <https://www.radionacional.co/noticia/la-contaminacion-del-aire-el-mayor-problema-ambiental-de-salud-publica-en-el-mundo>

²¹ MORALES, Paola. (2016). Pese a Tener Metro y Tranvía, Medellín Sufre por la Contaminación. El Tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16555834>

²² AUDESIRK, Teresa y AUDESIRK, Gerald. (1997). Biología, La Vida en la Tierra. México, Prentice Hall, Cuarta Edición.

²³ SCHNEK, Adriana, et al. (2007). Curtis Biología. Argentina, Editorial Médica Panamericana, Séptima edición.

La importancia de los bosques en la disminución y control del calentamiento global y sus efectos sobre el planeta, a través de su rol como principal Fuente de almacenamiento de carbono es fundamental²⁴, debido a que los bosques al fijar CO₂ a través de la fotosíntesis y al almacenarlo en su biomasa ayudan a esta disminución, por lo que al disminuir la superficie de bosques se pierde el CO₂ retenido en los sumideros de carbono ya existentes, restringiendo la capacidad de absorber más carbono.

Los bosques contienen el 80% de la biodiversidad mundial, son refugio de 300 millones de personas, son la fuente de subsistencia de una cuarta parte de la población mundial y además proveen alimentos, medicamentos, agua potable y desempeñan un papel indispensable en la estabilización del clima²⁵.

En Colombia, cada año se deforestan 336.581 hectáreas de bosques secundarios y terciarios²⁶. Según los investigadores Orlando Rangel y Henry Arellano “el 31% de los bosques nativos de Colombia han sido arrasados, lo que se traduce en una tasa anual de deforestación de 598.000 hectáreas”²⁷. Parte de los efectos de la deforestación los ha vivido el país en los últimos años, como por ejemplo, las últimas temporadas de lluvia han ocasionado deslizamientos e inundaciones, trayendo como consecuencia damnificados y pérdidas considerables para la economía del país²⁸.

Por otra parte, las alteraciones en la composición atmosférica han ido incrementándose a través de los años por la intensificación de actividades vinculadas a la emisión de gases. La mayoría de las universidades carecen de un control frente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que llegan a emitir dentro de sus campus universitarios, siendo esta una posición preocupante a valorar, al expulsar al aire componentes que conllevan peligro de deterioro para la vida humana, vegetal y animal; según Oyarzun, M.(2010) entre los efectos dañinos

²⁴ FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). Los bosques y el cambio climático. Recuperado de <http://www.fao.org/Newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>

²⁵VICTORINO, Andrea. (comp.) 2012. Bosques para las personas: Memorias del Año Internacional de los Bosques 2011. Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia. 120 pág.

²⁶ IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Monitoreo y Seguimiento al Fenómeno de la Deforestación en Colombia. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/deforestacion-colombia>

²⁷ AGENCIA DE NOTICIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL. (2015). Expertos Indican que Cifras Oficiales Sobre Deforestación son Dudosas. El Espectador. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/expertos-indican-cifras-oficiales-sobre-deforestacion-s-articulo-535748>

²⁸ *Ibíd.*, p, 35.

del CO₂ sobre la salud se encuentran impactos perjudiciales en el sistema respiratorio, cardiovascular, nervioso central y autonómico; además de estos problemas se presenta una afectación en la conciencia. En resumen, todos estos inconvenientes sobre la salud al igual que el calentamiento global han sido causados por la generación de gases contaminantes debido a las actividades antropogénicas.

Cualquier actividad que lleve a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénico debe estar precedida por un estudio cuantitativo de estos gases. Uno de estos estudios es la medición de la huella de carbono; consiste en medir la cantidad de CO₂ que es liberado al realizar una actividad determinada.

La Unidad Central del Valle del Cauca cuenta con una extensión de 20 Hectáreas como lo indican Urriago, J. Velásquez, A. Agudelo, D. Salamanca, F Y Figueroa S. (2011). Dicho terreno está ubicado en la Cra 27 A No. 48 - 144 Kilómetro 1 salida Sur, que mediante la escritura 773, otorgada por la notaria segunda de Tuluá el 11 de Junio de 1976 pasó a formar parte de la comunidad universitaria. En el segundo semestre del año 2017 la universidad cuenta con una población de 4596 estudiantes y alrededor de 500 docentes. Del total de estudiantes, 557 realizan programas a distancia y acuden a la universidad únicamente los fines de semana. El resto de ellos están diariamente en las instalaciones, lo que ocasiona un mayor aporte en la huella de Carbono debido a que la gran parte de la población ya mencionada utiliza vehículos que generan emisiones de dióxido de carbono los cuales alteran la composición del aire, además del consumo de papel y del consumo energético, la mayoría de la población no tiene conciencia sobre la cantidad de energía que se consume en las instalaciones universitarias ya que no toman medidas al momento de dejar lámparas y ventiladores encendidos en lugares donde no se está realizando ninguna actividad , no reutilizan ni reciclan las hojas de papel que todavía se les podría dar otra disposición, en gran parte o la mayoría no utiliza un medio de transporte el cual no genere GEI y por ende todas estas actividades generan presión sobre los recursos naturales (Información suministrada por la oficina de planeación de la universidad).

En la actualidad, la universidad cuenta únicamente con un estudio de huella de carbono en él se encuentran documentados las cantidades de emisiones generadas por las fuentes de consumo energético y por el transporte (carros y motos) para el periodo comprendido entre Junio del 2016 hasta Abril del 2017, en el que se muestra un total de huella de carbono de 99,63 t CO₂ equivalente²⁹. Cantidad bastante

²⁹ ANDRADE, Leidy. (2017). Estimación de la Huella de Carbono a través del Mecanismo de Mitigación Voluntaria de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Generada por el Parque Automotor y el Consumo Energético en la UCEVA. Trabajo de Grado.

significativa y lo que exhibe es que las industrias no son las únicas que producen grandes cantidades de este gas ya que la UCEVA también está generando una cantidad significativa lo que repercute negativamente en el ambiente y en la salud pública de toda la comunidad.

En la universidad no se encuentran registrados estudios sobre captación de carbono por la zona forestal en su perímetro local, Cifra que es importante conocer, puesto que con ello se sabrá si la universidad es autosuficiente respecto a cuánto se emite de CO₂ equivalente y a cuánto se capta de este mismo gas, para así empezar a tomar medidas correctivas si así se requiere.

Por consiguiente, es necesario realizar un nuevo estudio para cuantificar el CO₂ emitido por la UCEVA y no sólo eso sino también conocer el porcentaje de captación de la zona forestal de la misma y así poder determinar el nivel de autosuficiencia, además de saber si con las medidas correctoras que se plantearon en el pasado estudio se disminuyó la cantidad de CO₂ o por el contrario ésta siguió en aumento. En síntesis el problema del presente proyecto se evidencia en la siguiente pregunta: ¿Cuál es la huella de carbono producida por las actividades en la UCEVA y qué porcentaje de carbono se capta por su zona forestal?

2. JUSTIFICACIÓN

Colombia, al igual que muchos de los países del continente Americano, procura tomar parte en la disminución, mitigación y adecuación al cambio climático; así mismo, ir evolucionando con este proceso a nivel nacional, regional y local; por lo que ya el país ha tomado medidas para la disminución de la huella de carbono, comprometiéndose a reducir el 20% de las emisiones generadas desde la pasada cumbre de la tierra celebrada en París en diciembre de 2015. Desde esta fecha hasta el 2030 el país tendría que cumplir esta meta³⁰.

La medición de la huella de Carbono se ha implementado principalmente en empresas, pero esto comparado frente al número de organizaciones a nivel mundial es una parte insignificante. En Colombia la medición de la huella de Carbono se le adjudica a unos pocos. Aún la conciencia ambiental es muy poca o nada dentro de las organizaciones; siendo este problema ambiental un tema de suma importancia, pues no se aprecia una conciencia ambiental local en gran parte de los integrantes de la comunidad educativa de la Unidad Central del Valle del Cauca. Una de las causas de esta falta de conciencia se puede percibir en cómo los medios de comunicación internos de la institución no mencionan los problemas ambientales existentes, lo que conlleva a ver el problema como una realidad ajena al diario vivir. Por esta razón la Unidad Central del Valle del Cauca debe adquirir un rol de liderazgo haciéndole frente al calentamiento global, Reduciendo las emisiones de CO₂; es evidente la necesidad de medir la huella de Carbono dentro de las instalaciones de la UCEVA, ya que en el pasado estudio de medición de huella de carbono mencionado anteriormente se puede observar una cifra bastante significativa, la cual debido a la falta de medidas correctivas ambientales tiende a incrementarse, por ello es importante determinar el impacto producido por diversas labores dentro de la misma y de este modo poder afrontar el problema desde el origen; por medio de la medición de la huella de carbono se cuantificará el efecto causado por los gases de efecto invernadero (GEI) en términos de CO₂ equivalente, originado como resultado de diversas actividades, productos o procedimientos dentro de la institución. Esta investigación resulta esencial para el desarrollo de una institución baja en carbono ya que es una de las formadoras de la sociedad del futuro.

³⁰ BETANCUR, Laura. (2015). ¿Cuál es la cuota colombiana para evitar el cambio climático? El Tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/medidas-de-colombia-para-evitar-el-cambio-climatico/16145259>

Este proyecto logrará producir un impacto positivo no sólo en el campus universitario sino también en el Departamento del Valle del Cauca teniendo a la Uceva como una de las instituciones pioneras en la medición de la huella y captación de carbono, razón por la cual otras instituciones y empresas pueden tomarla como referencia para la realización de estudios de esta índole, además de la importancia que obtendrá el programa de ingeniería ambiental de la Unidad Central del Valle del Cauca.

Dentro de la ciudadela universitaria se podrán obtener beneficios desde el punto de vista social, ya que los planes de acción para el control y disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, pueden llevar a mejorar la seguridad y la salud pública de las personas disminuyendo la exposición a contaminantes nocivos para la salud e intensificando el uso de modalidades de transporte físicamente activas y más sanas, lo que llevará a tener una vida más saludable en el futuro.

Desde el punto de vista ecológico, este proyecto podrá ser la base de futuros planes de acción para conservar el entorno, puesto que se podrá prevenir y así disminuir los índices de polución que se puedan generar a futuro, protegiendo de esta manera la gran biodiversidad que alberga la Uceva, considerando que coexistimos en un ambiente abundante en variedad de flora y fauna, ya que los bosques son definitivamente parte de nuestra identidad como país ¿Y cómo los sentimos nosotros? Quizá muy lejanos y ajenos. Y seguimos pensando que Colombia es solamente un país de ciudades y carreteras, con algunos árboles aislados que dan sombra a cultivos o ganado. Pero resulta que Colombia es las grandes selvas húmedas de la Amazonia y el Pacífico; los bosques de galería que se mueven como serpientes en la sabanas de la Orinoquía; los bosques secos del Caribe y del Valle del Cauca, y nuestras selvas Andinas³¹.

Dado que la UCEVA se encuentra establecida en un área determinada como bosque seco tropical; se considera que este tipo de bosque es el ecosistema más amenazado en el país, pues apenas queda el 1% de su superficie original. Por lo anterior, por su fragilidad y por las grandes transformaciones del territorio colombiano, este ecosistema, clave para la conservación de especies y para la protección de suelos justifica la urgencia de realzarlos como áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad³².

³¹ VICTORINO, Andrea. (comp.) 2012. Bosques para las personas: Memorias del Año Internacional de los Bosques 2011. Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia. 120 pág.

³² *Ibíd*; pág. 29

Los bosques son primordiales para la regulación climática del planeta, cabe resaltar que la Uceva presta diferentes servicios ambientales, entre ellos se enfatiza la captura de carbono que ocurre por medio de la fotosíntesis; capturan CO₂ para liberar oxígeno, ayudan en la regulación del ciclo del agua y en la protección de suelos, son el hábitat de diferentes especies, son el refugio de la especie *Anacardium excelsum* que está considerada una especie en vía de extinción lo que los convierte en parte indispensable y fundamental de la UCEVA. La protección de estos sectores forestales es un tema primordial en la mitigación de los efectos del cambio climático, por lo cual, las propuestas de protección ambiental que puedan surgir como resultado de este proyecto son de interés general.

Desde el punto de vista económico, este proyecto podrá contribuir en gran medida a la disminución de los gastos, puesto que se podrán utilizar los cálculos de esta medición para que la universidad pueda hacer más eficientes sus procesos y de esta manera lograr reducir el consumo.

De esta manera la Unidad Central del Valle del Cauca será una institución de educación superior comprometida con el ambiente y el desarrollo sostenible.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Medir la huella de carbono y el promedio de captación de dióxido de carbono en el perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las fuentes generadoras de carbono equivalente y calcular el porcentaje de emisión de cada una
- Calcular el promedio de absorción de dióxido de carbono en los sectores forestales del perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca.
- Formular acciones de Ecosostenibilidad en pro de reducir las emisiones de carbono en el perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1 EFECTO INVERNADERO

El centro internacional para la investigación del Fenómeno del niño (CIIFEN)³³, define en su ítem Efecto Invernadero: al mismo como un fenómeno atmosférico natural que permite mantener una temperatura agradable en el planeta; Retiene parte de la energía que proviene del sol. Las actividades humanas permiten la liberación de grandes cantidades de carbono a la atmósfera a un ritmo que se acelera a medida que la población y su sostenimiento crece, éstas actividades han perturbado el presupuesto global del carbono, aumentando, en forma lenta pero continua el CO₂ en la atmósfera; propiciando cambios en el clima como por ejemplo ascenso en el nivel del mar, cambios en las precipitaciones, desaparición de bosques, extinción de organismos y problemas para la agricultura.

El efecto invernadero es generado por la acumulación de gases como el CO₂, ozono superficial (O₃), óxido nitroso (N₂O) y clorofluorocarbonos los cuales se acumulan en la atmósfera como resultado gaseoso de las múltiples actividades que se dan en el planeta, derivando en un aumento del calentamiento global, esto ocurre porque los gases acumulados frenan la pérdida de radiación infrarroja (calor) desde la atmósfera al espacio. Una parte del calor es transferida a los océanos, aumentando la temperatura de los mismos, lo que implica un aumento de la temperatura global del planeta. Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente por la tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala mundial un efecto similar al observado en un invernadero el calentamiento global producido de este modo se conoce como efecto invernadero. En la siguiente figura se observa la dinámica del efecto invernadero.

³³ CIIFEN Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño. (s.f). Efecto Invernadero. Recuperado de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es



Figura 1 Esquema Dinámico del Efecto Invernadero (extraído de Estrategias de Adaptación y Mitigación frente a los efectos del Cambio Climático en Regiones de Costa y Montaña de Colombia)

4.1.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO³⁴

Los gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Hay además en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero (GEI) creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos (compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono, estos compuestos pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera y son también una de las causas del agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera) regulados por el Protocolo de Montreal.

³⁴BENAVIDES, Henry y LEÓN Gloria, (2007). Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático, IDEAM, Nota Técnica 008.

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂):

El dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-océano-Tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. En relación a las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques (según la FAO, el 26% de la superficie terrestre se destina al pastoreo, y la producción de forrajes requiere de cerca de una tercera parte del total de la superficie agrícola).

METANO (CH₄):

El metano es un fuerte GEI y juega un papel importante en la determinación de la capacidad de oxidación de la troposfera. La carga atmosférica de metano a finales de la década de los 90`s era de 4800 x10¹² gramos, más de dos veces la cantidad presente durante la era preindustrial. Esta duplicación en la carga atmosférica del metano ha contribuido en aproximadamente un 20% del forzamiento radiactivo directo debido a emisiones antropogénicas de GEI directos. El metano es removido de la atmósfera por reacción con radicales hidroxilo (OH) convirtiéndose finalmente en CO₂.

La fuente más importante de metano es la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos:

1. Las actividades agrícolas relacionadas con:
 - a. Fermentación entérica como consecuencia del proceso digestivo de los herbívoros.
 - b. Descomposición en condiciones anaerobias (sin oxígeno) del estiércol generado por especies pecuarias.
 - c. Cultivos de arroz bajo riego.
 - d. Quemadas de sabanas y residuos agrícolas.
2. Disposición de residuos sólidos.
3. El tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas e industriales.

Otra fuente importante de metano está relacionada con la producción y distribución de gas natural y petróleo y en la explotación de carbón mineral.

OXIDO NITROSO (N₂O):

El óxido nitroso, cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los

océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa y la agricultura. El óxido nítrico es inerte en la troposfera. Su principal sumidero es a través de las reacciones fotoquímicas en la estratosfera que afectan la abundancia de ozono estratosférico.

COMPUESTOS HALOGENADOS:

Los halocarbonos tienen efectos sobre los forzamientos radiativos tanto directos como indirectos. Los clorofluorocarbonos (CFCs), los cuales incluyen el CFC11 (CFCl_3) y el CFC12 (CF_2Cl_2) son una familia de compuestos que no existen naturalmente en el ambiente. Desde que empezó su fabricación a principios de la década de los 30's, los CFCs han sido utilizados como gases refrigerantes, como solventes en aplicaciones industriales y en la limpieza en seco y como propulsor en los recipientes de aerosoles. Otros compuestos que contienen cloro incluyen los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), el metil cloroformo y el tetracloruro de carbono, mientras que entre los compuestos que contienen bromo están los halones, el bromuro de metilo y los hidrobromofluorocarbonos (HBFCs). Estos compuestos halogenados son poco reactivos en la troposfera, pero en la estratosfera pierden los átomos de cloro y bromo (a través de procesos fotoquímicos) y posteriormente destruyen catalíticamente el ozono. La producción de los CFCs ha sido prohibida por el Protocolo de Montreal y sus enmiendas.

OZONO TROPOSFÉRICO:

El ozono está presente en la estratosfera superior, donde protege la Tierra de niveles perjudiciales de radiación ultravioleta y en concentraciones más bajas en la troposfera, donde es el componente principal del smog fotoquímico antropogénico. Durante las últimas tres décadas, las emisiones antropogénicas de halocarbonos que contienen cloro y bromo, tal como los CFCs han disminuido las concentraciones estratosféricas de ozono. Esta pérdida de ozono en la estratosfera ha tenido como resultado un forzamiento radiativo negativo, debido a que el ozono es un importante GEI. El ozono troposférico es producido a partir de reacciones químicas complejas de compuestos orgánicos volátiles que se mezclan con óxidos de nitrógeno (NO_x) en presencia de luz solar.

