

MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN LA
UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DREICER ORTEGA LÓPEZ
KAROL JULIANA REALPE LEYTHÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
2019

MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN LA
UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DREICER ORTEGA LÓPEZ
KAROL JULIANA REALPE LEYTHÓN

Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero
Ambiental

Director:
IVÁN ANDRÉS DELGADO I.AF.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
2019

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Nota de Aceptación

Iván Andrés Delgado
Director

Ángela Andrea Molina
Jurado

William Ballesteros Possu
Jurado

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente, por bendecir nuestro camino, darnos sabiduría y fortaleza en los momentos de debilidad, para continuar en este proceso de obtener uno de los sueños más deseados.

A la Universidad de Nariño, la Facultad de Ciencias Agrícolas, y Grupo de Investigación Plan de Investigación para el Fortalecimiento de las Comunidades –PIFIL-, por la constante formación como ser humano y futuros Ingenieros ambientales, cumpliendo a cabalidad los deberes y obligaciones en su alma mater.

Al Magister Iván Andrés Delgado, director del trabajo de grado, gracias por su paciencia, dedicación y amistad; su acompañamiento fue clave en todo el proceso para culminar satisfactoriamente nuestra investigación; y a nuestros jurados Ángela Molina y William Ballesteros, por compartir sus conocimientos e impulsarnos a formar como mejores profesionales.

DEDICATORIA

Imposible no dedicar este trabajo a mí motor emocional, la familia, es gracias al amor, paciencia, trabajo, estímulo y comprensión permanente de mi madre Nancy López, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, a mis hermanos Octavio y Daniela Ortega, en los cuales he encontrado la motivación, fuerza y alicientes extras para lograr los objetivos; en general a todas las personas que fueron el pilar fundamental para conseguir mi propósito.

Dreicer Ortega López.

DEDICATORIA:

A Dios, por su infinita bondad, salud y sabiduría.

A mi familia, que sin ellos no hubiera logrado una meta más en mi proyecto de vida.

Mi madre Nohora Nilsa Léython, tu apoyo incondicional, moral, entusiasmo y tus grandes manifestaciones de amor que me brindaste para seguir adelante y lograr superarme.

Mi padre Efrén Realpe, por tu invaluable apoyo, confianza, y ser motivo de inspiración para lograr mis objetivos.

Mi hermano Oscar Realpe, tu apoyo que son un gran aliciente, tu cariño inmenso y ser en cada momento fuente de luz.

A mis maestros, por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel, de tal forma que lo aprendido sea utilizado en la vida real, Gracias.

Karol Juliana Realpe Léython.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
CONCLUSIONES	20
RECOMENDACIONES.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación universidad de Nariño sede Torobajo.....	7
Figura 2. Toneladas de dióxido de carbono equivalente año 2015...11	
Figura 3. Edificios Universidad de Nariño.....	17
Figura 4. Áreas potenciales para incremento de cobertura arbórea.....	1

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de cálculo de emisiones.....	9
Tabla 2. Consolidado de datos para la estimación de la huella de carbono.....	11
Tabla 3. Comparación de la huella de carbono de la Universidad de Nariño con otras instituciones de educación superior.....	13

Mitigación de emisiones de gases efecto invernadero en la Universidad de Nariño

Greenhouse gas emissions mitigation in the Universidad de Nariño

Dreicer Ortega L.¹; Karol Juliana Realpe L.²; Iván Andrés Delgado V.³

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia, dreicer2013@gmail.com

²Estudiante de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia, juliana1429@gmail.com

³ Ingeniero Agroforestal MSc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia, ivan.delgado@udenar.edu.co

RESUMEN

El cambio climático es la variación del estado del clima que puede deberse a procesos internos naturales como erupciones volcánicas o forzamientos externos como modulaciones de los ciclos solares, o cambios antropógenos; los potenciales efectos para el planeta son enormes en términos de, falta de agua potable, pérdida de la seguridad alimentaria, derretimiento de los polos y como consecuencia aumento en el nivel del mar e incremento en los índices de mortalidad y morbilidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor; estudios realizados por Intergubernamental sobre Cambio Climático - IPCC, afirman que no es un fenómeno sólo ambiental sino que revelan el fuerte impacto generado sobre los sistemas económicos y sociales. Por lo tanto, esta investigación formula estrategias para la mitigación de emisiones de Gases Efecto Invernadero-GEI, en la Universidad de Nariño; con el fin de contribuir significativamente a la reducción de impactos ambientales adversos. Se desarrolló mediante la aplicación de la metodología “Protocolo de Gases Efecto Invernadero”, que permitió definir una línea base para la contabilización y reporte de GEI. El procesamiento y análisis de la información se trabajó con la herramienta “Matriz HC-MVC”; Se evaluaron cuatro fuentes de emisión (consumo de combustible, adquisición de energía eléctrica, papel y residuos sólidos). Los resultados para el año 2018 reflejan que la institución emite 469,62 tCO₂eq. El empleo de papel representa el menor porcentaje 0,29%, mientras que el consumo de energía eléctrica 36,92%, siendo la fuente con mayor aporte,

como consecuencia de su importancia para el desarrollo operacional.