VAPOR DE AGUA:

El vapor de agua sigue siendo el GEI más abundante en la atmósfera y las nubes son una parte importante del invernadero planetario de la Tierra. Los gases de invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, son investigados quizás más extensamente, pero las nubes pueden provocar el mismo efecto: calientan nuestro planeta atrapando el calor que se encuentra debajo de ellas. A diferencia de los gases de invernadero, sin embargo, las nubes que reflejan los rayos solares también

poseen una influencia refrigerante. Además, la temperatura del aire, que se ve afectada por las nubes, a su vez afecta la formación de las propias nubes.

4.1.3 HUELLA DE CARBONO³⁵

El término huella de carbono se usa comúnmente para describir la cantidad total de CO₂ y otras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para las cuales una persona u organización es responsable. Las huellas también se pueden calcular para eventos o productos.

La huella total de una organización abarca una amplia gama de fuentes de emisiones, desde el uso directo de combustibles hasta impactos indirectos como los viajes de los empleados o las emisiones de otras organizaciones, arriba y abajo de la cadena de suministro.

Al calcular la huella de una organización es importante tratar de cuantificar como sea posible una gama completa de fuentes de emisiones para proporcionar una imagen completa del impacto de la organización.

Para producir una huella fiable, es importante seguir un proceso estructurado y clasificar a fondo todas las posibles fuentes de emisiones. Una clasificación común es agrupar e informar sobre las emisiones por el nivel de control que una organización tiene sobre ellos. Sobre esta base, las emisiones de gases de efecto invernadero pueden ser clasificadas en tres tipos principales:

1. emisiones directas, desde fuentes propias o controladas por la empresa, como por ejemplo, las derivadas de la quema de combustibles o debidas a procesos químicos.

2. emisiones indirectas derivadas de la generación, por parte de terceros, de energía, calor, vapor (en este caso, es indirecta, aunque sea consecuencia de las actividades de la empresa, pero fueron generadas o son controladas por terceros).

3. otras emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la organización que ocurren fuera de esta y no son controladas o generadas por ésta, como lo son los viajes, la gestión y disposición de residuos, la producción de insumos, etc.

• La huella de carbono se calcula típicamente para incluir todos los gases de efecto invernadero y se expresa en toneladas de equivalente de CO₂ (tCO₂e). Sin

³⁵ CARBON TRUST. (2007). Carbon footprinting an introduction for organisations. Recuperado de <http://www.aquaculture.org.nz/wp-content/uploads/2011/06/Carbon-Footprinting.pdf>

embargo, otros calculan la huella para incluir sólo CO₂ y expresan la huella en tCO₂ (toneladas de CO₂).

Las razones por las que se necesita una huella de carbono determinarán qué enfoque es el más apropiado. En algunos casos puede ser posible hacer una huella básica en otros se requerirá un proceso mucho más riguroso. Las huellas de carbono pueden desglosarse en sus partes componentes para mostrar la importancia relativa de las diferentes fuentes de emisiones.

El Gráfico 1 muestra un ejemplo del desglose de una huella organizativa.

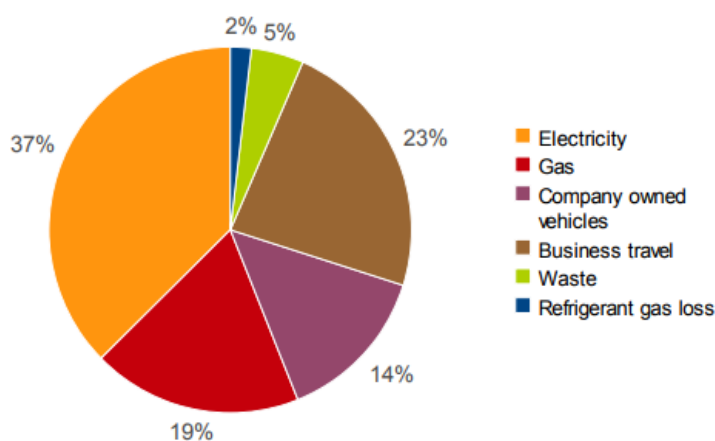


Gráfico 1 Huella registrada por cada área de uso industrial

Las huellas de carbono se miden en toneladas de CO₂ equivalente o CO₂e (y menos comúnmente en toneladas de carbono). El "equivalente" significa que la huella se compone de un número de diferentes gases de efecto invernadero, que se han convertido en la cantidad equivalente de CO₂ para mostrar todas las emisiones en un solo número.

4.1.4 CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

Antes de abordar el tema del cambio climático, resulta muy importante establecer las diferencias entre tiempo y clima. El primero se refiere específicamente a la determinación del comportamiento y evolución de los procesos que gobiernan la atmósfera en las horas subsiguientes (12, 24, 48 y 72 horas, generalmente), en tanto que el clima está más relacionado con el concepto de permanencia y en este sentido se ocupa del análisis de los procesos atmosféricos alrededor de sus valores promedio, los cuales son producto de la evaluación de observaciones de largos períodos de tiempo, generalmente no inferiores a 30 años, conocidos como Normales Climatológicas. También es definido como el conjunto fluctuante de las

condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinada o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo³⁶.

De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas³⁷.

El mayor problema de un cambio acelerado en el clima es que nuestras sociedades no están preparadas para asumir los cambios que esto nos pueda traer: derretimiento de las masas glaciares y nevados que abastecen acueductos, cambios en los ciclos de floración y fructificación de las plantas de cultivo, ascensos en el nivel de los mares donde hay mucha población viviendo, mayor ocurrencia y fuerza en lluvias, sequías, huracanes, heladas y granizadas en áreas urbanas y rurales, entre otros fenómenos que sin duda reducen nuestra calidad de vida³⁸.

La evidencia del cambio climático se encuentra en la mayor frecuencia, intensidad y magnitud de eventos climáticos que comienzan a repetirse temporada tras temporada, o cambios graduales en la temperatura y la precipitación que van transformado lenta y progresivamente el clima de una región.

La certeza del cambio climático se tendrá cuando al revisar los datos climáticos en el año 2040 o 2070 o 2100, se corrobore que efectivamente hubo cambios significativos en los valores de las variables climáticas respecto al comportamiento observado 30 o 50 años antes.

Si la temperatura promedio en Medellín en 1970 era de 20°C, significaba que, por ejemplo, había días con temperaturas máximas de hasta 26°C y mínimas de 14°C. A finales del siglo XXI lo que puede suceder es que la temperatura media sea de 22°C, con lo que podremos tener, por ejemplo, temperaturas máximas de 32°C y mínimas de 12°C. El efecto del cambio climático se irá observando a medida que el monitoreo científico del clima terrestre, tomando series de datos de al menos 30 años, así lo demuestre.

³⁶ *Ibíd.*, p.4

³⁷ *Ibíd.*, p.32

³⁸ IDEAM, et al. (2016). "Conocer: El primer paso para adaptarse. Guía Básica de Conceptos Sobre el Cambio Climático". Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

Si la adaptación se hace correctamente, no tenemos por qué sentir como sociedad grandes impactos por parte de la modificación de los regímenes y patrones del nuevo clima.

El Cambio Climático al ir modificando gradualmente la temperatura y precipitación de una región nos permite anticiparnos y reaccionar, para tomar las medidas correctivas que permitan mitigarlo o adaptarse a él, de modo que los extremos y las nuevas condiciones no se conviertan en permanentes emergencias, desastres y pérdida de la calidad de vida.

La Gran Aceleración se refiere a la manera en cómo se dio impulso a las industrias y al consumo de productos que requieren procesos tecnificados, lo que llevó a aumentar las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. Esto ha traído cambios fundamentales en el estado y el funcionamiento del planeta que no pueden ser atribuibles a la variabilidad natural. Los cambios posteriores en el sistema de la Tierra se han manifestado además en la acidificación de los océanos, la deforestación y el deterioro de la biodiversidad.

Las pruebas nucleares, las bombas atómicas, el incremento de las industrias, la producción de plástico, el aumento en el uso de combustibles fósiles, el desarrollo de las ciudades y su infraestructura, el consumo de los recursos y su empleo en las actividades diarias, entre otras actividades, empiezan a dejar huella en el planeta y con esto se han acelerado cambios en la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera y por esto se buscan evidencias que definan si hemos entrado o no en una nueva época geológica³⁹.

El clima en el país está ligado a efectos de carácter meteorológico-dinámico como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), ondas planetarias, fenómenos como El Niño y La Niña, y demás que generan directa o indirectamente fuertes intercambios de energía que afectan las zonas ecuatoriales⁴⁰.

En términos locales, a pesar de que el país se encuentra en la zona tropical, de valores aparentemente constantes, se genera un clima diverso y complejo por la presencia marcada de factores orográficos, la distancia con respecto al litoral que produce circulaciones locales de vientos y trae consigo temperatura y humedad, así como por las fuertes variaciones en el albedo de la superficie (desde desiertos hasta selvas y nevados) que producen diferentes intercambios de energía y particularizan la relación atmósfera/suelo a lo largo del país (IDEAM *et al.*, 2007).

³⁹ *Ibíd.*, p. 26

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 23

La zonificación climática muestra que gran parte del país presenta temperaturas cálidas (79%) y rangos de lluvia entre 2.000 y 7.000 mm, siendo predominantemente húmedo (40%) y muy húmedo (36,5%). La ZCIT, que rige de forma general el ciclo anual de las variaciones climáticas en Colombia, produce dos temporadas húmedas y dos secas durante el año, con excepción de algunas variaciones locales con comportamientos monomodales (IDEAM *et al.*, 2007).

El comportamiento del clima durante el período 2010- 2012 se caracterizó por la presentación de anomalías de precipitación y temperatura. Los eventos climáticos extremos han aumentado en intensidad en los últimos años, y los eventos de La Niña en el 2010 y 2011 llevaron a los mayores niveles registrados de precipitación en cuatro décadas, donde los efectos de las lluvias se reflejan en mayores inundaciones y deslizamientos (IDEAM *et al.*, 2013).

4.1.5 FIJACIÓN Y CAPTURA DE CARBONO

La captura de carbono se realiza únicamente durante el desarrollo de los árboles. Los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) atmosférico junto otros elementos en suelos y aire para convertirlos en madera. La cantidad de CO₂ que un árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual de la biomasa en el árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite hacia la atmósfera la misma cantidad de carbono que capturó. En estado estable, un bosque en plena madurez aporta la misma cantidad de carbono que captura, por tanto, no es importante cuanto carbono el árbol captura inmediatamente, sino cuánto carbono captura durante toda su vida⁴¹.

Para calcular la captura de carbono es necesario conocer el período en cual el bosque alcanzará su madurez. Los índices de captura de carbono varían de acuerdo al tipo de árboles, suelos, topografía y prácticas de manejo en el bosque. La acumulación de carbono en bosques y suelos llega eventualmente a un punto de saturación, a partir del cual la captura de carbono resulta imposible. El punto de saturación se presenta cuando los árboles alcanzan su madurez y desarrollo completo o cuando la materia orgánica en los suelos se transforma a su estado original⁴².

⁴¹ DE LA VEGA, Jorge. (2007). Calentamiento Global- Captura de Carbono. Eco Portal. Net. El Directorio Ecológico y Natural. Recuperado de <http://www.ecoportel.net/layout/set/print/content/view/full/69502>

⁴² *Ibíd.*, pág 25

4.1.6 CONTABILIZACIÓN DE CARBONO

Las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones netas de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo pueden estimarse mediante una combinación de mediciones directas, datos sobre las actividades y modelos basados en principios aceptados de análisis estadístico, inventarios de bosques, técnicas de teledetección, mediciones de flujo, muestreo de suelos y estudios de situación ecológicos. Estos métodos difieren en exactitud, precisión, verificabilidad, costo y escala de aplicación. El costo de medición de las variaciones de carbono almacenado y de las emisiones netas de gases de efecto invernadero para un área dada aumenta en la medida en que aumenta la precisión deseada y la heterogeneidad del paisaje⁴³.

Para estimar las variaciones de carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero pueden utilizarse varios métodos, consistentes en: 1) estimar el carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero en una fecha dada, 2) estimar la variación media del carbono almacenado o de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo en un área de proyecto, 3) prever sólo una parte de la variación total del carbono almacenado para cada año que se mantiene el proyecto (por ejemplo, mediante el método de la tonelada anual). Según el método de contabilización que se utilice, la distribución de las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero entre un año y el siguiente a lo largo de todo el proyecto variará en función del método de contabilización que se utilice⁴⁴.

⁴³ THE TDE. (s.f). Wood Systems are Ecological Systems. Recuperado de <http://empresario.com.co/tallerdeensamble/caracteristicas.html>.

⁴⁴ *Ibíd.*, pág. 12

4.2. MARCO LEGAL

Para la realización del trabajo de grado es necesario conocer la normatividad colombiana que rige el tema de huella de carbono y captación de carbono, además de algunas normas internacionales importantes tales como:

NORMA	APLICABILIDAD
<p align="center">Greenhouse Gas Protocol (GHG protocol)⁴⁵</p>	<p>El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) es la herramienta internacional más utilizada para el cálculo y comunicación del Inventario de emisiones. Fue la primera iniciativa orientada a la contabilización de emisiones, propuesta por los líderes gubernamentales y empresariales para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).</p>
<p align="center">Bilan Carbone⁴⁶</p>	<p>Este método permite contabilizar la emisión de gases de efecto invernadero de todas las acciones de las organizaciones, identificando las actividades que generan más impacto, con el fin de identificar campos de mejora de forma continua que permitan tomar acciones correctoras para ser más sostenibles.</p>
<p align="center">Protocolo de Kyoto⁴⁷</p>	<p>Es el acuerdo institucional más importante en relación al cambio climático, que tiene su origen en la</p>

⁴⁵ GREENHOUSE GAS PROTOCOL. (2013). ¿Conoces en qué consiste el GHG Protocol?. Recuperado de <https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>

⁴⁶ COMITÉ DÉPARTEMENTAL DE LA PROTECTION DE LA NATURE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LOIR-ET-CHER. (2011). Bilan Carbone. Recuperado de http://www.cdpne.org/PDF/Rapport_Bilan_Carbone.pdf

⁴⁷ ENERGÍA Y SOCIEDAD. (s.f). El cambio climático y los acuerdos internacionales. Recuperado de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>

	<p>Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992.</p> <p>Su objetivo es reducir las emisiones de GEI de los principales países industrializados y según la propuesta inicial de 1997, los países firmantes debían lograr que en el plazo que va de 2008 a 2012 esas emisiones descendieran un 5,2% por debajo de las registradas en 1990. Se aplica a las emisiones de 6 Gases de Efecto Invernadero: CO₂, CH₄, N₂O, HCF, PFC y SF₆.</p>
<p style="text-align: center;">ISO 14064⁴⁸</p>	<p>ISO 14064 es una norma internacional conforme a la cual se verifican voluntariamente los informes de emisiones de gases de efecto invernadero. En paralelo con el nacimiento de esquemas reglamentados u obligatorios relativos al seguimiento, notificación y verificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), las organizaciones están deseando realizar el seguimiento y reporte de sus emisiones de manera independiente a estos esquemas (conocida comúnmente como la huella de carbono de la organización). En respuesta a esta demanda y para proporcionar una norma internacional con la que dichos informes pueden ser verificados voluntariamente, se ha desarrollado la norma ISO 14064.</p>

⁴⁸ ISO. (2006). Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es>

4.2.1 LEGISLACIÓN COLOMBIANA

NORMA	NOMBRE
<p>LEY 99 DE 1993 (Diciembre 22)</p>	<p>Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p>
APLICABILIDAD	
<p>2. Regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural</p> <p>11. Dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir las contaminaciones geosférica, hídrica, del paisaje, sonora y atmosférica, en todo el territorio nacional.</p> <p>13. Definir la ejecución de programas y proyectos que la Nación, o ésta en asocio con otras entidades públicas, deba adelantar para el saneamiento del medio ambiente o en relación con el manejo, aprovechamiento, conservación, recuperación o protección de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.</p>	
NORMA	NOMBRE
<p>RESOLUCIÓN 0610 DE 2010</p>	<p>Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.</p>
APLICABILIDAD	
<p>Que mediante la Resolución 601 de 2006 de este Ministerio, se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.</p>	

NORMA	NOMBRE
<p>DECRETO 948 DE 1995 (junio 5)</p>	<p>Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.</p>
APLICABILIDAD	
<p>1. Contenido y Objeto. El presente Decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica.</p> <p>El presente Decreto tiene por objeto definir el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire; y evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire; a fin de mejorar la calidad de vida de la población y procurar su bienestar bajo el principio del Desarrollo Sostenible.</p> <p>2. Definiciones. Para la interpretación de las normas contenidas en el presente Decreto y en las regulaciones estándares que en su desarrollo se dicten.</p> <p>3. Tipos de Contaminantes del Aire. Son contaminantes de primer grado, aquellos que afectan la calidad del aire o el nivel de inmisión, tales como el ozono troposférico o smog fotoquímico y sus precursores, el monóxido de carbono, el material particulado, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre y el plomo.</p> <p>5. De las distintas clases de Normas y Estándares. Las normas para la protección de la calidad del aire son:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Norma de calidad del aire o nivel de inmisión. b) Norma de inmisión o descarga de contaminantes al aire. c) Norma de emisión de ruido. d) Norma de ruido ambiental. e) Norma de evaluación y emisión de olores ofensivos. <p>6. De la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión. La norma nacional de calidad del aire, o nivel de inmisión, será establecida para todo el territorio, en condiciones de referencia, por el Ministerio del Medio Ambiente.</p>	

7. De las clases de Normas de Calidad del Aire o de los Distintos Niveles Periódicos de Inmisión. Modificado por el art. 1, Decreto Nacional 979 de 2006. La norma de calidad del aire, o nivel de inmisión será fijada para períodos de exposición anual, diario y horario.

8. De las Normas de Emisión. Las normas de emisión que expidan la autoridad ambiental competente contendrán los estándares e índices de emisión legalmente admisibles de contaminantes del aire. Dichos estándares determinarán, según sea el caso, los factores de cantidad, peso, volumen y tiempo necesarios para determinar los valores permisibles.

9. Del Nivel Normal de Concentraciones Contaminantes. Se considerará Nivel Normal de concentración de contaminantes en un lugar dado, el grado de concentración de contaminantes que no exceda los máximos establecidos para el Nivel de Inmisión o Norma de calidad del aire. El Nivel Normal será variable según las condiciones de referencia del lugar.

13. De las Emisiones Permisibles. Toda descarga o emisión de contaminantes a la atmósfera sólo podrá efectuarse dentro de los límites permisibles y en las condiciones señaladas por la ley y los reglamentos.

18. Clasificación de Fuentes Contaminantes. Las fuentes de contaminación atmosférica pueden ser:

a. Fuentes Fijas y

b. Fuentes Móviles;

Las fuentes fijas pueden ser: puntuales, dispersas, o áreas-fuente.