Palabras clave: Cambio climático, huella de carbono, compensación, sustentabilidad.

ABSTRACT

Climate change is the variation of the climate due to natural internal processes such as volcanic eruptions or external forcing such as modulations of solar cycles, or anthropogenic changes; the potential effects are enormous in terms of lack of drinking water, loss of food security, melting of the poles, increase in sea level and increase in mortality and morbidity rates due to floods, storms, droughts and heat waves. Studies carried out by the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC affirm that it is not only an environmental phenomenon, but also a strong impact on economic and social systems. The objective of this research was setting out strategies for the mitigation of the greenhouse gases –GHG- emissions, carried out in the Universidad de Nariño; with the purpose of contributing significantly to the reduction of adverse environmental impacts. This was developed through the application of the "Greenhouse Gas Protocol", which allowed the definition of a GHG baseline accounting and reporting. The processing and analysis of the information was carried out with the tool "HC-MVC Matrix", where four emission sources were evaluated (fuel consumption, acquisition of electrical energy, paper and solid waste). The results 2018 show that the institution emits a total of 469.62 tCO₂eq. Paper represents the 0.29%, while the electricity consumption 36.92%, being the source with the greatest contribution, as a consequence of its importance for operational development.

Keywords: Climate change, Carbon footprint, compensation, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en la conferencia de las partes realizada en París, reconoce al cambio climático como un problema global, que representa una amenaza urgente con efectos potencialmente irreversibles para las sociedades humanas y el planeta. En este sentido, afirma que para reducir los riesgos y efectos de este fenómeno se requiere de la cooperación global, con el fin de lograr la reducción de las emisiones mundiales de GEI. Así mismo, se propone mantener el aumento medio de la

temperatura mundial por debajo de 2° C con respecto a los niveles preindustriales (Naciones Unidas acuerdo de París, 2015).

Ante esto, el incremento de los GEI es uno de los grandes problemas en el medio ambiente, causantes del cambio climático que ha sido percibido en los distintos sucesos climáticos en el transcurso del tiempo (Fernández, 2014); estudios realizados por IPCC (2013), revela los efectos de este fenómeno sobre los sistemas físicos y biológicos, e influencia sobre las zonas costeras, cultivos, humedales, páramos entre otros. De igual forma, los cambios de temperatura, fuertes lluvias y los prolongados períodos de sequía observados durante los fenómenos del niño y de la niña, afectación del comportamiento de los ecosistemas, provocando el desplazamiento y extinción de especies.

Con lo anterior, Hostos & Ortiz, (2016), sostienen que la deficiencia en la implementación de estrategias de mitigación de GEI aunado a los efectos del cambio climático, trae consecuencias severas sobre los sistemas naturales, donde se puede evidenciar la alta vulnerabilidad en el deteriorando de recursos naturales y la biodiversidad, así mismo, a nivel socioeconómico, amenazas contra la salud pública, disponibilidad del recurso hídrico, seguridad alimentaria y la productividad industrial, entre otros. Todos estos factores impactan de manera significativa a la economía del país, por daños en la propiedad, pérdida de cosechas, costos de seguridad social, desempleo, migración de la población afectada entre otros (Calderón *et al.*, 2014; IPCC, 2013).

En este contexto, la incorporación de estrategia de mitigación por la institución, contribuye significativamente a solución de problemáticas ambientales, mediante la reducción de impactos adversos asociados al cambio climático, a través de acciones puntuales, postulando la estimación de GEI por medio de la huella de carbono corporativa, de tal manera, que permita contribuir significativamente al pilar ambiental de la sostenibilidad (Díaz, 2012). Simultáneamente, la Universidad verá reflejados múltiples beneficios económicos, en términos de minimización de costos, asociados a la mejora continua en eficiencia energética, menor consumo de combustibles y mejor aprovechamiento de recursos y materias primas (Millán & Narváez, 2015).