Las fuentes móviles pueden ser: aéreas, terrestres, fluviales y marítimas.

36. Emisiones Prohibidas. Se prohíbe la descarga de emisiones contaminantes, visibles o no, por vehículos a motor activados por cualquier combustible, que infrinjan los respectivos estándares de emisión vigentes.

65. Funciones del Ministerio del Medio Ambiente.

66. Funciones de las corporaciones Autónomas Regionales y de los Grandes Centros Urbanos.

67. Funciones de los Departamentos.

68. Funciones de los Municipios y Distritos.

90. Clasificación de Fuentes Móviles. El Ministerio del Medio Ambiente determinará las fuentes móviles terrestres, aéreas, fluviales o marítimas a las que se aplicarán los respectivos estándares de emisión.

NORMA	NOMBRE
DECRETO 979 DE 2006 (abril 3)	Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.

APLICABILIDAD

1. De las clases de normas de calidad del aire o de los distintos niveles periódicos de inmisión. La norma de calidad del aire, o nivel de inmisión, será fijada para períodos de exposición anual, diario, ocho horas, tres horas y una hora.

NORMA	NOMBRE
RESOLUCIÓN 0909 DE 2008 (junio 5)	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
APLICABILIDAD	
<p>2. Objeto. La presente resolución establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias.</p>	
NORMA	NOMBRE
RESOLUCIÓN 0910 DE 2008 (Junio 5)	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
APLICABILIDAD	
<p>1. Objeto. La presente resolución establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres, reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional, y se adoptan otras disposiciones.</p> <p>5. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos a gasolina. En la Tabla 1 se establecen los máximos niveles de emisión que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor con motor a gasolina, durante su funcionamiento en velocidad de crucero y en condición de marcha mínima, ralenti o prueba estática, a temperatura normal de operación.</p> <p>6. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos biocombustibles gasolina-gas natural vehicular o gasolina-GLP. En la tabla 2 se establecen los máximos niveles de emisión que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor convertido a gas natural vehicular o GLP, durante su funcionamiento en velocidad de crucero y en condición de marcha mínima, ralenti o prueba estática, a temperatura normal de operación, operando con gas natural vehicular o GLP, respectivamente.</p> <p>8. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos diésel. En la Tabla 5 se establecen los máximos niveles de opacidad que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor con motor diésel durante su funcionamiento en condición de aceleración libre y a temperatura normal de operación.</p>	

NOMBRE	NORMA
LEY 697 DE 2001 (Octubre 3)	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
APLICABILIDAD	
<p>1. Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.</p> <p>2. El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.</p>	
NORMA	NOMBRE
DECRETO 3683 DE 2003 (Diciembre 19)	Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial
APLICABILIDAD	
<p>1. Objetivo. El objetivo del presente decreto es reglamentar el uso racional y eficiente de la energía, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad del mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.</p>	

4.3 MARCO CONCEPTUAL

El clima está remotamente lejos de ser estático; al igual que los patrones climáticos cambian día a día, el clima también lo hace, a lo largo de una secuencia de escenarios temporales los cuales son: años, décadas, siglos y milenios, y en los patrones de tiempo más extensos correspondientes a la historia geológica de la tierra. Estas transformaciones naturales, las cuales son impulsadas no sólo por factores internos del sistema climático, sino también por factores externos han generado lo que hoy conocemos como cambio climático, los humanos a través de la construcción de ciudades, la alteración en los patrones de uso de la tierra, la deforestación y el uso acelerado de combustibles fósiles; han originado el denominado Efecto invernadero, este efecto invernadero resulta debido a un aumento en las concentraciones atmosféricas de los llamados gases de efecto invernadero (GEI), los cuales atrapan el calor en las capas superficiales cercanas de la atmósfera y por lo tanto hacen que la superficie de la tierra sea considerablemente más cálida, alterando de este modo todo el sistema climático global; los GEI considerados en el protocolo de Kyoto con un mayor nivel de importancia por sus efectos negativos en el ambiente son: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄) Óxido nitroso (N₂O) Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC), Hexafluoruro de azufre (SF₆). Cada uno de estos gases responde a un potencial de calentamiento, el cual se mide en unidades de Dióxido de Carbono equivalente (CO₂e) que corresponde a la medida utilizada para comparar las emisiones de varios GEI, basada en el potencial de calentamiento global de cada uno.

El ex vicepresidente de Estados Unidos Albert Gore en su intervención en el primer Encuentro Sociedad del Conocimiento y Democracia (Encode) considera al calentamiento global como “la mayor crisis actual”, también resaltó que “la crisis climática es el desafío más grande que ha enfrentado esta civilización”; además comentó que el calentamiento conlleva “más inundaciones y más sequías”, porque aunque hay más humedad, las precipitaciones caen en lugares diferentes. Puso algunos ejemplos, como que en África el sexto mayor lago del mundo haya desaparecido o que la primavera se adelante y el otoño se retrase en buena parte del planeta⁴⁹.

En los últimos años, los medios de comunicación informan sobre las consecuencias atribuidas al cambio climático tales como, periodos de lluvias y sequias anormales, eventos extremos cada vez más frecuentes que conllevan a provocar situaciones

⁴⁹ GORE. Albert Arnold, Jr.(2007). político y ecologista estadounidense, cuadragésimo quinto vicepresidente de Estados Unidos bajo la presidencia de Bill Clinton. Recuperado de: <http://elmundo.es/elmundo/2006/10/11/ciencia/1160559032.html>

de emergencia y calamidad atribuidos también a la deforestación que trae como consecuencia la desertificación de territorios, los bosques son indispensables para el desarrollo de la vida en el planeta; la UCEVA situada en un territorio denominado como Bosque Seco Tropical debe comprender que este tipo de bosque brinda una multitud de beneficios al entorno, se caracteriza por presentar baja humedad, altas temperaturas, larga estación seca y baja precipitación, dando como resultado una biodiversidad única de plantas y animales que se han adaptado a condiciones de estrés hídrico. Entre los beneficios que brinda este bosque uno de los más importantes es la Captura de Carbono, la cual ocurre mediante la fijación de carbono atmosférico por medio de la fotosíntesis y posteriormente pasa a formar parte de la estructura de los árboles. No obstante, son los ecosistemas terrestres con mayor diversidad biológica y complejidad ecológica y constituyen el hábitat del 70% de las especies de plantas vasculares, 40% de la avifauna, 70% de los invertebrados y 65% de las especies de insectos. Todo esto equivale al 60% de la biodiversidad del planeta sin embargo, una característica importante es que esta biodiversidad no se encuentra uniformemente distribuida. Colombia cuenta con un área equivalente apenas al 1% de la superficie terrestre, alberga aproximadamente el 10% de la biodiversidad global conocida y es considerado como el segundo país con mayor riqueza biológica del planeta con 763 especies de anfibios, 1885 de aves, 479 de mamíferos, 524 de reptiles, 3435 de peces y 1173 de insectos⁵⁰.

Por todo esto es importante entender la dinámica que existe entre los bosques y las personas para fomentar su preservación, además de esto saber los efectos perjudiciales de las emisiones de GEI para la vida y el ambiente.

⁵⁰ VICTORINO, Andrea. (comp.) 2012. Bosques para las personas: Memorias del Año Internacional de los Bosques 2011. Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia. 120 pág.

4.4 ESTADO DEL ARTE

4.4.1 BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE CARBONO EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE BOGOTÁ⁵¹

AUTOR: JUAN CAMILO BORRERO BENAVIDES

FECHA: 2012

RESUMEN: En el presente trabajo se realizó la estimación de la biomasa arbórea, de la producción primaria aérea y la estimación del contenido de carbono del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, a partir de la cuantificación de la cobertura arbórea, el cálculo de la biomasa arbórea, la estimación de la producción primaria de biomasa y la estimación del contenido de carbono del campus.

OBJETIVO: Caracterizar la biomasa aérea y productividad primaria arbórea, y su relación con el contenido de carbono, en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

METODOLOGÍA: El procedimiento metodológico del trabajo de investigación tuvo diferentes fases y herramientas que fueron decisivas para obtener los resultados esperados por el autor del proyecto. El proyecto constó de cuatro fases las cuales fueron; Fase de exploración en la cual el autor hace una investigación bibliográfica sobre el tema a tratar, fase de campo en la que se hizo la caracterización de la superficie de la cobertura vegetal, fase de laboratorio en la cual se hizo la clasificación del material colectado y fase de análisis y conclusión en las que se elaboraron bases de datos con toda la información recolectada en campo y se hicieron los cálculos respectivos propios del tema.

RESULTADOS: Los Resultados se presentan de acuerdo a las cuatro fases expuestas anteriormente, se establecen 3 áreas de muestreo se observa que el área 1 que tiene mayor captura con 64,53 t/ha, siendo este el 51%, seguido por el área 3 que corresponde a 45,07 t/ha, siendo este el 36% y por último el área que tiene menos aporte de carbono es el área 2 con 16,28 T/ha, siendo este el 13% del total de la captura de carbono del campus.

⁵¹ BORRERO, Juan (2012). Biomasa Aérea y Contenido de Carbono en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8987/BorreroBenavidesJuanCamilo2012.pdf?sequence=1>

4.4.2 GESTIÓN FORESTAL URBANA COMO MECANISMO DE CAPTURA DE CARBONO EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA SEDE BOGOTÁ D.C.⁵²

AUTOR: LINA YAZMÍN QUIÑÓNEZ COLLAZOS

FECHA: febrero de 2010

RESUMEN: Se realizó un ejercicio académico que permitió identificar el balance de emisiones captura de carbono que tiene la Universidad Javeriana desde el año 1930 al año 2008, en donde se plantea una propuesta que permita que la universidad esté en equilibrio en términos del contexto emisiones - captura.

OBJETIVO: Elaborar una propuesta de balance cero en emisiones/captura de en el Campus de la Universidad Javeriana basado en la Gestión Forestal.

METODOLOGÍA: La metodología utilizada se fundamentó en los planteamientos de la Metodología de la Investigación en Acción, observando y analizando un caso concreto con la ayuda de fuentes de conocimiento e información como lo fueron los documentos e informantes clave para llegar a resultados cualitativos y cuantitativos. El desarrollo del trabajo se realizó en tres etapas, la primer etapa corresponde al establecimiento del diagnóstico, en la segunda etapa se realiza el análisis de los datos encontrados y en la tercer etapa se plantean las propuestas y alternativas de gestión.

RESULTADOS: Los Resultados se presentan de acuerdo a las 3 etapas expuestas anteriormente, en los que se encontraron 2 fuentes generadoras de emisión las cuales son la población con una emisión total de 1.549.503,63 toneladas de CO₂ y los materiales de construcción con un total de 321,54 toneladas de CO₂. Dando un total de emisiones de 1.871.044,83 toneladas de CO₂. Se encuentra que la vegetación de la universidad tiene capturado 729 toneladas de carbono. Se crean varias estrategias de compensación y mitigación por parte del autor para lograr el equilibrio de balance cero en emisiones/captura.

⁵² QUIÑÓNEZ, Lina. (2010). Gestión Forestal Urbana como Mecanismo de Captura de Carbono en el Campus de Pontificia Universidad Javeriana Sede Bogotá D.C. Recuperado de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/gestion-forestal-urbana-como-mecanismo-de-captura-de-carbono-en-el-campus-de-la-pontificia-universidad-javeriana-sede>.

4.4.3 ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO (C) ACUMULADAS EN LA BIOMASA AEREA (BA) DE LA PARCELA PERMANENTE DE INVESTIGACIÓN (PPI) EN BOSQUE SECO TROPICAL (Bs-T) DEL JARDIN BOTANICO “JUAN MARIA CESPEDES” EN EL MUNICIPIO DE TULUA, VALLE DEL CAUCA.⁵³

AUTORES: JOSÉ HUMBERTO CÁRDENAS HENAO, WILFREDO ARANZAZÚ ZAPATA.

FECHA: febrero de 2014

RESUMEN: El presente estudio estima las reservas de carbono acumuladas en la biomasa aérea (BA) de la parcela permanente de investigación (PPI) en bosque seco tropical (Bs-T) del jardín botánico “Juan María Céspedes” en el municipio de Tuluá, Valle del Cauca.

OBJETIVO: Determinar las reservas actuales de Carbono acumuladas en la biomasa aérea de la parcela permanente de investigación en el fragmento de bosque seco tropical del Jardín Botánico Juan María Céspedes.

METODOLOGÍA: La metodología se llevó a cabo siguiendo un planteamiento de varias fases con el principal objetivo de evaluar la estructura, composición florística y atributos funcionales de la parcela ubicada en el jardín Botánico Juan María Céspedes. El cual tuvo una fase de campo y una fase de procesamiento y análisis de los datos recolectados.

RESULTADOS: Los resultados reportados en este estudio determinó la composición florística encontrando 58 especies, 50 géneros y 28 familias de las 58 especies encontradas en el sitio de estudio se identificaron rasgos funcionales de 13 especies, seleccionadas por ser las más representativas y que reflejan su respuesta a la perturbación y cambios que pueda existir en este ecosistema. Las reservas totales de Carbono acumuladas en 106,06 t ha⁻¹ de Biomasa Aérea son del orden de 53,03 t ha⁻¹, que traducidas a CO₂ equivalente como medida métrica de emisión es de 193,66 t ha⁻¹ que se están dejando de emitir a la atmósfera, las especies que presentan los valores más altos de biomasa son: Guazuma ulmifolia 17.779,03 Kg, Cupania cf americana con 8.233,93 kg, la Cupania sp1.4.475,63 kg, finalmente la Sapindus saponaria con 4.200,95 kg.

⁵³ ARANZAZÚ, Wilfredo y CÁRDENAS, José. (2014). Estimación de las Reservas de Carbono (C) Acumuladas en la Biomasa Aérea (BA) de la Parcela Permanente de Investigación (PPI) en Bosque Seco Tropical (Bs-T) del Jardín Botánico “Juan María Céspedes” en el Municipio de Tuluá, Valle del Cauca. Trabajo de Grado.

4.4.4 MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESA PAPELERA COLOMBIANA⁵⁴

AUTOR: VANESSA GALLO GRANADA

FECHA: Mayo de 2012

RESUMEN: El presente documento presenta una evaluación de huella de carbono y calificación de la eficiencia energética para una empresa papelera del Valle del Cauca.

OBJETIVO: Realizar una evaluación de la huella de carbono y de la eficiencia energética para una empresa papelera Colombiana.

METODOLOGÍA: Se desarrolló una evaluación de la huella de carbono que se realizó siguiendo la metodología MC3 (Método de Compuesto de las cuentas contables) y para la calificación de la eficiencia energética se empleó el programa CALENERGT versión 3.1.

RESULTADOS: Con la implementación de la metodología se obtiene que la huella neta es de un total de 4208 t CO₂/ año. Las emisiones de CO₂ que se nota como resultado fue 4208 T CO₂/ año que se reducen a 3550 T CO₂/ año debido a que se obtiene 657.9 T CO₂/ año, de captura, este se entiende como el valor agregado o acciones benéficas con el entorno, como ejemplo cultivos, barreras vivas, zonas verdes, la utilización de materiales reciclados, entre muchos otros que disminuyen la huella.

⁵⁴ GALLO, Vanessa. (2012). Medición de Huella de Carbono y Eficiencia Energética en Empresa Papelera Colombiana. Recuperado de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/3209/1/TAA01171.pdf>.

4.4.5 DOCUMENTO GUÍA DE LA HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA EL SECTOR PRODUCTIVO DE CELULOSA Y PAPEL DE MÉXICO. VERSIÓN 1.0⁵⁵

AUTORES: FUNDACIÓN MÉXICO-ESTADOS UNIDOS PARA LA CIENCIA. A.C.

FECHA: Octubre de 2006

RESUMEN: Este documento es una guía que busca ayudar a las empresas del sector de celulosa y papel a preparar sus inventarios de GEI e identificar oportunidades para reducirlos e incentivándolas para que participen en programas para reducirlos.

OBJETIVO: Ofrecer a las empresas del sector celulosa y papel un instrumento cuantitativo con un enfoque lógico y estratégico para medir las emisiones de gases de efecto invernadero.

METODOLOGÍA: La metodología de esta herramienta sigue los lineamientos del Estándar Corporativo del Protocolo de GEI y está basada principalmente en una guía y hojas de cálculo desarrollada para el Sector de Celulosa y Papel por el National Council for air and stream improvement, Inc. (NCASI).

RESULTADOS: Documento guía para la utilización de una herramienta basada en buenas prácticas internacionales para la estimación de GEI y SO₂ para el sector celulosa y papel e intenta fortalecer el reporte para los diferentes programas en México.

⁵⁵ FUNDACIÓN MÉXICO-ESTADOS UNIDOS PARA LA CIENCIA. A.C. (2006). Documento Guía de la Herramienta para la Estimación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Productivo de Celulosa y Papel de México. Versión 1.0. Recuperado de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Guia%20C%26P%20Mexico%20V1.0-Spanish.pdf>

5. METODOLOGÍA

Los cálculos que se efectuaron para la medición de la huella de carbono estarán basados en la metodología *Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* (GHG Protocol). Este estándar ha sido diseñado principalmente desde la perspectiva de las empresas involucradas en el desarrollo de un inventario de GEI. No obstante, es igualmente aplicable a otros tipos de organizaciones cuyas operaciones estén vinculadas a la emisión de GEI, como ONGs, agencias gubernamentales y universidades⁵⁶.