Por consiguiente, estimar y reportar las emisiones de GEI producidos por actividades diarias de consumo de energía eléctrica, papel, combustibles y generación de residuos sólidos, se convierte en un indicador fiable y aplicable a la institución, el cual permite, ejecutar los cambios necesarios en sus operaciones, de tal forma que posibilite la mejora continua de los procesos, que garanticen responsabilidad y gestión de aspectos ambientales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013). El presente estudio tuvo como objetivo, identificar y analizar las fuentes de emisión de GEI en la Universidad de Nariño, con el fin de definir estrategias de mitigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio. La investigación se realizó en la Universidad de Nariño sede Torobajo, cuenta con una extensión de 10,2 ha, localizada entre las con coordenadas geográficas $1^{\circ}13'55''\text{LN}$ y $77^{\circ}17'35''\text{LO}$, del municipio de San Juan de Pasto, Nariño – Colombia.



Figura 1. Ubicación de la Universidad de Nariño sede Torobajo.

Protocolo de gases efecto invernadero “GHG protocolo”.

Para la identificación de las fuentes de emisiones de GEI, se tomó como referente la metodología denominada “GHG Protocol” que fue implementada por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable y por el Instituto de Recursos Mundiales en el 2001, que tiene como meta el establecimiento de bases para la contabilización de emisiones de GEI.

Límite organizacional con enfoque de control operativo.

Se estableció el límite con enfoque de control operacional que considera todos los procesos en los cuales la Universidad tiene control y autoridad para la implementación de políticas, tecnologías o cambios significativos en su funcionamiento. En primera instancia, se determinó las emisiones en la sede Torobajo, considerando que es la unidad principal de la institución, donde están inscritos la mayor cantidad de estudiantes, profesores y administrativos, se encuentra en continuo crecimiento y suma de infraestructura física.

Límite operacional. Se identificaron los siguientes alcances de acuerdo al tipo de emisión; lo cual implicó la identificación de fuentes de emisiones directas e indirectas.

Alcance 1. Emisiones directas. Son incluidas las emisiones asociadas al consumo de combustibles (diésel y gasolina) por el parque automotor de su uso y propiedad.

Alcance 2. Emisiones indirectas. Se incluyeron las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica adquirida.

Alcance 3. Emisiones indirectas. Se incluyeron las emisiones asociadas al consumo de papel, la generación y disposición de residuos sólidos.

Selección año base.

Se estableció un año base histórico, año 2015, determinado por la Autoridad Ambiental Nacional como criterio unificado para estandarizar la información en reporte de emisiones de GEI (Unidad de Planeación Minero Energética, 2015). Además, para este año fue posible contar con información completa y veraz de las fuentes de emisión.

Instrumentos de recolección de información.

Se utilizó las técnicas de solicitud en físico y análisis documental. Para la captura de datos se realizó el diseño de un formato o plantilla mediante la cual se registró toda la información referente a las fuentes de emisión, ésta se gestionó ante la sección de servicios generales, para su posterior revisión de procesos de soporte documentados concerniente al consumo de energía eléctrica (kWh), combustible (gal), cantidad de papel (resmas) y residuos sólidos en (kg) con periodicidad mensual.

Procesamiento y análisis de la información.

Se realizó mediante la herramienta de cálculo de huella de carbono corporativa “HC-MVC” (2014), formulada por la Corporación Ambiental Empresarial y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas. La herramienta utiliza datos de consumo de energía eléctrica, papel, combustible, residuos, etc. Se analizó mediante factores de emisión aplicados a datos de consumo y de tal forma se determinó las emisiones de CO₂eq.

Tabla 1. Metodología de cálculo de emisiones.

Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión de la actividad (FE)	FC
Consumo de combustible	Gal/año	10,45 kgCO ₂ eq /gal	/100 0
Adquisición de energía eléctrica	kWh/año	0,199 kgCO ₂ eq/kWh	/100 0
Uso de papel	Número de hojas/año	0,85 kgCO ₂ eq/1000 hojas	/100 0
Generación de residuos sólidos	kg/año	1,44 kgCO ₂ eq/kg	/100 0

Fuente. Unidad de Planeación Minero Energética, 2015

Las emisiones se calculan con la fórmula 1.

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{DA} * \text{FE} * \text{FC} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Donde:

GEI: Emisiones asociados a una actividad identificada.

DA: Carga ambiental producida por la actividad identificada.

FE: Factor de emisión que cuantifica las emisiones por actividad

FC: Factor de conversión, permite pasar las unidades de kg a Ton.

Evaluación y verificación de la huella de carbono. Se realizó la evaluación y verificación de la huella de Carbono, con base en la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14064. Especificación con orientación a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y remoción de GEI (ICONTEC, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Energía Eléctrica. En el inventario de luminarias realizado en el año 2018, se contabilizó 6436 unidades, distribuidas de la siguiente manera; 435 lámparas LED, 470 lámparas incandescentes, 1093 bombillos ahorradores y 4448 lámparas fluorescentes tubulares. En lo que respecta a equipos de cómputo y herramientas de oficinas, se cuenta con 765 equipos, entre computadores de mesa y portátiles, 119 impresoras Scanner y finalmente 51 teléfonos. A finales del año 2016 se instalaron dos sistemas de generación de energía alternativa contribuyendo a la eficiencia energética de la institución en 46.908 kWh año⁻¹.

Parque automotor de uso institucional. La institución cuenta con un total de 18 vehículos, empleados para el transporte institucional en general. Éstos se distribuyen así: tres camionetas, cinco busetas, dos automóviles, siete buses y un moto; servicios generales es la dependencia encargada de llevar el control de combustible, mantenimiento y reparación del mismo.

Residuos sólidos. La última caracterización de residuos sólidos realizada en 2018 permitió determinar que la institución genera 302 kg diarios, distribuidos así: 45,58% biodegradables, 29,32% reciclables y 25,1% ordinarios. En cuanto a residuos peligrosos RESPEL, se generan aparatos eléctricos y electrónicos, aceites usados, luminarias, pilas, envases, con peso mensual de 151,65 kg. Al igual que los demás residuos, éstos son tratados por EMAS PASTO S.A. E.S.P.

Consumo de papel. Se evidencian dos orígenes: gastos por personal docente y administrativo, la distribución interna de papel es llevada a cabo por el área de almacén y papelería central; anualmente se gastan 1805 resmas aproximadamente; existe gran demanda por los procesos administrativos, relacionado con informes, registros, formatos, comunicaciones, entre otros.

Se realizó la caracterización de las fuentes de emisión definidas en el período 2015 a 2018, a partir de la recopilación de datos mensuales, que constituye el insumo principal para los cálculos de la huella de carbono. En la tabla 2 se muestran los resultados compilados de forma anual.

Tabla 2. Consolidado de datos para la estimación de la huella de carbono

Año	Alcance 1- emisiones directas	Alcance 2- emisiones indirectas	Alcance 3- otras emisiones indirectas	
	Consumo de combustible (gal)	Consumo de energía eléctrica (kWh)	Consumo de papel (Resmas 1000 hojas)	Residuos sólidos (kg)
2015	13.200	859.440,49	1.085	81.345
2016	15.257	783.189,09	1.081	83.669
2017	12.254	768.023,15	1.615	94.334
2018	14.380	871.450,68	1.580	102.193

Cálculo de la huella de carbono Universidad de Nariño sede Torobajo año 2015-2018.

Los resultados obtenidos muestran el comportamiento de las emisiones en tCO₂eq para cada año definido (Figura 2), de esta manera, es posible determinar que existe una relación directa entre los consumos y el incremento de la huella de carbono. Se obtuvo mayores valores para el año 2018 con un total de 469,62 tCO₂eq, frente al promedio de los años anteriores (2015, 2016, 2017), que denotan un valor de 428,7 tCO₂eq (combustible, energía eléctrica, papel y residuos sólidos) intensificándose en 40,9 tCO₂eq.