- **FASE 1: Identificar las fuentes generadoras de carbono equivalente y calcular el porcentaje de emisión de cada una**

Para el desarrollo de este objetivo se decidió trabajar con los tres alcances que propone el GHG Protocol como se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 1 Alcances establecidos por el GHG Protocol para la identificación de fuentes generadoras de CO₂

ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
EMISIONES DIRECTAS DE GEI	EMISIONES ELÉCTRICAS INDIRECTAS DE GEI	OTRAS EMISIONES INDIRECTAS DE GEI
Son las emisiones que se producen a partir de fuentes que son propiedad o están bajo el control de la organización, por ejemplo, las emisiones provenientes de las calderas, hornos o vehículos que pertenecen o son controlados por la empresa. World	Son las emisiones procedentes de la electricidad consumida por la organización. World Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2004	Son las emisiones que son consecuencia de las actividades de la organización, pero que provienen de fuentes de las cuales no son propietarios o no están bajo su control. Entre ellas se incluyen la extracción y producción de los materiales adquiridos desde

⁵⁶ WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A corporate Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute. Washington, D.C

Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2004.		terceros; el transporte de combustibles comprados y el transporte de los empleados hacia y desde el lugar de trabajo. (World Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2004.)
---	--	---

Fuente: Los autores

Posterior a la elección de estos tres alcances se procedió a la recopilación de datos de cada actividad, la metodología que se llevó a cabo para la obtención de los datos de cada actividad de cada una de las fuentes de emisión se muestra a continuación:

Cuadro 1 Lineamientos para la recopilación de datos por combustión en centros fijos

EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN CENTROS FIJOS
<p>Son las emisiones generadas por el uso de gas (Alcance 1). Los datos de consumo se toman mediante la realización de una encuesta como se muestra en el anexo 1, la cual va dirigida a cada propietario de las cafeterías. Estos datos se recopilan en una base de datos en Excel.</p> <p>Las emisiones se calculan mediante el consumo de gas en peso; ya que en las cafeterías se utiliza el gas en pipa, la cual se compra según su peso correspondiente y aplicando su respectivo factor de emisión se obtendrá cuánto es su emisión de CO₂ equivalente.</p>

Fuente: Los autores

Cuadro 2 Lineamientos para la recolección de datos por combustión en vehículos

EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN VEHÍCULOS
<p>Estas emisiones se incluyen también dentro de las de Alcance 1. Se toman datos de consumo de combustible (diésel, gasolina) y los kilómetros recorridos, la marca y modelo del vehículo, en vehículos que son propiedad, o que están controlados por la organización (vehículos para prestación de servicios y transporte fuera de las instalaciones). Se hace por medio de una encuesta, la</p>

cual nos facilitó todos los datos necesarios expuestos anteriormente como se muestra en el anexo 2.

Fuente: Los autores

Cuadro 3 Lineamientos para la recopilación de datos por energía eléctrica adquirida

EMISIONES POR ENERGÍA ELÉCTRICA ADQUIRIDA:

Son las emisiones debidas a la generación de la energía eléctrica adquirida para consumo en el lugar de trabajo; se incluyen dentro de las de Alcance 2. Los datos de energía eléctrica consumida se obtienen directamente de las facturas emitidas por la compañía suministradora. Estos datos se recopilan en facturas mensuales, las emisiones se calculan mediante el consumo de electricidad en kWh, aplicando su correspondiente factor de emisión.

Fuente: Los autores

Cuadro 4 Lineamientos para la recolección de datos por consumo de papel

EMISIONES POR CONSUMO DE PAPEL

En el cálculo de consumo de papel el cual se incluye dentro del alcance 3, se tuvo en cuenta el papel que gasta la universidad, es decir, los empleados y profesores, esta información fue facilitada por la universidad la cual nos permitió saber cuántas resmas de papel consumen mensualmente. También se tuvo en cuenta cuánto papel gastan los alumnos, en esta parte lo más ideal fue elaborar una encuesta como se muestra en el anexo 3, dirigida a los dueños de las fotocopiadoras para saber cuánto papel se gastan cada semana durante un mes y después se hizo un promedio mensual. Teniendo en cuenta los factores de emisión existentes en este punto, el dato de consumo de papel se deberá expresar en kg de papel.

Fuente: Los autores

En el cálculo de emisiones de GEI se desarrolló por medio de la aplicación de factores de emisión documentados. Para los alcances 1, 2 y 3 expuestos anteriormente se calcularon primordialmente con los factores que ha publicado el IPCC, aunque también se consultaron otras fuentes; estos datos son recomendables, ya que han sido revisados por expertos y líderes industriales, son actualizados de manera regular y se cree que son las mejores disponibles. Dichos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión. Los lineamientos del Panel

intergubernamental para el cambio climático (IPCC) aluden a una jerarquía de métodos y tecnologías de cálculo que van de la aplicación de factores genéricos de emisión al monitoreo directo⁵⁷.

Para hallar la huella de carbono de estos tres alcances, se utilizó la fórmula dada por el World Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2004.

Cuadro 5 Fórmula para hallar la huella de Carbono

FÓRMULA PARA HALLAR LA HUELLA DE CARBONO	
Datos de actividades x factor de emisión= Huella de carbono (t CO ₂)	
Dato de actividad	Es el parámetro que define la actividad referido al factor de emisión (p.ej.: kWh de energía)
Factor de emisión	cantidad de CO ₂ emitido por cada unidad del parámetro “dato de actividad” (p.ej.: 0,202 kg CO ₂ /kWh)

Fuente: Los autores

La unidad utilizada para exponer los resultados (t CO₂ eq) representa la tonelada equivalente de CO₂, unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento global (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático 1996) de cada uno de los GEI.

Las emisiones de cada GEI (CO₂, CH₄, N₂O) se calculan de manera separada y se convierten a equivalentes de CO₂ con base en su potencial de calentamiento global.

La diferencia entre estos enfoques de reporte radica en dónde ocurre el cálculo de las emisiones (dónde se multiplican los datos de las actividades por los factores de emisión apropiados para cada uno).

Los datos de actividad y factores de emisión son la información básica para llevar a cabo el cálculo del Inventario y Huella de Carbono de la Organización.

⁵⁷ IPCC Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. (1996). Directrices Revisadas de 1996 del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.

5.1 Factores de emisión

5.1.1 Factor de emisión seleccionado para el cálculo de las emisiones por combustión en centros fijos

El factor de emisión seleccionado para el cálculo del consumo de gas GLP en los centros fijos (cafeterías de la universidad), se obtuvo mediante la ecuación sugerida por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (accefyn) y reportada a la Consultoría Técnica para el Fortalecimiento y Mejora de la Base de Datos de Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC) la ecuación para la obtención de los factores de emisión se obtuvo mediante el siguiente procedimiento:

- Peso atómico de los elementos químicos usados:

$$C = 12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$H = 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$O = 15,999 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$N = 14,007 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

- Peso molecular de los compuestos usados:

$$C_3H_8 = 3 * \left(12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) + 8 * \left(1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 44,096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$C_4H_{10} = 4 * \left(12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) + 10 * \left(1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 58,123 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$CO_2 = \left(12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) + 2 * \left(15,999 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 44,009 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$CH_4 = \left(12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) + 4 * \left(1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 16,043 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$N_2O = 2 * \left(14,007 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) + \left(15,999 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 44,013 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$H_2O = 2 * \left(1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) + \left(15,999 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 18,015 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

A continuación se calcula la cantidad de moles de C_3H_8 y C_4H_{10} necesarias para producir una mezcla de 60% Propano (C_3H_8) y 40% Butano (C_4H_{10}), (porcentajes por peso).

Se usó la siguiente ecuación para los porcentajes:

Porcentaje de C_3H_8

$$= \frac{\left(\text{Peso de } C_3H_8 \text{ en } \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * \text{moles de } C_3H_8}{\left(\text{peso de } C_3H_8 \text{ en } \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * \text{moles de } C_3H_8 + \left(\text{peso de } C_4H_{10} \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * \text{moles de } C_4H_{10}}$$

Porcentaje de C_4H_{10}

$$= \frac{\left(\text{Peso de } C_4H_{10} \text{ en } \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * \text{moles de } C_3H_8}{\left(\text{peso de } C_4H_{10} \text{ en } \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * \text{moles de } C_4H_{10} + \left(\text{peso de } C_3H_8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * \text{moles de } C_3H_8}$$

De forma simbólica:

$$0,6 = \frac{\left(44,096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) x}{\left(44,096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) x + \left(58,123 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) y}$$

$$0,4 = \frac{\left(58,123 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) y}{\left(58,123 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) y + \left(44,096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) x}$$

Despejando x de la primera ecuación:

$$X = \frac{0,6 \left(58,123 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) y}{\left(44,096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) - 0,6 \left(44,096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}$$

Si se considera que $y=1$ mol, entonces $x=1,977$ mol, que se puede aproximar a $x=2$ mol con el objetivo de simplificar, añadiendo un error en los porcentajes de apenas

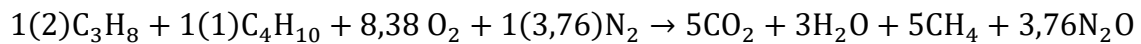
0,3%. Se concluye entonces que si se mezclan 1 mol de Butano (C_4H_{10}) y 2 moles de Propano (C_3H_8), se tendrá una mezcla de 40% Butano y 60% Propano en peso.

Como la atmósfera se compone de 21% O_2 Y 78% N_2 (porcentaje en volumen), se calculan ahora las moles de O_2 y de N_2 necesarios para generar esa mezcla: Según la ley de Avogadro, dos gases bajo las mismas condiciones de presión y temperatura poseen el mismo número de moléculas para el mismo volumen; esto significa que la relación de volúmenes es igual a la relación de número de moles.

Se supondrá que la atmósfera sólo contiene O_2 y N_2 , así que se cambia el porcentaje de N_2 a 79%.

Entonces, por cada mol de O_2 existe en la atmósfera $\frac{79}{21} = 3,762$ moles de N_2 .

Con todo lo anterior se construye la fórmula química de la combustión, como se muestra a continuación:



5.1.1.1 Factor de emisión de Dióxido de Carbono (CO_2)

Se construye el factor de emisión de CO_2 como el cociente entre el peso de CO_2 generado en la combustión y el peso de la mezcla Propano-Butano.

$$FE_{CO_2} = \frac{\text{Peso de } CO_2 \text{ generado}}{\text{Peso de la mezcla Propano - Butano}}$$

- Peso de CO_2 generado:

$$5 \text{ moles } (44,009 \frac{g}{mol}) = 220,045 \text{ g}$$

- Peso de la mezcla Propano-Butano:

$$2 \text{ moles } (44,096 \frac{g}{mol}) + 1 \text{ mol } (58,123 \frac{g}{mol}) = 146,315 \text{ g}$$

Entonces:

$$FE_{CO_2} = \frac{220,045 \text{ g}(CO_2)}{146,315 \text{ g } (C_3H_8) + (C_4H_{10} \frac{60}{40})} = 1,504 \frac{Kg \text{ de } CO_2}{Kg \text{ de Propano - Butano}}$$

5.1.1.2 Factor de Emisión del Metano (CH₄)

Se construye el factor de emisión de CH₄ como el cociente entre el peso de CO₂ generado en la combustión y el peso de la mezcla Propano-Butano.

$$FE_{CH_4} = \frac{\text{Peso de } CH_4 \text{ generado}}{\text{Peso de la mezcla Propano - Butano}}$$

- Peso de CH₄ generado:

$$5 \text{ moles } (16,043 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 80,215 \text{ g}$$

Entonces:

$$FE_{CH_4} = \frac{80,215 \text{ g}(CH_4)}{146,315 \text{ g}(C_3H_8) + (C_4H_{10} \frac{60}{40})} = 0,548 \frac{\text{Kg de } CH_4}{\text{Kg de Propano - Butano}}$$

5.1.1.3 Factor de emisión del Óxido Nitroso (N₂O)

Se construye el factor de emisión de N₂O como el cociente entre el peso de CO₂ generado en la combustión y el peso de la mezcla Propano-Butano.

$$FE_{N_2O} = \frac{\text{Peso de } N_2O \text{ generado}}{\text{Peso de la mezcla Propano - Butano}}$$

- Peso de N₂O generado:

$$3,76 \text{ moles } (44,013 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 165,489 \text{ g}$$

Entonces:

$$FE_{N_2O} = \frac{165,489 \text{ g}(CH_4)}{146,315 \text{ g}(C_3H_8) + (C_4H_{10} \frac{60}{40})} = 1,131 \frac{\text{Kg de } N_2O}{\text{Kg de Propano - Butano}}$$

5.1.2 Factor de Emisión seleccionado para el cálculo de combustión en vehículos

Los factores de emisión se obtuvieron de The Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol, Environmental Protection Agency (EPA)⁵⁸, se realizó la selección de los factores de emisión de acuerdo a las millas recorridas por los propietarios de los vehículos que viajan dentro y fuera de la universidad, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2 Factor de emisión para el transporte personal en vehículos

Factor de Emisión (kg CO2/vehículo-milla)	Factor de Emisión (kg CH4/vehículo-milla)	Factor de Emisión (kg N2O/vehículo-milla)
0,364	0,000031	0,000032

Fuente: EPA Climate Leaders Optional Emissions from Commuting, Business Travel and Product Transport.

Las millas recorridas por cada vehículo encuestado, se obtuvieron mediante el programa google earth pro, como se muestra a continuación:

⁵⁸ ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Optimal emissions from commuting, Business travel and product transport. 2008

5.1.4 Factor de Emisión seleccionado para el cálculo de consumo de papel

El Factor de Emisión seleccionado para el cálculo de CO₂ por consumo de papel en la universidad se obtuvo de la Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL)

Tabla 4 Factor de Emisión del papel

PAPEL	
UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN DE CO2
Kg	1,6 kg de CO ₂ / Kg

Fuente: Ecopetrol 2009

- **FASE 2: Calcular el promedio de absorción de dióxido de carbono en los sectores forestales del perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca:**

Por motivo de la postura preservacionista de este proyecto y a limitaciones de recursos y tiempo, se usó el método no destructivo indirecto para el estudio de la biomasa y así se pudo determinar el contenido de carbono del campus de la Unidad Central del Valle del Cauca como se describe a continuación:

- Primero se halló la superficie de la cobertura vegetal. Para hallar el área de la cobertura de los árboles del campus se utilizó el programa Google Earth, con el cual se realizó un mapa de clasificación preliminar del campus, se identificaron las áreas con proporciones de cobertura vegetal arbórea y se verificaron en campo la concordancia de las imágenes y la composición de las diferentes áreas de cobertura arbórea para hacer las respectivas clasificaciones.
- Después de la elaboración del mapa de cobertura vegetal arbórea se establecieron zonas representativas. Esto quiere decir que las zonas que se demarcaron como zonas representativas es donde se encontró un número significativo de especies arbóreas. Este fue el único criterio fundamental de selección de las zonas que se muestrearon.

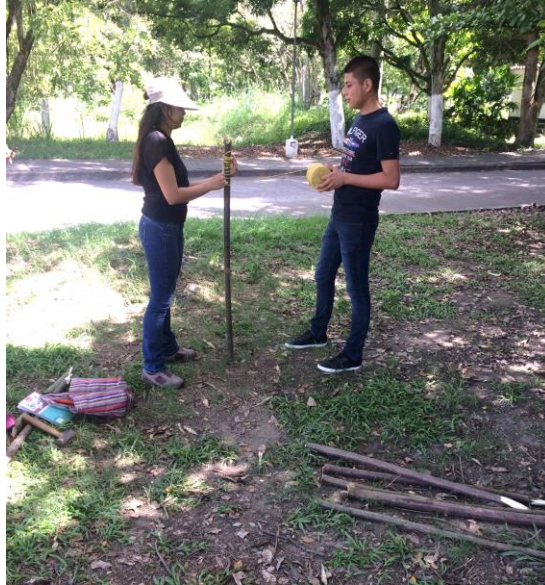
Figura 3 Cuadrantes establecidos



Fuente: Google earth pro

- La determinación de la biomasa se definió según la metodología usada por Vallejo Joyas M.I., Londoño Vega A.C. López Camacho R., Galeano G., Álvarez Dávila E. y Devia Álvarez W. 2005. La cual indica que partiendo de las áreas que hayan sido demarcadas en el mapa, en este caso denominadas como zonas representativas, se procede a establecer parcelas de tipo temporal (una parcela por cada área). Éstas se instalaron usando estacas para delimitar el perímetro de cada área de estudio, cada una de estas parcelas se dividió a la vez en subcuadrantes los cuales facilitaron el reconocimiento de las especies arbóreas.

Fotografía 1. Establecimiento de las parcelas



Fuente: Los autores

Fotografía 2. Establecimiento de los subcuadrantes



Fuente: Los autores

- Posteriormente se comenzó a elaborar el inventario de árboles, para la ubicación de cada individuo se siguió un recorrido en forma de zig-zag de extremo a extremo de cada uno de los subcuadrantes, definiendo con anterioridad el extremo por donde se iba a comenzar y midiendo todos los árboles de cada subcuadrante con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm, ya que de acuerdo a Brown (2002), los árboles de diámetros menores contribuyen poco a la biomasa y carbono de un bosque; los árboles que cumplían con dicho requerimiento fueron marcados con pintura a 1,30 m de altura desde el suelo y seguido a esto se les iba poniendo su respectivo nombre (letra y número).

Fotografía 3. Marcación de los árboles



Fuente: Los autores

- El diámetro a la altura del pecho (DAP) se tomó a los 1,30 m de altura desde el suelo para cada uno de los individuos, éste fue medido con la ayuda de una cinta métrica en donde se obtuvo el perímetro o circunferencia (CAP).

Fotografía 4. Medición de la circunferencia arbórea



Fuente: Los autores

- La circunferencia a la altura del pecho (CAP) fue convertida en Diámetro a la altura del pecho (DAP) a partir de la fórmula de Villareal et al. (2004):

$$DAP = CAP/\pi$$

- La altura de los árboles se midió con la ayuda de un teodolito, el cual utiliza ángulos para así poder hallar la altura total como se describe en la siguiente ecuación:

Ecuación 1.

$$HT=DEAT* \text{Tang} (\alpha)+h1$$

HT=Altura Total (metros)

DEAT=Distancia entre el árbol y el teodolito (metros)

Tang (α)=Ángulo que marca el teodolito (grados)

h1=Altura del teodolito (metros)

Fotografía 5. Medición de la altura arbórea



Fuente: Los autores

- A cada una de las especies encontradas dentro de las parcelas se les tomó una muestra de madera de forma cilíndrica. Estas se obtuvieron por medio de un taladro de pressler, el cual se muestra en las fotografías 6 y 7. Las muestras cilíndricas de madera obtenidas permiten estudiar varias características de la madera al mismo tiempo, como la edad, el incremento anual, la densidad y porcentaje de humedad, siendo este método de estimación el empleado con mayor frecuencia para dichos estudios⁵⁹.

⁵⁹ VALENCIA, Salvador y VARGAS, Jesús. (1997). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. Maderas y Bosques. Vol 3 .p. 81–87.

Fotografías 6 y 7. Taladro de Pressler



Fuente: Los autores

Fotografías 8 y 9. Obtención de las muestras de madera

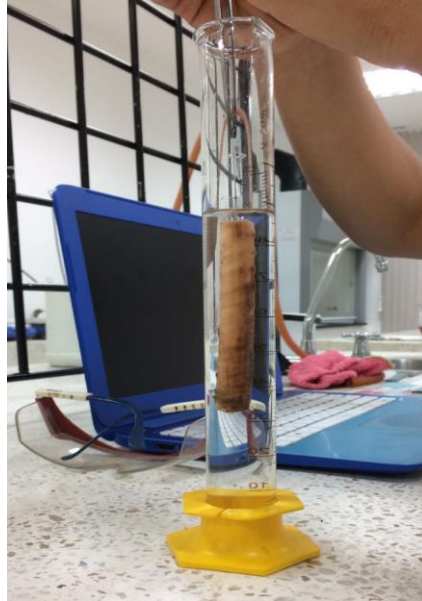


Fuente: Los autores

- Las muestras de madera obtenidas se hidratan en agua durante 48 horas para así poder determinar el volumen fresco de la misma. Posterior a la hidratación de las muestras de madera, se procede a calcular su volumen mediante el método de desplazamiento de agua; en el cual el núcleo de madera debe ser sumergido en un recipiente con agua y de este modo el volumen de la muestra es igual al volumen de agua desplazada. El

volumen de cada una de las muestras fue medido con la ayuda de una probeta.

Fotografía 10. Volumen de la muestra



Fuente: Los autores

- Luego de haber hallado el volumen, cada una de las muestras fue sometida a secado en un horno a 70 °C durante 72 horas. con esto se podrá asegurar la perdida de toda la humedad, las muestras se pesaron inmediatamente después de ser sacadas del horno, para lo cual se utilizó una balanza de precisión.

Fotografía 11. Peso de la muestra



Fuente: Los autores

- Para la determinación de la densidad de la madera el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2015), define la densidad como la masa seca dividida entre el volumen de la muestra y se expresa en unidades de g/cm^3 . Para encontrar la densidad se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 2.

$$DM = ms/V$$

DM: Densidad de la madera

ms: masa seca de la muestra (g)

V: volumen de la muestra (cm^3)

5.2 Estimación de la Biomasa Aérea (BA)

Para la determinación del Carbono equivalente almacenado en el sector forestal de la Universidad, fue necesario hallar la Biomasa aérea con anterioridad, la BA se halló por medio de la ecuación alométrica indicada por el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM) y adoptada por el Protocolo para la Estimación Nacional y Subnacional de Biomasa-Carbono en Colombia (2011)⁶⁰. Para el Bosque seco Tropical (Bs-T), se adoptó la ecuación número 13 de dicho documento la cual es la siguiente:

Ecuación 3.

$$BA = \text{Exp} (a + B1 * \ln (D^2 * H * DM))$$

BA=Biomasa Aérea (Kg)

a=Constante (-2,29)

B1=Constante (0,932)

D=Diámetro a la altura del pecho (cm)

H=Altura total del árbol (m)

DM= Densidad de la madera (g/cm³)

La ecuación alométrica escogida para la realización del presente estudio, ha sido sometida a diversos análisis estadísticos por parte del IDEAM, presentando un buen ajuste de 0,948 ($R^2 \geq 90\%$), por tanto, se recomienda la utilización de ésta ecuación para la estimación de la biomasa aérea de los bosques de Colombia⁶¹.

Para el caso de las palmas se trabajó con la Ecuación 3 de la tabla número 8 del Protocolo para la Estimación Nacional y Subnacional de Biomasa-Carbono en Colombia (2011)⁶²:

Ecuación 4.

$$BA = \text{exp} (a + B1 \ln H)$$

BA=Biomasa Aérea (Kg)

a=Constante (0,360)

⁶⁰ YEPES QUINTERO, Adriana P., et al. 2011. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de Biomasa-Carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM-.Bogotá D.C., Colombia. 162 p.

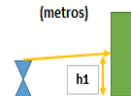
⁶¹Ibíd., pág. 71

⁶² Ibíd., pág. 71

B1=Constante (1,218)
H=Altura total de la palma (m)

Toda la información que se obtuvo en campo y obtenida en el laboratorio se registró y organizó en una tabla de base de datos en Excel, a partir de esta base de datos se realizaron posteriores cálculos para determinar las reservas de carbono en cada individuo en función de las respectivas variables expuestas anteriormente, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5 Tabla de Excel usada para calcular el contenido de BA

CUADRANTE NÚMERO																
Subcuadrante	Árbol número	Familia	Nombre científico	Nombre común	CAP (centímetros)	DAP =cap/π	Distancia entre el árbol y el teodolito (DEAT) metros	Distancia desde el suelo hasta la línea visual horizontal del tronco (metros) 	Ángulo(α) que marca el teodolito (Grados)	Altura Total HT=DEAT*tang(α)+h1	Densidad (g/cm3)	a	B1	BA (Kg/Arb)	C (Kg/Arb)	CO2 eq (Kg/Arb)

Fuente: Los autores

Para el cálculo de la Biomasa Aérea Total (BAT) de cada uno de los cuadrantes, el Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia; expone que la suma de la BA de cada árbol vivo hallada con la ecuación número 3, da como resultado la BAT de cada cuadrante.

El valor de la BA se expuso en (t ha-1); para ello, se multiplicó el valor obtenido en cada cuadrante por el factor de conversión según el tamaño de los cuadrantes. En la siguiente tabla se presentan los factores de conversión para cada uno de los tamaños de parcela sugeridos, como se muestra a continuación.

Tabla 6 Factores de conversión para la obtención de Biomasa Aérea en unidades de toneladas por hectárea (t ha⁻¹) a partir de los cálculos por parcela

Tamaño (ha)	Dimensiones (m ²)	Factor de conversión
0,010	10 x 10	100
0,040	20 x 20	25
0,0625	25 x 25	16
0,25	50 x 50	4
1,0	100 x 100	1

Fuente: Yepes *et al.*, IDEAM, 2011

Posterior a la elección de los respectivos factores de conversión, el valor resultante se dividió por 1000 para llevar el valor a toneladas como muestra la siguiente ecuación:

Ecuación 5.

$$BA \text{ (kg/par)} \times (1 \text{ t}/1000 \text{ kg}) \times FC = BA \text{ (t ha}^{-1}\text{)}$$

BA= Biomasa Aérea (kg)

t= Es la unidad de toneladas

FC= Factor de conversión

5.3 Conversión de la Biomasa Aérea a Carbono

En la mayoría de los estudios sobre almacenamiento de carbono en la biomasa de los bosques tropicales se asume que la biomasa de los árboles vivos contiene aproximadamente 50% de carbono⁶³; por lo tanto después de haber hallado la BA reportada en t ha⁻¹ se multiplicó por el factor de 0,5 para así transformar la biomasa a Carbono como se expone a continuación:

Ecuación 6.

$$C = BA * 0,5$$

C= Contenido de Carbono (t ha⁻¹)

BA= Biomasa Aérea (t ha⁻¹)

⁶³ *Ibíd.*, pág., 71.

5.4 Conversión del Carbono a CO₂ equivalente como medida de emisión

El dióxido de carbono equivalente (CO₂e) corresponde a la medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios gases de efecto invernadero (GEI), basada en el potencial del calentamiento global de cada uno⁶⁴. Entonces, después de haber hallado el Carbono, se procedió a calcular el CO₂ eq como medida de emisión reportada en (t ha⁻¹) esto se logró multiplicando las toneladas de Carbono almacenado por 3,67; este factor resulta de dividir el peso atómico de una molécula de dióxido de Carbono el cual es 44, por el peso específico del carbono o sea 12. Como expone la siguiente ecuación:

Ecuación 7.

$$\text{CO}_2 \text{ eq} = \text{C} * 3,67$$

CO₂ eq= Dióxido de Carbono equivalente (t ha⁻¹)

C= Contenido de Carbono (t ha⁻¹)

- **FASE 3: Formular acciones de Ecosostenibilidad en pro de reducir las emisiones de carbono en el perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca.**

Con base en los resultados obtenidos en la estimación de la huella de carbono y captación de carbono en la Unidad Central del Valle del Cauca ubicada en el municipio de Tuluá, se procedió a formular acciones ecosostenibles con las diferentes prácticas y métodos para así lograr la minimización de los gases de efecto invernadero; las acciones ecosostenibles que se formularon de acuerdo a la revisión de los resultados han sido pensadas con miras a tener una UCEVA más amigable con el ambiente. De esta manera la UCEVA estará comprometida en pro del desarrollo sostenible.

Las alternativas se plantearon pensando en la reducción de emisiones de CO₂ equivalente, como también en la minimización de gastos económicos todo esto con el fin de ayudar a la universidad en la tarea de elaborar un plan de reducción de huella de carbono, de igual forma por medio de las acciones ecosostenibles se piensa llegar a cada persona de la comunidad ucevista para así crear conciencia e inclusión respecto a la problemática que se está presentando y a la que no le han brindado la suficiente atención hasta el momento.

⁶⁴ Ibíd., pág., 71

6. RESULTADOS

Los resultados expuestos en el presente trabajo dan respuesta a cada uno de los objetivos específicos planteados anteriormente, los objetivos específicos se plantearon en forma de fase por lo que en los resultados se van a desarrollar siguiendo el mismo modelo.

6.1 FASE 1: Identificar las fuentes generadoras de carbono equivalente y calcular el porcentaje de emisión de cada una

Se encontraron 4 fuentes principales generadoras de carbono equivalente las cuales fueron clasificadas por alcances siguiendo los lineamientos del *Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* (GHG Protocol); como se muestra a continuación:

ALCANCE 1

Según el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad o que están controladas por la empresa y que son consecuencia de la actividad realizada, los resultados obtenidos en este alcance se presentan a continuación:

1. Emisiones por combustión en centros fijos (consumo de gas GLP)

Se realizó una encuesta como lo muestra el anexo 1 en cada una de las cafeterías de la universidad, posterior a esto se calculó un promedio mensual de la cantidad de gas consumida en peso, luego de hallar el gas consumido en cada mes o el dato de dicha actividad, se procedió a multiplicar los diversos factores de emisión por el dato de la actividad dando como resultado el total de la huella de carbono expuesta en toneladas de CO₂ equivalente, ya que la suma de todos los GEI deben ser presentadas en CO₂ equivalente como se muestra a continuación:

Cuadro 6 Emisiones por combustión en centros fijos

NOMBRE DE LA CAFETERÍA	Kg DE GAS CONSUMIDO MENSUALMENTE							
	MES	GAS CONSUMIDO (Kg)	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de CO2/Kg gas GLP)	Kg CO2	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de CH4/Kg gas GLP)	Kg CH4	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de N2O/Kg gas GLP)	Kg N2O
CAFETERÍA DE CONTADURÍA	Julio							
	Agosto	200	1,504	300,8	0,548	109,6	1,131	226,2
	Septiembre	200	1,504	300,8	0,548	109,6	1,131	226,2
	Octubre	200	1,504	300,8	0,548	109,6	1,131	226,2
	Noviembre	200	1,504	300,8	0,548	109,6	1,131	226,2
	Diciembre	100	1,504	150,4	0,548	54,8	1,131	113,1
CAFETERÍA CENTRAL	Julio	80	1,504	120,32	0,548	43,84	1,131	90,48
	Agosto	260	1,504	391,04	0,548	142,48	1,131	294,06
	Septiembre	260	1,504	391,04	0,548	142,48	1,131	294,06
	Octubre	260	1,504	391,04	0,548	142,48	1,131	294,06
	Noviembre	260	1,504	391,04	0,548	142,48	1,131	294,06
	Diciembre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
CAFETERÍA DE MEDICINA	Julio	40	1,504	60,16	0,548	21,92	1,131	45,24
	Agosto	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Septiembre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Octubre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Noviembre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Diciembre	80	1,504	120,32	0,548	43,84	1,131	90,48
CAFETERÍA DE EDUCACIÓN FÍSICA	Julio							
	Agosto	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Septiembre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Octubre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Noviembre	120	1,504	180,48	0,548	65,76	1,131	135,72
	Diciembre	80	1,504	120,32	0,548	43,84	1,131	90,48
TOTAL				4963,2		1808,4		3732,3

Fuente: Los autores

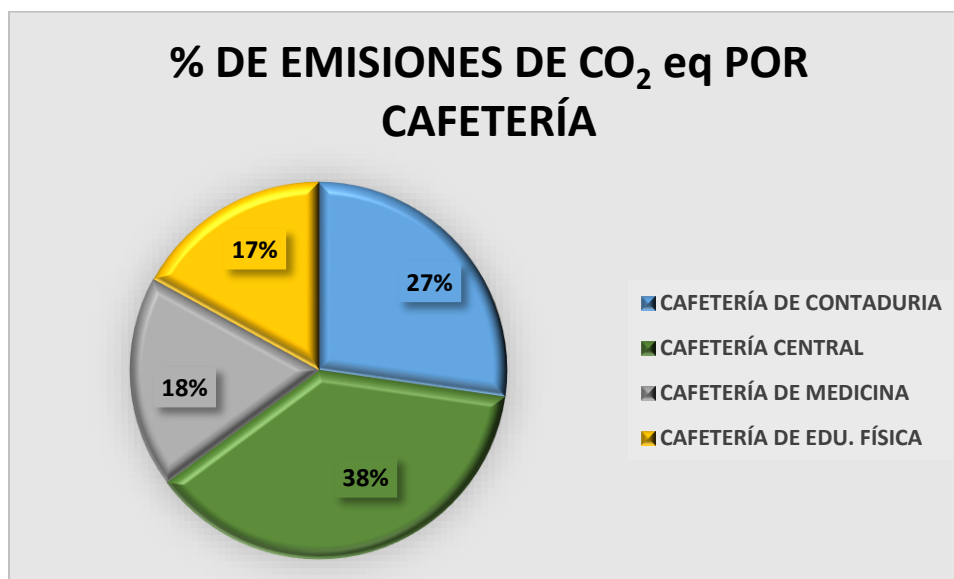
Cuadro 7 Total de toneladas de CO₂ equivalente generados por emisiones por combustión en centros fijos

TOTAL DE EMISIONES DE GAS GLP DURANTE LOS MESES JULIO-DICIEMBRE DE 2017					POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL		TOTAL DE t CO2 eq
		FACTOR DE CONVERSIÓN					
Total de kg de CO2	4963,2	1000	Total de t de CO2	4,9632	CO2	1	4,9632
Total de kg de CH4	1808,4	1000	Total de t de CH4	1,8084	CH4	21	37,976
Total de kg de N2O	3732,3	1000	Total de t de N2O	3,7323	N2O	296	1104,76
							1147,700

Fuente: Los autores

En la siguiente gráfica se presenta el porcentaje total de CO₂ equivalente por cafetería generado en la combustión del gas (GLP):

Gráfica 2. Porcentaje de emisiones de CO₂ eq por cafetería



Fuente: Los autores

Se puede observar que el mayor porcentaje de emisiones de CO₂ equivalente lo presenta la Cafetería Central con un 38%, esto es debido a la ubicación estratégica de la misma para el consumo de alimentos por parte de estudiantes, empleados y demás personas, seguido de la cafetería del programa de Contaduría con un 27% ya que esta cafetería no presenta consumo de gas en el mes de Julio debido a que no abren las instalaciones durante dicho mes, la cafetería del programa de Medicina presenta un 18% esto es debido a que la preferencia de los estudiantes de las demás facultades se inclina hacia las primeras dos cafeterías, por último el porcentaje más bajo lo presenta la cafetería del programa de Educación Física con un 17% se debe a que la cafetería no abre sus instalaciones durante el mes de Julio, además la ubicación no es muy estratégica ya que queda bastante alejada de las demás facultades y también el mayor consumo lo presenta únicamente en jornada nocturna puesto que es el horario de los estudiantes de Educación Física.

2. Emisiones por combustión en vehículos (total de millas recorridas)

Se desarrolló una encuesta como lo muestra el anexo 2 la cual fue enviada al correo electrónico de cada una de las personas que pertenecen a la Unidad Central del Valle del Cauca, entre las cuales estaban empleados, estudiantes y docentes. La encuesta estuvo abierta durante el mes de noviembre, únicamente respondieron 79 personas de las cuales 6 son estudiantes, 19 son empleados y finalmente 54 son docentes, con la información recolectada se calculó un promedio mensual de la cantidad de millas recorridas desde el lugar de residencia de cada persona hasta la Unidad Central del Valle del Cauca, luego de hallar las millas recorridas mensualmente o el dato de dicha actividad, se procedió a multiplicar los diversos factores de emisión por el dato de la actividad dando como resultado el total de la huella de carbono expuesta en toneladas de CO₂ equivalente, como se muestra a continuación:

Cuadro 8 Total de millas recorridas mensualmente

MILLAS RECORRIDAS							
MES	CANTIDAD (MILLAS)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /vehículo-milla)	Kg CO ₂	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de CH ₄ /vehículo-milla)	Kg CH ₄	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de N ₂ O/vehículo-milla)	Kg N ₂ O
Julio	8018,04	0,364	2918,57	0,000031	0,249	0,000032	0,257
Agosto	12519,28	0,364	4557,02	0,000031	0,388	0,000032	0,401
Septiembre	12519,28	0,364	4557,02	0,000031	0,388	0,000032	0,401
Octubre	12519,28	0,364	4557,02	0,000031	0,388	0,000032	0,401
Noviembre	12519,28	0,364	4557,02	0,000031	0,388	0,000032	0,401
Diciembre	4173,09	0,364	1519,00	0,000031	0,129	0,000032	0,134
TOTAL			22665,64		1,930		1,993

Fuente: Los autores

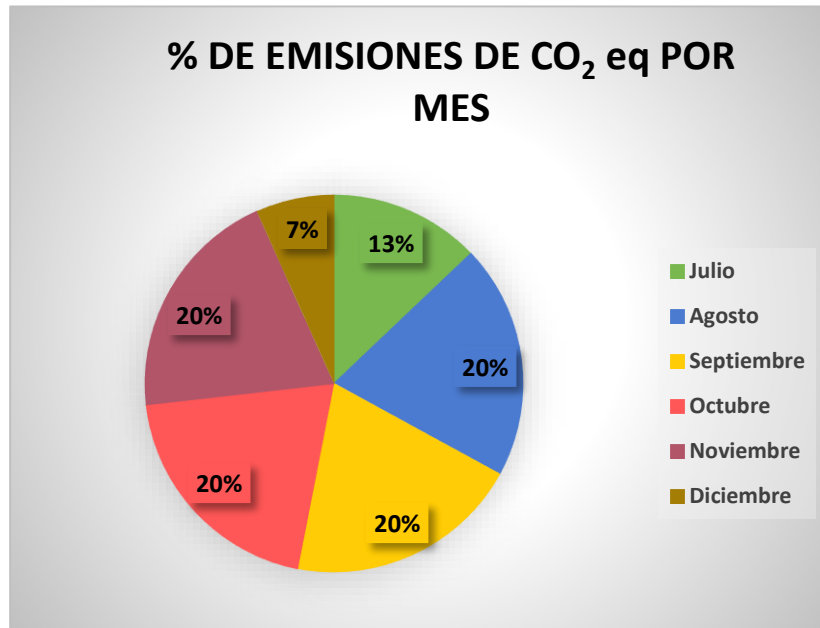
Cuadro 9 Total de toneladas de CO₂ equivalente generadas por combustión en vehículos

TOTAL DE EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS ENCUESTADOS DURANTE LOS MESES JULIO-DICIEMBRE DE 2017				POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL		TOTAL DE t CO ₂ eq	
		FACTOR DE CONVERSIÓN					
Total de kg de CO ₂	22665,64	1000	Total de t de CO ₂	22,665640	CO ₂	1	22,6656
Total de kg de CH ₄	1,93	1000	Total de t de CH ₄	0,001930	CH ₄	21	0,0405
Total de kg de N ₂ O	1,993	1000	Total de t de N ₂ O	0,001993	N ₂ O	296	0,5899
							23,2961

Fuente: Los autores

En la siguiente gráfica se presenta el porcentaje total de CO₂ equivalente por mes, generado en el total de millas recorridas por los automóviles desde el lugar de residencia hasta la universidad:

Gráfica 3. Porcentaje de emisiones de CO₂ eq por mes



Fuente: Los autores

Como se puede observar en la gráfica el mayor porcentaje de emisiones de CO₂ equivalente lo presentan los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, con un 20% cada uno, esto se debe a que durante esos meses la jornada tanto de los estudiantes, docentes y empleados es totalmente normal ya que asisten prácticamente todos los días a la universidad, seguido del mes de Julio con un 13% puesto que durante ese mes los docentes sólo asisten las dos últimas semanas y los alumnos a partir de la última semana, debido a que se encuentran en vacaciones, los empleados asisten normalmente a su jornada laboral ya que a ellos no les dan vacaciones, por último se encuentra el mes de diciembre con un 7% ya que después de la tercera semana no asiste ninguna persona a las instalaciones de la universidad por motivos vacacionales.