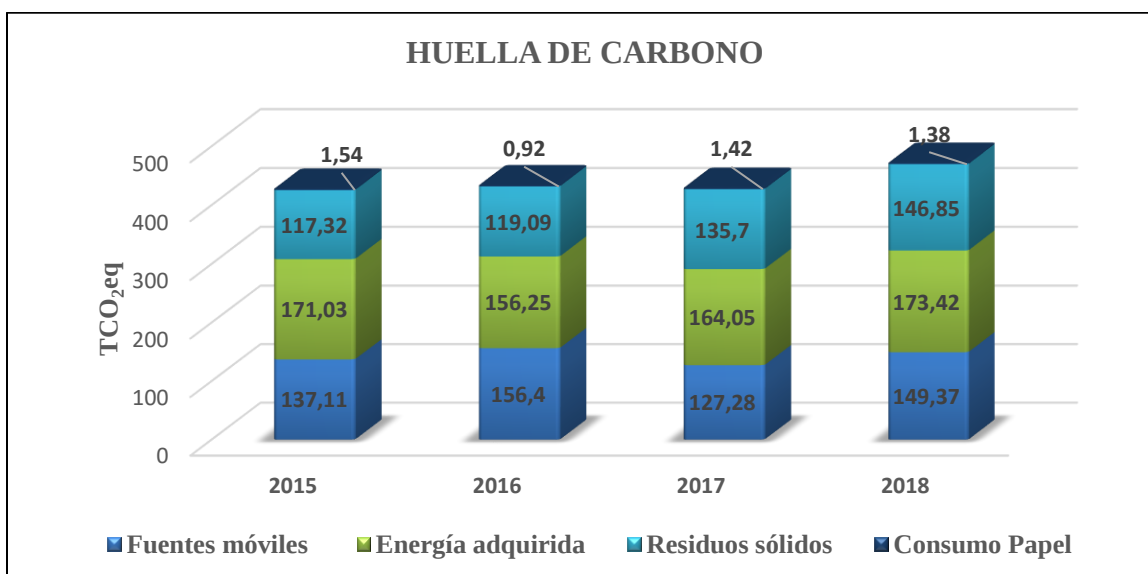


Figura 2. Toneladas de dióxido de carbono equivalente año 2015 a 2018.

Al analizar cada alcance definido, se determinó que la fuente con mayor huella de carbono es el consumo de energía eléctrica como consecuencia de su importancia para el desarrollo operacional de la institución “actividades estudiantiles, profesoraes y administrativas” que requieren del uso de equipos y herramientas de trabajo que emplean el recurso (Rodas, 2014). Además, es válido mencionar que la universidad cuenta con sistemas de iluminación y equipos con baja eficiencia energética y escasas estrategias de educación ambiental entorno al ahorro y uso eficiente de energía, por ende, existe mayor demanda, traducido en el incremento de GEI (Castro, 2015).

Aunque para el año 2016, la Universidad incorporó dos tecnologías para la generación de energías a partir de fuentes renovables, con capacidad de suministrar 46.908 kWh/año, con el potencial de reducción de 9,34 tCO₂eq (Universidad de Nariño, 2017); debido al desarrollo de proyectos de mejora y construcción infraestructural, redes de conducción eléctrica antiguas; no se han obtenido resultados sustanciales en la reducción del consumo energético (Castañeda & Ramos, 2013). No obstante, se puede evidenciar una leve reducción del consumo de energía para los años 2016 y 2017 como resultado de la integración de dicha tecnología, sin embargo, no ha sido posible mantener esa tendencia debido fundamentalmente al incremento continuo en la comunidad universitaria que para el año 2016 era 11.637 y para el 2017 de 12.213, que demanda más servicios, por ende, su mayor consumo (Alcaraz, 2015; Universidad de Nariño, 2017).

Los resultados obtenidos, permitieron estimar un incremento significativo de la generación de residuos sólidos, según Arroyave (2017) y la Universidad de Nariño, (2017) es el resultado de un incremento en la población universitaria que requiere mayor cantidad de servicios. Además, una baja implementación de estrategias para la reducción y aprovechamiento de residuos orgánicos y reciclables se traduce en el aumento de emisiones de GEI presentes en la atmósfera (Alcaraz, 2015).

En relación con el consumo de papel, es la fuente con menor cantidad de emisiones; su valor es poco significativo a comparación con las demás categorías. En la Figura 3 se puede

evidenciar que el empleo de papel fue relativamente bajo en el año 2016, siendo consecuencia de menor impresión, fotocopiado y envío de documentos en las diversas dependencias administrativas y académicas. Blanquer (2012) afirma que la fuente con menor aporte a la huella de carbono es la dedicada al empleo de papel; no obstante, es fundamental que se aborde con la importancia del caso, mediante la integración de estrategias eficaces, siguiendo los principios de mitigación y/o reducción de emisiones.

En la Universidad de Nariño los mayores aportes de GEI a la atmósfera están relacionados con el consumo de combustible, energía eléctrica y residuos sólidos. Concordando con Millán y Narváez (2015), y Hostos y Ortiz (2016), determinaron que las principales actividades que generan emisiones de CO₂ son la iluminación, uso de aparatos eléctricos, la preparación y conservación de alimentos y el transporte institucional en el cumplimiento de labores, funciones administrativas y curriculares.

Teniendo en cuenta los resultados en comparación con otras investigaciones de instituciones, se observa que el total de emisiones emitidas de CO₂ difiere entre universidades. Sin embargo, el alcance 2 (consumo de energía eléctrica adquirida) es la fuente que prevalece con mayor aporte de tCO₂eq. Cabe resaltar que las universidades con mayores emisiones de GEI, evaluaron tres fuentes más, generación de aguas residuales, consumo de gas y viajes aéreos, que aportan significativamente el incremento de la huella de carbono (Rodas, 2014) (Tabla. 3).

Tabla 3. Comparación de la huella de carbono de la Universidad de Nariño con otras instituciones de educación superior

Institución	País	Año calculado	Emisiones tCO₂eq
Universidad nacional de Costa Rica	Costa Rica	2015	9.802,20
Pontificia universidad católica del Ecuador	Ecuador	2017	734,4
Universidad politécnica de Cartagena	Colombia	2017	1.659,40

Es relevante mencionar, que la Universidad de Nariño en contraste con la Universidad politécnica de Cartagena, las emisiones emitidas de GEI relacionadas por la generación de residuos sólidos es significativamente menor, pues la última emitió 30,52 tCO₂eq para el año 2017, mientras que la institución objeto de estudio generó 146,9 tCO₂eq en el 2018. Según Alcaraz, (2015), es el resultado de múltiples acciones y mejoras continuas tendientes al aprovechamiento de recursos y reducción de impactos negativos, fortaleciendo su competitividad y el propósito de consolidarse como centro educativo sostenible.

Evaluación y verificación de la huella de carbono con la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO-14062 para el año 2018.

Se confrontó el proceso del cálculo de la huella de carbono con la Norma Técnica Colombiana ISO 14064, se evidencia que se cumple con los requisitos de diseño y desarrollo del inventario de GEI. No obstante, los requisitos de gestión de la calidad, informe de GEI y la verificación de los resultados de mitigación, quedan a cargo de la Universidad de Nariño para su futuro cumplimiento dado el nivel de decisión y la gestión interna que involucra el cumplimiento de los requisitos restantes.

Alternativas de mitigación de gases efecto invernadero para las fuentes identificadas.

Con lo anterior, se plantearon alternativas cuya intervención esté orientada a la mitigación y/o reducción de la cantidad de GEI definido en un horizonte de 10 años, en tres escenarios corto mediano y largo plazo. Bajo un contexto de viabilidad técnica, económica y ecológica.

Alternativas de mitigación a corto plazo (1-3 años).

Educación en conducción eficiente. La estrategia está orientada a la dependencia de Servicios Generales, donde se desarrollen capacitaciones continuas de estilos habituales de conducción eficiente. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, (2005) con la aplicación de sencillas técnicas se logra un cambio significativo en el estilo de transporte, y a su vez se obtienen ahorros de combustible del orden del 15% y una reducción de emisiones de CO₂ en la misma proporción. Con la implementación de esta alternativa se reducirán **22,41 tCO₂eq**.

Técnicas de conducción eficiente.

- ✓ Empleo de vehículos acorde con el número de pasajeros
- ✓ Acelerador pisado en gran medida (a las $\frac{3}{4}$ partes aproximadamente)
- ✓ Anticipación y previsión del tráfico vehicular
- ✓ Uso del rodaje por inercia con la marcha engranada
- ✓ Apague el motor en paradas prolongadas
- ✓ Reporte fallas o falencias técnico-mecánicas

Aprovechamiento de residuos sólidos. La estrategia está orientada al aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos a partir de la producción de compostaje, específicamente los generados en las áreas de cafetería y restaurante, donde existe mayor volumen y por consiguiente un gran potencial de tratamiento. Por ende, se permita reducir las emisiones de GEI producidos en el relleno sanitario (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015). Se destinará un centro de acopio en la institución para el almacenamiento de los residuos aprovechables, al mismo tiempo, se propone la valorización de materiales reciclables como papel, cartón, plásticos, vidrios, chatarra entre otros aspectos, con empresas recicladoras locales como COEMPENDER E.S.P. organización encargada de transformación de estos materiales. Si la totalidad de residuos sólidos se trataran se reducirán **146,9 tCO₂eq.**

Educación ambiental en uso eficiente y ahorro de la energía. Se propone iniciar un proceso de sensibilización asociada a la formación de buenos hábitos de consumo del recurso, formando a la comunidad universitaria en la importancia del ahorro y uso eficiente de la energía; ante esto, según Guzmán (2017), las capacitaciones llevarían a una disminución en 15% en el consumo de electricidad, por ende, una reducción en la Huella de Carbono. Inicialmente se propone la integración de estudiantes del programa de ingeniería ambiental por ser más afines a este tema, quienes se encargarían de llevar a cabo las capacitaciones con periodicidad mensual, tanto a estudiantes, profesores y administrativos. La implementación de la estrategia reduciría en total **26,01 tCO₂eq** del aporte del consumo eléctrico a la huella de carbono.