Puesto que el tamaño de muestra (79 personas) no resulta lo suficiente significativo, se decidió agregar información reciente referente a la cantidad de CO₂ equivalente producida por los vehículos y motos la cual fue tomada del estudio titulado "Estimación de la Huella de Carbono a través del Mecanismo de Mitigación Voluntaria de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Generada por el Parque Automotor y el Consumo Energético en la UCEVA". La recolección de datos se hizo

durante dos semanas del mes de Junio del año 2017 y dio como resultado un promedio de 1487 vehículos que ingresan diariamente al campus universitario en una semana corriente del mes de Junio, obteniendo un total de huella de carbono de 99,50 t CO₂ equivalente por semana⁶⁵; dado que el periodo de estudio es desde el mes de Julio al mes de Diciembre del año 2017 se toman las 99,50 t CO₂ equivalente y se multiplican por la cantidad de semanas que tiene dicho periodo excluyendo las semanas en las que los estudiantes y el personal se encuentran en vacaciones.

El resultado total sería el siguiente:

99,50 t CO₂ equivalente X 23 semanas =2.288,5 t CO₂ equivalente

Durante el periodo Julio a Diciembre del 2017 se generaron 2.288,5 t CO₂ equivalente que sumadas a las 23,2961 t obtenidas daría un total de 2.311,7961 t de CO₂ equivalente la cual es una cifra bastante significativa y perjudicial para el ambiente.

ALCANCE 2

Según el protocolo de gases de efecto invernadero el alcance 2 incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa.

3. Emisiones por energía eléctrica adquirida

Se obtuvieron los datos de consumo eléctrico en la UCEVA por medio de la compañía de electricidad de Tuluá s.a. (CETSA), quien por medio de un recibo facilitó los consumos desde el mes de Julio hasta el mes de Diciembre del año 2017, como se evidencia en el anexo 4. Luego de haber obtenido dichos datos de la actividad se procedió a multiplicar el factor de emisión por el dato de la actividad dando como resultado el total de la huella de carbono expuesta en toneladas de CO₂ equivalente, como se muestra a continuación:

⁶⁵ ANDRADE, Leidy. (2017). Estimación de la Huella de Carbono a través del Mecanismo de Mitigación Voluntaria de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Generada por el Parque Automotor y el Consumo Energético en la UCEVA. Trabajo de Grado.

Cuadro 10 Emisiones por energía eléctrica adquirida

ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA			
MES	CANTIDAD (KWh)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/kWh)	Kg CO ₂ eq
Julio	60458	0,199	12031,142
Agosto	55567	0,199	11057,833
Septiembre	78084	0,199	15538,716
Octubre	81222	0,199	16163,178
Noviembre	72376	0,199	14402,824
Diciembre	68653	0,199	13661,947
TOTAL			82855,64

Fuente: Los autores

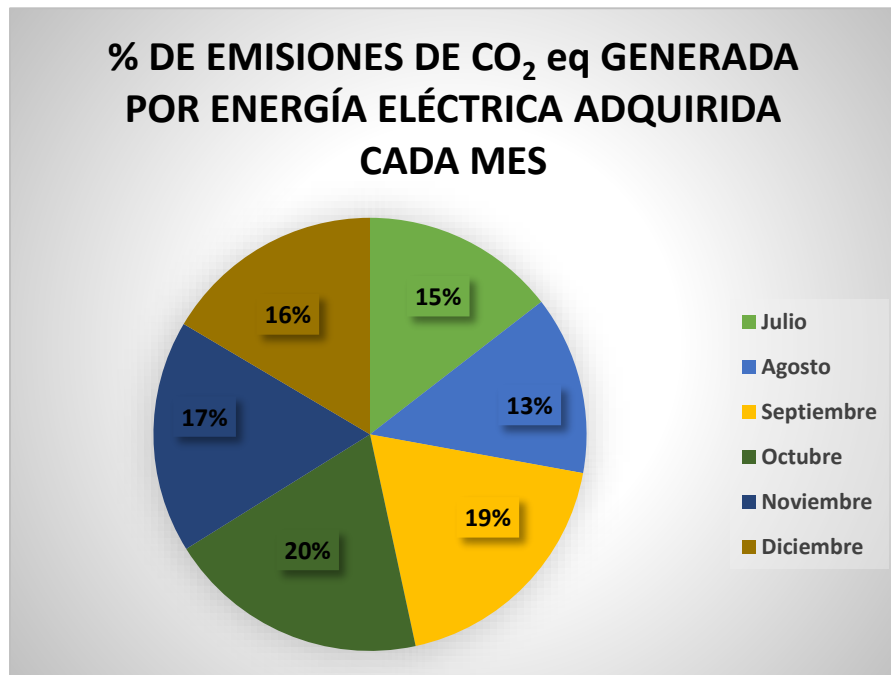
Cuadro 11. Total de toneladas de CO₂ equivalente generadas por energía eléctrica adquirida

TOTAL DE EMISIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA DURANTE LOS MESES JULIO-DICIEMBRE DE 2017		
Total de kg de CO ₂ eq	Factor de conversión	Total de t de CO ₂ eq
82855,64	1000	82,85564

Fuente: Los autores

En la siguiente gráfica se presenta el porcentaje total de CO₂ equivalente por mes generado por energía eléctrica adquirida:

Gráfica 4. Porcentaje de emisiones de CO₂ eq generada por energía eléctrica adquirida cada mes



Fuente: Los autores

El mes que presenta el mayor porcentaje de emisiones de CO₂ equivalente es el mes de octubre con un 20%, puesto que en este mes se realiza la semana Binges lo que conlleva a un consumo de energía eléctrica mucho mayor, seguido del mes de Septiembre con un 19%, después se encuentra el mes de noviembre con un 17%, luego está el mes de diciembre con un 16%, posterior a este mes se encuentra julio con un 15% y por último se encuentra el mes de agosto con un 13%. Como se puede ver, el consumo de energía eléctrica es muy variable independientemente de que la universidad se encuentre en periodo vacacional (Julio, Diciembre) o no (agosto, septiembre, octubre, noviembre).

ALCANCE 3

Según el protocolo de gases de efecto invernadero en el alcance 3 se encuentran las emisiones que son consecuencia de las actividades de la organización, pero que provienen de fuentes de las cuales no son propietarios o no están bajo su control. Entre ellas se incluyen la extracción y producción de los materiales adquiridos desde terceros.

4. Emisiones por consumo de papel (papel consumido por los estudiantes y por la universidad)

Se realizó una encuesta como lo muestra el anexo 3 en cada una de las fotocopiadoras de la universidad, posterior a esto se calculó un promedio mensual de la cantidad de papel consumido en peso. La información de consumo de papel en las instalaciones de la Uceva fue facilitada por la misma la cual permitió saber cuántas resmas de papel consumen mensualmente posterior a esto se calculó un promedio mensual de la cantidad de papel consumido en peso, luego de hallar el papel consumido en cada mes o el dato de dicha actividad, se procedió a multiplicar el factor de emisión por el dato de la actividad dando como resultado el total de la huella de carbono expuesta en toneladas de CO₂ equivalente, ya que la suma de todos los GEI deben ser presentadas en CO₂ equivalente como se muestra a continuación:

Cuadro 12 Papel consumido en las fotocopiadoras de la universidad

PAPEL CONSUMIDO			
MES	CANTIDAD (Kg)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/kg de papel)	Kg CO ₂
Julio	58,757	1,6	94,01
Agosto	1310,742	1,6	2097,19
Septiembre	727,688	1,6	1164,30
Octubre	727,688	1,6	1164,30
Noviembre	727,688	1,6	1164,30
Diciembre	192,092	1,6	307,35
TOTAL			5991,45

Fuente: Los autores

Cuadro 13 Total de toneladas de CO₂ generadas por consumo de papel en las fotocopiadoras

TOTAL DE EMISIONES DE PAPEL CONSUMIDO EN LAS FOTOCOPIADORAS DE LA UNIVERSIDAD DURANTE LOS MESES JULIO-DICIEMBRE DE 2017		
Total de kg de CO ₂	Factor de conversión	Total de t de CO ₂
5991,45	1000	5,99145

Fuente: Los autores

Cuadro 14 Papel consumido por la universidad

PAPEL CONSUMIDO			
MES	CANTIDAD (Kg)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO₂ e/kg de papel)	Kg CO₂
Julio	164,973	1,6	263,9568
Agosto	225,99	1,6	361,584
Septiembre	228,25	1,6	365,2
Octubre	133,334	1,6	213,3344
Noviembre	54,238	1,6	86,7808
Diciembre	58,757	1,6	94,0112
Total			1384,867

Fuente: Los autores

Cuadro 15 Total de toneladas de CO₂ generadas por consumo de papel en la universidad

TOTAL DE EMISIONES DE PAPEL CONSUMIDO POR LA UNIVERSIDAD DURANTE LOS MESES JULIO-DICIEMBRE DE 2017		
Total de kg de CO₂	Factor de conversión	Total de t de CO₂
1384,867	1000	1,38487

Fuente: Los autores

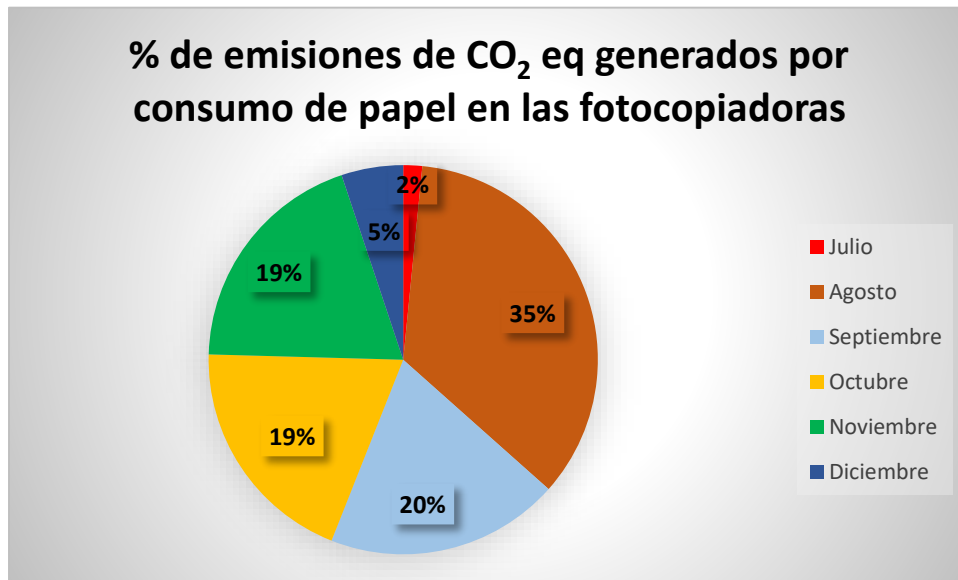
Cuadrado 16 Total de toneladas de CO₂ generadas por consumo de papel

TOTAL DE EMISIONES DE PAPEL DURANTE LOS MESES JULIO-DICIEMBRE DE 2017
Total de t de CO₂
7,376

Fuente: Los autores

En los siguientes gráficos se muestran las emisiones generadas de CO₂ equivalente por el consumo de papel de los estudiantes en las fotocopiadoras y el consumo de papel por las instalaciones de la universidad:

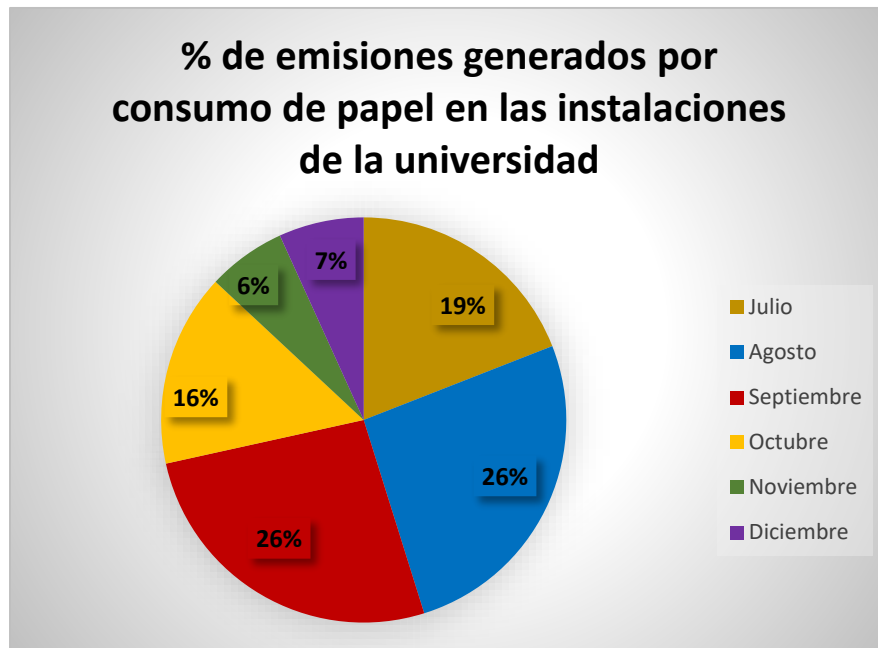
Gráfica 5. Porcentaje de emisiones de CO₂ eq generados por consumo de papel en las fotocopiadoras



Fuente: Los autores

El mes que presenta un mayor porcentaje de emisiones de CO₂ equivalente es el mes de agosto con un 35%, se debe a que es el inicio de semestre y es donde los estudiantes consumen la mayor cantidad de papel, seguido del mes de septiembre con un 20 %, el mes de octubre y noviembre presentan 19 % cada uno, en el mes de diciembre el consumo de papel disminuye significativamente ya que sólo quedan los estudiantes que se encuentran cursando los módulos de inglés o que deben habilitar alguna materia, por último está el mes de Julio con un 2% es un porcentaje muy bajo y esto se debe a que los estudiantes apenas están iniciando sus clases la última semana de dicho mes.

Gráfica 6. Porcentaje de emisiones de CO₂ eq generados por consumo de papel en las instalaciones de la universidad



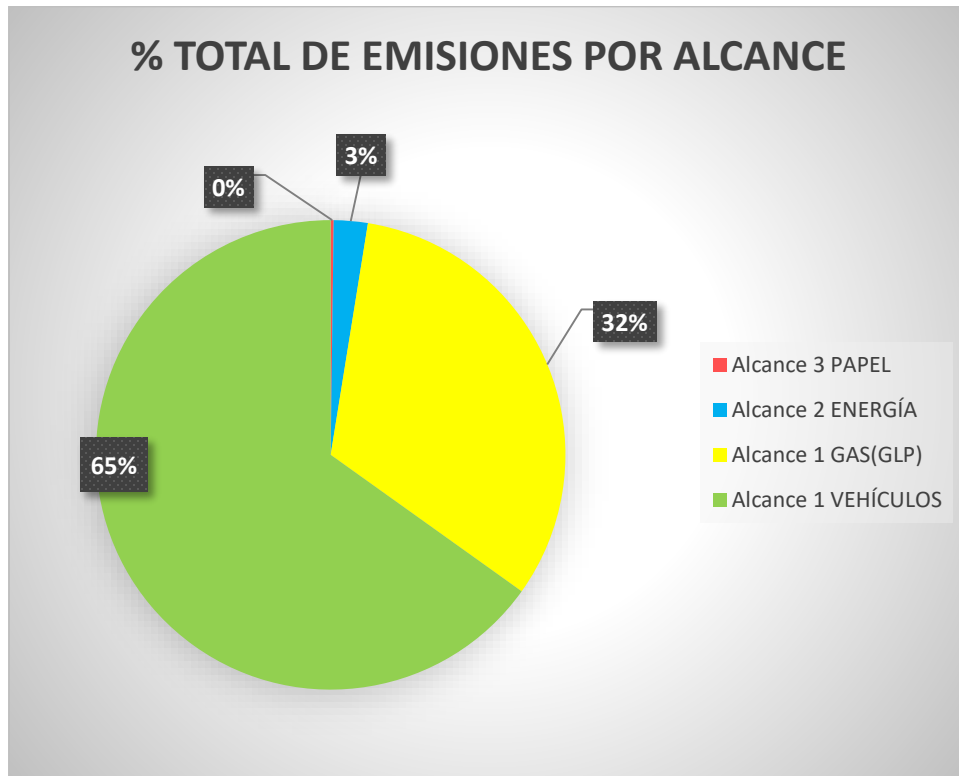
Fuente: Los autores

Los meses que presentan un mayor porcentaje de emisiones de CO₂ equivalente son los meses de agosto y septiembre con un 26%, se debe a que es el inicio de semestre y es donde se consume la mayor cantidad de papel, seguido del mes de Julio con un 19 %, el mes de octubre presenta un 16%, luego se encuentra el mes de diciembre con un 7% y por último está el mes de noviembre con un 6%.