Política cero papeles en facultades y oficinas. El concepto “Cero Papel” se relaciona con la reducción ordenada del uso del papel mediante la sustitución de documentos en físico por

soportes y medios electrónicos gracias a la utilización de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's). Para ello, se propone la integración de una política universitaria que posibilite dar cumplimiento a medidas culturales y ambientales, que permitirán mejorar los hábitos y reducir el consumo del recurso, mediante su reúso y el uso de alternativas tecnológicas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013).

En este contexto, para lograr la adopción de la alternativa, se deben realizar procesos de sensibilización a los estudiantes, docentes y administrativos, en las que se darán a conocer las directrices de la política, promoviendo con ello su participación activa y el compromiso con el cumplimiento de las metas establecidas. Es importante mencionar que el Departamento Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales de la institución, ya ha implementado la estrategia con resultados óptimos en sus objetivos.

De esta manera, conforme lo plantea el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, (2015). La adopción de acciones entorno al uso eficiente y ahorro del papel representan un 30% en la reducción de su consumo. Mediante la incorporación de esta estrategia se reducirán **0,42 tCO₂eq**

Alternativas de mitigación a mediano plazo 3-6 años Productos eléctricos certificados con eficiencia energética. La estrategia está orientada a la compra y renovación de aparatos eléctricos para garantizar que los nuevos equipos adquiridos cuentan con la certificación de eficiencia energética regulado por el Sistema Nacional de la Calidad Colombiana, creado para promover los productos eficientes, según esta entidad, los aparatos eléctricos que cuenten con dicha certificación emplean un 45 a 55% menos energía. Con la integración de esta estrategia la institución reducirá **35,22 tCO₂eq**

Los criterios a tener en cuenta para la adquisición de quipos en términos de eficiencia energética son los siguientes:

- ✓ Establece rangos de eficiencia energética para su clasificación
- ✓ Verificar el uso de la etiqueta que informa el consumo energético, características técnicas relevantes y nivel de eficiencia
- ✓ Gráfico de barras de desempeño energético

Sustituir el sistema de iluminación convencional por LED. Considerando el elevado

consumo eléctrico en las operaciones de la institución y su aporte a la huella de carbono; es fundamental la implementación de una tecnología que garantice la reducción en el consumo, traducido en disminución de emisiones de CO₂; las luces LED se convierten en la estrategia más viable, en términos ambientales, técnicos y económicos; cuestan aproximadamente un 70% menos para funcionar que las bombillas incandescentes, y duran aproximadamente seis veces más (Ministerio de Minas y Energía, 2009). La implementación de la estrategia reduciría en total **80,70 tCO₂eq** del aporte del consumo eléctrico a la Huella de Carbono.

Energías alternativas renovables y sostenibles. Esta estrategia está orientada a cambiar progresivamente las fuentes de suministro de energía convencionales por la incorporación continua de tecnologías alternativas como la eólica y solar. Esta medida de mitigación representa un ahorro importante en el consumo de energía eléctrica lo que a su vez se ve representado en reducción de costos económicos asociados a la adquisición del recurso y mitigación de impactos ambientales adversos. La implementación de esta estrategia reduciría en total **57,58 tCO₂eq**

Las áreas (edificios) potenciales para incorporar energías alternativas (Figura. 3), específicamente el uso de paneles solares fotovoltaicos.

Se definió una tecnología alternativa, con el propósito de conocer el potencial de mitigación de GEI asociados a sus características. La oferta comercial se realizó con Iluminaciones Técnicas ILTEC S.A.



Figura 3. Edificios Universidad de Nariño.

Alternativas de mitigación a largo plazo 6-10 años

Incremento de la cobertura arbórea. De acuerdo con Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2004) el incremento de la cobertura arbórea es una de las alternativas de compensación que ayuda a contrarrestar las emisiones de GEI generadas, ya que éstos almacenan el carbono en las raíces y troncos y devuelven oxígeno a la atmósfera. En este contexto, se propone incrementar la cobertura arbórea de la institución en áreas donde sea factible, además, garantiza el disfrute de los efectos positivos sobre las personas como la protección a la radiación solar, la generación de microclima, la belleza escénica, el refugio de aves que armonizan los ambientes.

Teniendo en cuenta la delimitación de las áreas (Figura 4), es posible realizar compensación en el orden de 1,5 ha. Ruiz (2011) afirma que con las especies forestales adecuadas y dependiendo de las condiciones edafoclimáticas, entre otros, en 1 ha pueden captar 6,4 tCO₂ año.



Figura 4. Áreas potenciales para incremento de cobertura arbórea.

De acuerdo con el autor anteriormente citado, se tendría para la institución una reducción de **9,62 tCO₂eq** año.