6.1.1 Porcentaje de emisión total de cada una de las fuentes generadoras de carbono equivalente

Las emisiones totales de CO₂ equivalente se conforman por la sumatoria total de las emisiones de los tres alcances, el cálculo del porcentaje de emisión de cada una de las fuentes se realizó con la información recolectada en la universidad, el resultado se observa en la siguiente gráfica:

Gráfica 7. % Total de emisiones por alcance



Fuente: Los autores

Como se observa en la gráfica, el alcance 1 que se encuentra relacionado con las emisiones por combustión tanto en centros fijos como en vehículos representa el mayor aporte de emisiones con un 97% (3.459,4961 t CO₂ eq), seguido por el alcance 2 que se encuentra relacionado con las emisiones indirectas de GEI, que son las emisiones por energía eléctrica adquirida representa un 3% (82,86 t de CO₂ eq) y finalmente el alcance 3 que se encuentra relacionado con el consumo de papel representa un 0,0031% (7,38 t de CO₂ eq). Dando un total de Huella de Carbono de 3.549,7361 t de CO₂ eq de las emisiones totales correspondientes al periodo Julio a Diciembre del año 2017.

Es importante resaltar que la huella de carbono expuesta en el presente estudio está en términos de CO₂ equivalente, el equivalente significa que la huella está compuesta por la suma de diferentes gases de efecto invernadero como lo son el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂) y no únicamente de CO₂.

6.2 FASE 2: Calcular el promedio de absorción de dióxido de Carbono en los sectores forestales del perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca

Para saber cuánto dióxido de Carbono tienen capturado los árboles de la Universidad, primero se identificó cada uno de los árboles que se encuentra dentro de los 11 cuadrantes establecidos, encontrándose un total de 30 familias y 55 especies. La familia con mayor dominancia es la FABACEAE con un total de 6 especies. La especie con mayor abundancia es la *Tebebuia rosea* (Bertol.) DC. Con 53 individuos, después se encuentra la *Anacardium excelsum*. Con 37, seguida de la *Mangifera indica* L. con 35, luego se encuentran la *Jacaranda caucana* Pittier. Y la *Samanea saman* (Jacq.) Merrill con 34 individuos respectivamente, después se encuentra la *Guazuma ulmifolia* Lam. Y la *Guarea guidonia* con 30 individuos cada una y por último se encuentra la *Caesalpinia peltophoroides* Benth. Con 25 individuos, como se muestra en la siguiente gráfica.

Estas especies representan el 53% del total de individuos registrados.

Gráfica 8. Especies con mayor abundancia



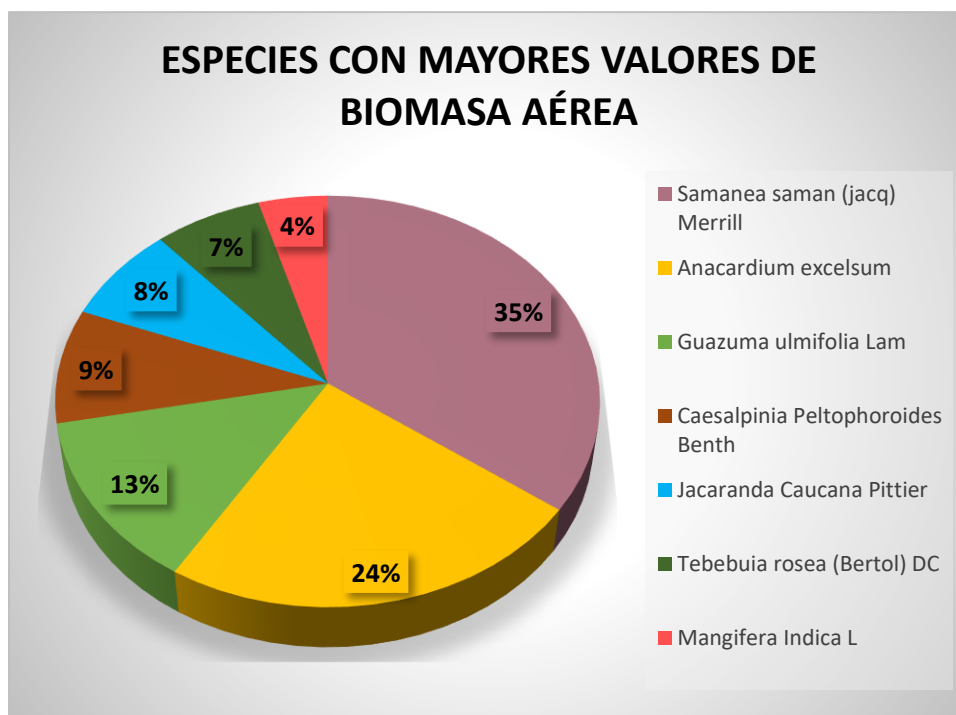
Fuente: Los autores

Existen 55 especies con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 10 cm, con las que se han realizado los cálculos para hallar el contenido de BA por

especie y BAT en cada uno de los cuadrantes. Estos cálculos de BA están en función de las variables de DAP, altura total (H) y densidad de madera (DM).

Las especies más representativas en términos de valores de BA son la *Samanea saman* (Jacq.) Merrill con una sumatoria total de biomasa entre todos sus individuos de 103.664,08 kg, seguida de la especie *Anacardium excelsum* con 70.352,12 kg, después se encuentra la *Guazuma ulmifolia* con 39.016,83 kg, seguido está la *Caesalpinia peltophoroides* Benth. Con 26.624,9 kg, luego se encuentra la *Jacaranda caucana* Pittier con 22.649,16 kg y por último están las especies *Tebebuia rosea* (Bertol.) DC con 20.629,55 kg y la *Mangifera indica* L. con 13.297,92 kg. Cabe resaltar que estos valores de Biomasa aérea están ligados con el índice de abundancia de cada una de las especies. A continuación se muestra una gráfica entre las especies con los mayores valores de BA.

Gráfica 9. Especies con mayores valores de BA



Fuente: Los autores

La especie que conserva el valor más alto de BA es el *Schizolobium parahybum* con 22.304,61 kg, esto se debe principalmente a su gran tamaño y frondosidad. Esta especie presenta el valor más alto de captura de BA aunque tiene una baja abundancia contando únicamente con 2 individuos. También es el árbol más alto en toda la universidad llegando a los 42,73 m.

Las especies que cuentan con un menor valor de BA son la *Carica papaya* con 14,31 kg, seguido se encuentra la *Sabal mauritiiformis* con 48,78 kg y por último está la *Bactris gasipaes* con 63,08 kg, estas especies presentan un bajo índice de captura debido a que sólo se encuentran 1 o 2 individuos o sea bajo índice de abundancia, además de que son especies pequeñas y poco frondosas.

En términos generales, los contenidos de BAT acumulada en los cuadrantes de la Unidad Central del Valle del Cauca ascienden a un total de 2.229,054 t/h, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 17 Valores de BAT (t/h) acumulada en los 11 cuadrantes establecidos

CUADRANTE	BAT (t/h) ACUMULADA
1	104,501
2	206,323
3	207,991
4	319,504
5	115,509
6	227,649
7	138,160
8	221,486
9	232,867
10	247,855
11	207,209
TOTAL	2.229,054

Fuente: Los autores

El cuadrante que presenta un mayor contenido de BAT es el cuadrante número 4 con un total de 319,504 t/h, se debe a que es el cuadrante con el mayor número de individuos (263) y la mayoría de ellos son de gran tamaño lo que ayuda a un mayor contenido de BA. Por el contrario, el cuadrante con el menor contenido de BAT es el cuadrante número 1 con un total de 104,501 t/h.

6.2.1 Cuantificación de las reservas de Carbono y CO₂eq

Las reservas totales de Carbono acumuladas en 2.229,054 t/h de Biomasa Aérea equivalen a un total de 1.114,531 t/h, como se muestra a continuación.

Cuadro 18 Valores de C (t/h) acumulado en los 11 cuadrantes establecidos

CUADRANTE	C(t/h) ACUMULADA
1	52,251
2	103,162
3	103,996
4	159,752
5	57,755
6	113,825
7	69,08
8	110,743
9	116,434
10	123,928
11	103,605
TOTAL	1.114,531

Fuente: Los autores

De estos 1.114,531 t/h de Carbono que traducidos a CO₂ equivalente como medida métrica de emisión equivalen a 4.090,323 t/h los cuales se están dejando de emitir a la atmósfera.

Cuadro 19 Valores de CO₂ eq (t/h) capturado en los 11 cuadrantes establecidos

CUADRANTE	CO₂ eq (t/h) CAPTURADO
1	191,761
2	378,605
3	381,665
4	586,290
5	211,959
6	417,736
7	253,524
8	406,427
9	427,313
10	454,814
11	380,229
TOTAL	4.090,323

Fuente: Los autores

En los 11 cuadrantes establecidos se tiene capturado un total de 4.090,323 t/h de CO₂ equivalente los cuales se dejan de emitir a la atmósfera lo que beneficia a evitar el incremento del calentamiento global.

6.3 FASE 3: Formular acciones de Ecosostenibilidad en pro de reducir las emisiones de carbono en el perímetro local de la Unidad Central del Valle del Cauca.

A continuación se exponen diversas acciones con base en los resultados, las alternativas o acciones propuestas para la UCEVA se pueden llevar a cabo y por medio de su implementación ayudarán a reducir las emisiones de CO₂ equivalente, así mismo a minimizar los costos asociados al consumo energético.

1. PLANTACIÓN DE ÁRBOLES

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone incrementar el número de plantaciones fijadoras de las especies ya establecidas en el área, puesto que existen bastantes espacios libres en los que se podría llevar a cabo esta acción; sobre todo de aquellas especies que captan más CO₂ como lo son, la *Samanea saman*, *Anacardium excelsum* y la *Guazuma ulmifolia*. Con el criterio fundamental de que esta acción debe ser permanente y persistente en el tiempo para así tener árboles jóvenes y saludables que ayuden a la captura de carbono y por ende a la disminución de las emisiones. Así mismo, integrar un proceso de capacitación a las personas que se encuentran liderando los proyectos de construcción de la universidad para que aprecien, cuiden y acepten el establecimiento de árboles como medio para la reducción de la contaminación por CO₂.

Es necesario aclarar que en unos años la universidad tendrá una reserva de madera bastante amplia respecto a los árboles que se propone sembrar y es importante saber qué uso se le dará a ésta, su utilización definirá el tiempo de reemisión de CO₂ al ambiente. Lo que se plantea es lo siguiente; utilizar la madera para proyectos de construcción dentro de la universidad ya que con esto se ahorrarían costos de transporte y demás; también se podría utilizar la madera para crear muebles o algún tipo de utensilio que sea de provecho para la universidad y una última opción sería venderla y de esta manera tener un beneficio económico.

2. IMPLEMENTACIÓN DEL DÍA SIN VEHÍCULO EMISOR DE GEI

De acuerdo a los resultados obtenidos los cuales arrojaron que el mayor aporte de emisiones son los relacionados con las emisiones por combustión tanto en centros fijos como en vehículos con un 97% (2.321,67 t CO₂ eq), cifra bastante significativa y preocupante por la cantidad de emisiones que se están generando únicamente en estas 2 actividades y lo que hace es reafirmar la necesidad de la implementación de un día al mes de un medio de transporte que no utilice combustible fósil para su ejecución ya que será beneficioso, no sólo porque ese día se dejará de emitir una cantidad considerable de GEI sino también por los beneficios de la actividad física en las personas; con pequeñas acciones podremos contribuir a cuidar el clima, como por ejemplo la utilización de bicicletas, caminar e incluso el uso del transporte público será de gran ayuda para lograr el objetivo de la reducción de emisiones, además de ser las opciones más saludables y menos contaminantes al momento de escoger el medio de transporte para llegar a la universidad.

Para la puesta en marcha de esta acción ecosostenible se debe comenzar por la orientación pedagógica y necesariamente debe partir desde la rectoría académica, ya que se hace necesario comprender que en la población ucevista no existe un

hábito o tratamiento para entender el problema ecológico de la comunidad, lo primordial es crear voluntad ecológica, ya que si se crea conciencia en las personas las cuales son responsables en el deterioro o mejoramiento de los problemas ambientales se podrá corregir de manera oportuna las acciones negativas hacia el ambiente.

Si no se lleva a cabo la orientación pedagógica y se logra crear una conciencia ambiental, la propuesta aquí descrita acabará en manos de unos pocos lo que conllevará a tener una actitud poco responsable y paciente como hasta ahora se ha conservado de los requerimientos actuales para el mejoramiento ambiental en la universidad, que sin lugar a duda debe comenzar a desarrollarse lo antes posible.

3. ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA

El establecimiento de un plan de uso eficiente y ahorro de energía partirá por la creación de una política institucional que plantee la importancia y los beneficios que traería consigo la puesta en marcha de la misma; además de implantar medidas eficaces en las actividades de iluminación y climatización que sin un costo o uno muy bajo implicaría para la universidad una reducción significativa de sus costos energéticos.

Con el fin de ayudar a la universidad en la tarea de elaborar un plan de reducción de huella de carbono, se muestran en seguida una serie de medidas a implantar. La implantación de estas medidas además de lograr reducir las emisiones de CO₂, le ayudará a reducir los costos asociados al consumo energético

- El uso de la luz natural tiene un impacto indudablemente efectivo ya que su buena utilización traerá consigo beneficios tanto ambientales como económicos puesto que se reducirá el consumo de energía eléctrica. Se puede facilitar el uso adecuado de la misma pintando los espacios con colores claros, de esta manera la eficacia con que entre la luz natural a un determinado lugar sea mayor.
- Apagar las luces cuando en el lugar no se esté realizando alguna actividad, es importante cambiar la cultura de las personas en este sentido y que sean conscientes de la relevancia de apagar las luces que no estén siendo utilizadas y que están llevando a cabo un consumo innecesario de la misma, o bien como se describe anteriormente cuando la luz natural proporciona una iluminación suficiente.

- Verificar que el nivel de iluminación por parte de las luminarias es el correcto, puesto que éstas se instalaron en su día y no se cree que se haya realizado un análisis posterior de los niveles de iluminación, pudiendo resultar que la intensidad lumínica pueda ser superior a la necesaria lo que traería consigo un consecuente derroche de energía.
- Aunque pueda parecer obvio, la limpieza habitual de ventanas garantizará la entrada de la luz natural. De la misma forma es importante limpiar las lámparas o bombillas ya que la presencia de polvo o telarañas supone una pérdida de eficiencia en la iluminación.
- Apagar el aire acondicionado cuando éste no sea necesario y encenderlo únicamente cuando el calor sea poco soportable, esta medida va principalmente dirigida al C.A.U ya que es uno de los pocos sitios privilegiados en tenerlo dentro de la universidad, el aire acondicionado en este lugar presuntamente siempre se encuentra encendido sin importar la hora del día, además de esto, se cree que siempre lo dejan con la temperatura más baja posible lo que ocasiona un mayor arrastre de energía y por tanto un mayor consumo.

4. ORIENTACIÓN PEDAGÓGICA

El rol de los docentes dada su calidad profesional, requiere que sean los principales generadores de un cambio cualitativo y cuantitativo de la manera en la que se puede enfrentar la problemática ambiental; esto se logrará por medio de actividades académicas promoviendo en los estudiantes una actitud diferente a la que se tiene ahora, sensibilizándolos y creando una conducta crítica ante prácticas que deterioren el ambiente.

La rectoría académica debe encontrar la forma de que en las materias que dictan los docentes se hable también el tema ambiental; puesto que en alguna medida todas las materias son susceptibles de ser tratadas desde una óptica ambiental, de esta manera se podrá crear conocimiento, interés y valoración hacia la problemática que hoy en día se está viviendo y sus consecuencias, logrando de esta manera la creación de conciencia ecológica en los estudiantes y de este modo poder lograr la disminución de las emisiones de CO₂. En la ciudadela universitaria.

5. PUBLICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO POR LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN DE LA UCEVA

Socializar los resultados de este estudio por medio de las redes sociales, tv UCEVA, la página institucional y demás medios de comunicación; con el propósito de informar sobre las cantidades perjudiciales de CO₂ equivalente que se están generando por las actividades que se llevan a cabo dentro de la institución, de igual manera que se informen respecto a los beneficios que conlleva tener una zona forestal, para que se cree en los estudiantes un criterio diferente y que sea la priorización y conservación de estas áreas algo fundamental, con el fin de minimizar a largo plazo la pérdida de especies y maximizar su capacidad de respuesta frente a escenarios ambientales cambiantes; Así mismo, se podrá crear conciencia y se logrará la disminución de emisiones de las fuentes generadoras de carbono las cuales tienen un impacto negativo y perjudicial al ambiente.

CONCLUSIONES

- Se identificaron las fuentes de emisiones generadoras de gases de efecto invernadero en la Unidad Central del Valle del Cauca, facilitando el cálculo de la huella de carbono del periodo comprendido desde Julio hasta Diciembre del año 2017. Las fuentes identificadas fueron: emisiones por combustión en centros fijos (consumo de gas GLP), emisiones por combustión en vehículos (total de millas recorridas), emisiones por energía eléctrica adquirida y por último emisiones por consumo de papel (papel consumido por los estudiantes y por la universidad).
- Se verificaron los factores de emisión aplicables a las fuentes de emisión identificadas, a través de fuentes oficiales como son: La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (accefyn), Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC), la Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL), el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y la Environmental Protection Agency (EPA).
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que el alcance con mayor aporte a la huella de carbono es el alcance 1 (Emisiones por combustión tanto en centros fijos como en vehículos), con un 97% (3.459,4961 t CO₂ eq) de emisiones durante el periodo Julio a Diciembre del año 2017.
- Con esta medición se reconocen diversos puntos críticos, como lo es la tendencia de consumo energético lo que equivale a generar un costo importante para la universidad y un punto decisivo en la medición de la huella de carbono.
- En la UCEVA la huella de Carbono emitida por las cuatro fuentes identificadas como principales contribuyentes en el aporte de emisiones en el transcurso del periodo Julio a Diciembre es de 3.549,7361 t CO₂ eq.
- Con relación a cómo están compuestos los 11 cuadrantes establecidos en la UCEVA se puede concluir que están determinados por 30 familias y 55 especies. La familia con mayor dominancia es la FABACEAE con un total de 6 especies. La especie con mayor abundancia es la *Tebebuia rosea* con 53 individuos.

- Los resultados obtenidos de BA, C y CO₂ eq en la presente investigación pasan a formar parte de la línea base constituida para el monitoreo a largo plazo de la dinámica ecosistémica, la cual facilite conocer los efectos del cambio climático, ya que en el momento es algo complejo de pronosticar, por una parte, los efectos potenciales que tendrá el cambio climático en el ecosistema y por otra, como se asocia este cambio de forma directa con la habilidad de conversión a BA en la UCEVA.
- Esta investigación brinda información de suma importancia no sólo para la UCEVA, sino también para el municipio de Tuluá puesto que muestra la dinámica del carbono en ecosistemas urbanos, además de brindar información sobre los beneficios ambientales que estas pequeñas extensiones boscosas ofrecen y que están siendo requeridas no sólo a nivel local sino también a nivel mundial.
- Los árboles juegan un papel fundamental en la regulación climática dentro de la ciudadela universitaria, en vista de que proveen y favorecen a la reducción de la temperatura ambiente así como también contribuyen a la reducción de la velocidad de los vientos procedentes de diferentes puntos latitudinales.
- En la UCEVA se encuentran capturadas 4.090,323 t/h de Carbono lo cual es beneficioso para el clima ya que ayuda a estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, así mismo, mediante la prevención de la deforestación de estas pequeñas extensiones boscosas permite minimizar los riesgos y los efectos adversos en los ecosistemas.
- Las acciones ecosostenibles que se piensen implementar a partir de la publicación del presente estudio, son de suma importancia puesto que con ellas se podrá disminuir significativamente las cantidades de CO₂ equivalente generadas por las diferentes actividades de la universidad.
- Se propusieron diferentes acciones ecosostenibles que permitan la reducción de emisiones de GEI, relacionadas principalmente a la utilización de medios de transporte que no generen emisiones y a la implementación de buenas prácticas partiendo de la toma de conciencia ambiental.
- La orientación pedagógica será primordial al momento de concienciar a la comunidad ucevista, creando en los estudiantes voluntad ecológica

permitiendo así el compromiso al momento de ejecutar las acciones ecosostenibles.

- La difusión de los resultados del presente estudio a través de los diversos medios de comunicación, permitirá adquirir en la comunidad ucevista una actitud crítica y diferente de la que se tiene frente a la problemática ambiental por la que se está atravesando.
- A pesar de que se implementen acciones ecosostenibles con miras a la reducción de las emisiones, una de las acciones ecosostenibles más segura y viable por parte de la Unidad Central del Valle del Cauca para capturar emisiones de CO₂ eq es mediante la plantación forestal propuesta anteriormente.

RECOMENDACIONES

- Realizar cada determinado periodo de tiempo un nuevo estudio sobre la medición de la huella de carbono, con el fin de identificar si se están emitiendo mayores valores de CO₂ eq o si por el contrario con las acciones ecosostenibles se han reducido las emisiones.
- Capacitar a toda la comunidad ucevista en pro de generar conciencia sobre los efectos negativos que tienen los GEI en el ambiente, logrando de esta manera que todos se comprometan a disminuir las emisiones de CO₂ eq que se generan en la universidad.
- Crear un comité de protección del medio ambiente con funcionarios, empleados, estudiantes y demás comunidad en general, en el cual, se ejecuten programas, proyectos y actuaciones donde su idea principal sea la disminución de los GEI en la UCEVA y por ende la huella de carbono.
- La UCEVA como centro de educación superior debe de adquirir y aumentar la cantidad de mejores equipos e instrumentos tales como horno, balanza de precisión, que permitan llevar a cabo con mayor facilidad y confiabilidad los estudios de captura de carbono, puesto que en ellos se debe hallar la densidad de la madera y en la actualidad los equipos con que cuenta la universidad para este tipo de investigación no se encuentran en las mejores condiciones.
- Es necesario brindar el apoyo suficiente a este tipo de investigaciones, teniendo en cuenta que con este trabajo se podrán tomar decisiones que beneficien al campus universitario y a su vez el ambiente.
- Implementar actividades entre la comunidad ucevista que propendan a la utilización de medios de transporte más limpios y menos contaminantes reduciendo así las emisiones de CO₂ equivalente tanto en el perímetro local de la universidad como también fuera de él.
- Es recomendable la implementación de las acciones ecosostenibles propuestas en el presente estudio ya que contribuirán a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades en la UCEVA.

- Debería de existir una mayor disposición y disponibilidad para el uso del laboratorio, no sólo para el desarrollo del presente estudio que tuvo lugar en la ciudadela universitaria, sino también para proyectos que se lleven a cabo fuera de las instalaciones ya que en la actualidad si la investigación se hubiese llevado a cabo en otro lugar no habría sido posible el uso del laboratorio.
- Se debe dar más prioridad al desarrollo de investigaciones que requieran el uso del laboratorio puesto que durante el periodo académico es prácticamente imposible, lo que conlleva a retrasar la culminación del estudio.
- Se recomienda la socialización del presente estudio para que se pueda obtener una visión diferente en la comunidad ucevista respecto a las actividades que impactan negativamente al ambiente.
- Otra razón para continuar con la medición de la huella de carbono y captación de la misma en la UCEVA es por el reconocimiento e importancia que adquiriría la universidad a nivel departamental y nacional en la gestión voluntaria y temprana en la disminución de emisiones.

REFERENCIAS

AGENCIA DE NOTICIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL. (2015). Expertos Indican que Cifras Oficiales Sobre Deforestación son Dudosas. El Espectador. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/expertos-indican-cifras-oficiales-sobre-deforestacion-s-articulo-535748>

ANDRADE, Leidy. (2017). Estimación de la Huella de Carbono a través del Mecanismo de Mitigación Voluntaria de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Generada por el Parque Automotor y el Consumo Energético en la UCEVA. Trabajo de Grado.

ARANZAZÚ, Wilfredo y CÁRDENAS, José. (2014). Estimación de las Reservas de Carbono (C) Acumuladas en la Biomasa Aérea (BA) de la Parcela Permanente de Investigación (PPI) en Bosque Seco Tropical (Bs-T) del Jardín Botánico “Juan María Céspedes” en el Municipio de Tuluá, Valle del Cauca. Trabajo de Grado.

AUDESIRK, Teresa y AUDESIRK, Gerald. (1997). Biología, La Vida en la Tierra. México, Prentice Hall, Cuarta Edición.

BARBOZA LIZANO, óscar. (2013). calentamiento global: “la máxima expresión de la civilización petrofósil” revista del cesla, núm. 16, p. 35-68

BENAVIDES, Henry y LEÓN Gloria, (2007). Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático, IDEAM, Nota Técnica 008.

BETANCUR, Laura. (2015). ¿Cuál es la cuota colombiana para evitar el cambio climático? El Tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/medidas-de-colombia-para-evitar-el-cambio-climatico/16145259>

BORRERO, Juan (2012). Biomasa Aérea y Contenido de Carbono en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8987/BorreroBenavidesJuanCamilo2012.pdf?sequence=1>

BROWN, Sandra. (2002). Measuring Carbon in forest: Current status and future challenges. Environmental Pollution 116. p. 363 – 372

CABALLERO, Margarita; LOZANO, Socorro y ORTEGA, Beatriz. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Recuperado de http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf

CAMACHO, Aurora y ARIOSA Liliana. (2000). Diccionario de Términos Ambientales. Recuperado de https://issuu.com/tecsanchez/docs/diccionario_amb.

CARBON TRUST. (2007). Carbon footprinting an introduction for organisations. Recuperado de <http://www.aquaculture.org.nz/wp-content/uploads/2011/06/Carbon-Footprinting.pdf>

CIIFEN Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño. (s.f). Efecto Invernadero. Recuperado de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es

COMITÉ DÉPARTEMENTAL DE LA PROTECTION DE LA NATURE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LOIR-ET-CHER. (2011). Bilan Carbone. Recuperado de http://www.cdpne.org/PDF/Rapport_Bilan_Carbone.pdf

CORNELISSEN, Johannes, et al. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany 51:335-380.

CHRISTOFFERSEN, Martin. (1995). Taxonomía cladística, sistemática filogenética y clasificación evolutiva. Volumen 44. P 440-454.

DE LA VEGA, Jorge. (2007). Calentamiento Global- Captura de Carbono. Eco Portal. Net. El Directorio Ecológico y Natural. Recuperado de <http://www.ecoport.net/layout/set/print/content/view/full/69502>

ENERGÍA Y SOCIEDAD. (s.f). El cambio climático y los acuerdos internacionales. Recuperado de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). Los bosques y el cambio climático. Recuperado de <http://www.fao.org/Newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004). Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/9690-0d07adfee9364a4127238bf3ffc7d6ab2.pdf>.

FUNDACIÓN MÉXICO-ESTADOS UNIDOS PARA LA CIENCIA. A.C. (2006). Documento Guía de la Herramienta para la Estimación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Productivo de Celulosa y Papel de México. Versión 1.0. Recuperado de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Guia%20C%26P%20Mexico%20V1.0-Spanish.pdf>

GALLO, Vanessa. (2012). Medición de Huella de Carbono y Eficiencia Energética en Empresa Papelera Colombiana. Recuperado de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/3209/1/TAA01171.pdf>

GARNIER, E, et al. 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology* 15:688-695

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. (2013). ¿Conoces en qué consiste el GHG Protocol?. Recuperado de <https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>

GORE. Albert Arnold, Jr. (2007). Político y ecologista estadounidense, cuadragésimo quinto vicepresidente de Estados Unidos bajo la presidencia de Bill Clinton. Recuperado de: <http://elmundo.es/elmundo/2006/10/11/ciencia/1160559032.html>

HERNÁNDEZ, Eduardo. (2001). El Efecto Invernadero. Recuperado de <http://www.aie.org.ar/downloads/invernadero.pdf>

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Monitoreo y Seguimiento al Fenómeno de la Deforestación en Colombia. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/deforestacion-colombia>

IDEAM, et al. (2016). “Conocer: El primer paso para adaptarse. Guía Básica de Conceptos Sobre el Cambio Climático”. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

IPCC Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. (1996). Directrices Revisadas de 1996 del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.

IPCC Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2005). La captación y el almacenamiento de Dióxido de Carbono. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf

ISO. (2006). Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es>

LASSO, Juan. (2014). La Contaminación del Aire, el Mayor Problema Ambiental de Salud Pública en el Mundo. Radio Televisión Nacional de Colombia. Recuperado de <https://www.radionacional.co/noticia/la-contaminacion-del-aire-el-mayor-problema-ambiental-de-salud-publica-en-el-mundo>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (1995). Decreto 948 de 1995 Reglamento de Protección y Control de la calidad del Aire. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (2017). Gases de Efecto Invernadero. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/462-plantilla-cambio-climatico-18>

MITCHELL, Jhon. (1989). The "Greenhouse" Effect and Climate Change, Reviews of Geophysics. 27, 115-139.

MORALES, Paola. (2016). Pese a Tener Metro y Tranvía, Medellín Sufre por la Contaminación. El Tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16555834>

NACIONES UNIDAS (1998). Protocolo De Kyoto De La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático.

NACIONES UNIDAS (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

Odisea internacional para reducir los gases del efecto invernadero (s.f). Eroski Consumer. Recuperado de <http://revista.consumer.es/web/es/20010901/medioambiente/#sthash.5iOEmRbD.dpuf>.

OYARZÚN, Manuel. (2010). Contaminación Aérea y sus Efectos en la Salud. Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias. 26, 16-25.

QUIÑÓNEZ, Lina. (2010). Gestión Forestal Urbana como Mecanismo de Captura de Carbono en el Campus de Pontificia Universidad Javeriana Sede Bogotá D.C. Recuperado de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/gestion-forestal-urbana-como-mecanismo-de-captura-de-carbono-en-el-campus-de-la-pontificia-universidad-javeriana-sede>.

RAZO ZÁRATE, Ramón., et al. (2013). Biomass estimation and carbon stock in fir trees affected by fire in "El Chico" National Park, Hidalgo, México. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712013000200005

REYNOSA, Enaidy. (2015). La Crisis Ambiental Global. Causas, Consecuencias y Soluciones Prácticas. Ensayo.

SÁENZ, Jorge. (2012). La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7577/1/jorgeenriquesaenzguarin.2012.pdf>

SALGADO, Beatriz. (ed). 2015. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 236 pp.

SCHNEK, Adriana, et al. (2007). Curtis Biología. Argentina, Editorial Médica Panamericana, Séptima edición.

SCHLEGEL, Bastienne. (2001). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia – Chile. Universidad Austral de Chile.

SHAFFER, Gary, et al. (2009). Long-Term Ocean Oxygen Depletion in Response to Carbon Dioxide Emissions From Fossil Fuels, Nature Geoscience. 2, 105-109.

TERÁN, J; DAUBER, E y GUZMAN, R. (2000). Estimaciones de Biomasa y Carbono en Bosques de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana. Vol 1. # 1. 10p

THE TDE. (s.f). Wood Systems are Ecological Systems. Recuperado de <http://empresario.com.co/tallerdeensamble/caracteristicas.html>.

UNRIC Centro Regional de Información de las Naciones Unidas para Europa Occidental. (2016). De Lima a Paris. Recuperado de <https://www.unric.org/es/cambio-climatico>

VALENCIA, Salvador y VARGAS, Jesús. (1997). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. Maderas y Bosques. Vol 3 .p. 81–87.

VICTORINO, Andrea. (comp.) 2012. Bosques para las personas: Memorias del Año Internacional de los Bosques 2011. Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia. 120 pág.

YEPES QUINTERO, Adriana P., et al. 2011. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de Biomasa-Carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM-.Bogotá D.C., Colombia. 162 p.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2004). The Greenhouse Gas Protocol: A corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute. Washington, D.C.

ANEXOS

ANEXO 1 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIPO ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE GAS EN LAS CAFETERIAS DE LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA

La presente encuesta se realiza con el objetivo de determinar la cantidad de pipas de gas consumidas en la Unidad Central del Valle del Cauca mensualmente durante el periodo Agosto de 2017 a Marzo de 2018; ya que es un dato crucial para llevar a cabo el desarrollo del trabajo de grado el cual se basa en la “Medición de la huella de Carbono en el campus universitario”

Nombre de la cafetería: _____

Fecha (dd/mm/año): _____

- 1) ¿Qué cantidad de pipas de gas se consumen semanalmente?
 - A. 2
 - B. 4
 - C. 6 o más. Especifique su respuesta

- 2) ¿Cuál es el peso de la pipa?

ANEXO 2 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIPO ENCUESTA DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN VEHÍCULOS (CARROS) QUE INGRESAN A LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE

La presente encuesta se realiza con el fin de recopilar datos para el desarrollo de un trabajo de grado que se está llevando a cabo en la institución por parte de estudiantes del programa de ingeniería ambiental; dicho trabajo se enfoca en la medición de la huella de carbono.

Solicitamos de su colaboración para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es su rol dentro de la UCEVA?
 - Docente
 - Empleado
 - Estudiante

2. ¿Cuál es el número de veces en el día que usted se dirige a la UCEVA en automóvil?
3. ¿En qué barrio de Tuluá vive? (en caso de no vivir en Tuluá, especifique el lugar de residencia)
4. ¿Cuál es la duración de su recorrido?
5. ¿Horas en las que usted ingresa a la universidad?
6. ¿Horas en las que usted sale de la universidad?

7. ¿Tipo de vehículo?
 - Camioneta
 - Automóvil
 - Campero

8. ¿Cilindraje del vehículo?
 - 1000 cc-1600 cc
 - 1600 cc-4000 cc
 - Más de 4000 cc

9. ¿Marca del vehículo?
10. ¿cuál es el modelo del vehículo (año)?
11. ¿Tipo de combustible?
 - Gasolina
 - Diésel
 - Gas natural vehicular
12. ¿Cómo considera usted la movilidad dentro de la universidad siendo 1 pésimo y 5 excelente?

ANEXO 3 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIPO ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE PAPEL EN LAS FOTOCOPIADORAS DE LA UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA

La presente encuesta se realiza con el objetivo de determinar la cantidad de resmas de papel consumidas en la Unidad Central del Valle del Cauca mensualmente durante el periodo Agosto de 2017 a Marzo de 2018; ya que es un dato crucial para llevar a cabo el desarrollo del trabajo de grado el cual se basa en la “Medición de la huella de Carbono en el campus universitario”

Nombre de la fotocopiadora: _____

Fecha (dd/mm/año): _____

3) ¿Qué tipo de papel utiliza?

- A. Papel blanco normal
- B. Papel reciclado
- C. Otro? Especifique su respuesta

4) ¿Qué formato de papel utiliza?

- A. Carta
- B. Oficio
- C. Carta y oficio
- D. Otro? Especifique su respuesta

5) ¿Cuántas resmas se gasta a la semana?

6) ¿Cuál es el gramaje del papel?

- A. 80 g/m²
- B. 90 g/m²
- C. 75 g/m²
- D. Otro? Especifique su respuesta

7) ¿Cuáles son las medidas del papel (largo y ancho)?

- A. 21.6x27.9 cm
- B. 21.6x31.8 cm
- C. Otro? Especifique su respuesta

ANEXO 4 FACTURA EMITIDA POR LA CETSA EVIDENCIANDO EL CONSUMO ELÉCTRICO DE JULIO A DICIEMBRE DEL AÑO 2017

OPEN S.G.C. - EPSA / CETSA (v.E 98.2)

Archivo Editar At. Cliente Cdo Comercial Mant. Egtidades Mant. BD Módulos Ventana ? Trace

Open S.G.C. - Consulta por Contrato

N.I.C.: 2801239 5 Tipo Servicio: Energia no regulada

Dir. Contrato: CR 40(LA VARIANTE), SNN 341 (SECTOR LA VARIANTE CM TULUA TULUA VAL

Cliente: UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA,

Servicio	Tipo de	Fecha Fact.	Sec.	Ind Real	Consumo (KWh)	Potencia (kVA)	Csmo Real (kVA)
2801493	Energia no regulada	12/12/2017	0	✓	68.653	0	0
2801493	Energia no regulada	15/11/2017	0	✓	72.376	0	0
2801493	Energia no regulada	12/10/2017	0	✓	81.222	0	0
2801493	Energia no regulada	12/09/2017	0	✓	78.084	0	0
2801493	Energia no regulada	14/08/2017	0	✓	55.567	0	0
2801493	Energia no regulada	12/07/2017	0	✓	60.458	0	0

Bienvenidos al OPEN SGC 02/05/2018 MTORO

ANEXO 5 TABLA DE EMISIONES DE CADA UNA DE LAS FUENTES IDENTIFICADAS

[EMISIONES.xlsx](#)

ANEXO 6 TABLA DE ÁRBOLES IDENTIFICADOS EN LOS 11 CUADRANTES ESTABLECIDOS

[TABLA ÁRBOLES.xlsx](#)