Compensación de emisiones de GEI a través de bonos de carbono. Como lo citan Méndez y Restrepo (2013) en su documento “Los bonos de carbono y el impacto en la economía colombiana”; son un mecanismo de descontaminación ambiental presentado en el Protocolo de Kioto en 1997 con el fin de aportar soluciones sostenibles que permitan reducir las emisiones de GEI generadas, materializando inversiones en proyectos que mitiguen su impacto. Dichas estrategias han sido incorporadas por organizaciones para reducir emisiones especialmente relacionados con energía, transporte, agricultura y manejo de residuos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es posible realizar compensación de emisiones de GEI asociadas a las actividades propias de la institución. Siendo posible adquirir bonos de carbono en proyectos.

Bonos de carbono proyecto, incorporación de la biodiversidad en el sector cafetero en Colombia. El Programa de compensación de emisiones de GEI “Incorporación de la biodiversidad en el sector cafetero en Colombia” (IBSCC) tiene como objetivo, identificar oportunidades para la conservación y la incorporación de biodiversidad en los paisajes cafeteros en tres zonas de los departamentos de Nariño, Quindío y Valle del Cauca. Para lograr este propósito, el programa promueve la conservación de la biodiversidad, en los paisajes cafeteros del centro-occidente de Colombia, generando incentivos económicos a través de la aplicación de esquemas de Pagos por Servicios ambientales (PSA), que comprometan a los caficultores con el cultivo de café sostenible, ambiental y socialmente.

El proyecto está certificado por ICONTEC se desarrolla con el apoyo del Global Environmental Facility del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD y del Fondo Mundial para la protección del Medio Ambiente, entre otros actores, y que busca la certificación y verificación de 27.000 hectáreas de café con prácticas amigables con el medio ambiente, el establecimiento de 450 hectáreas en corredores de conservación biológica y la capacitación a 11.500 cafeteros y tomadores de decisiones a nivel local. La implementación de esta estrategia reduciría en total **91,00 tCO₂eq**

La mitigación de GEI por parte institución se concebirá mediante un proceso de planificación por fases, poniendo en marcha elementos técnicos claves que propicien el cambio, estableciendo prioridades y metas en función de su viabilidad e investigación existente. Dicha mitigación, se desarrollará de forma gradual en un periodo de 10 años; de 1 a 3 se reducirán **195,74 tCO₂eq**, de 3 a 6 se hará reducción de **173,5 tCO₂eq**, y finalmente a los 10 años **100,62 tCO₂eq**. En ese escenario la Universidad de Nariño tendría la capacidad de compensar el total de emisiones generadas anualmente.

CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio, fue posible determinar que en los procesos desarrollados por la Universidad existen actividades que emiten gases efecto invernadero, los cuales, se contabilizaron y reportaron en diferentes fuentes como el consumo de combustible, adquisición de energía eléctrica, empleo de papel y generación de residuos sólidos. El consumo de energía eléctrica representa el mayor porcentaje 36,92% de emisiones del total cuantificadas, como consecuencia de su importancia para el desarrollo operacional; dicha fuente está bajo el control de la institución, siendo una ventaja para implementar las medidas de mitigación.

En función de los resultados expuestos es de suma importancia que la Universidad de Nariño incorpore alternativas para disminuir las emisiones de GEI, el ahorro energético, aprovechamiento de recursos y el uso de combustibles menos contaminantes son medidas urgentes en lo que concierne a consumos, de la misma manera, juega un papel importante la incorporación de procesos de sensibilización a estudiantes, profesores y administrativos, de tal manera que permita contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono y por consiguiente a la mitigación de impactos ambientales.

Al analizar las alternativas propuestas para reducir la emisión de GEI, las más viables de implementar, son aquellas que están bajo control de la institución, por lo tanto, sustituir el sistema de iluminación convencional por LED y el aprovechamiento de residuos sólidos son las acciones más factibles para disminuir considerablemente la huella de carbono, es necesario resaltar que las alternativas propuestas posibilitan que exista un balance entre la

cantidad de GEI que son liberados a la atmósfera, sea igual a los mitigados, buscando ser “Carbono Neutro”, es decir, que su huella de carbono sea igual a cero emisiones o incluso “carbono positiva” siendo mayor su captura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2015). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodología de compostaje y lombricultura*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 85p.
- Alcaraz, M. (2015). *Reporte Mexicano de Cambio Climático Grupo III Emisiones y Mitigación de Gases Efecto Invernadero*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. 324p.
- Aristizábal, A., Parrado, C. & Monso, D. (2017). *Inventario de gases efecto invernadero en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*. Bogotá D.C., Colombia: Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 15 p.
- Arroyave, L. (2017). *Huella de carbono en el Valle de Aburrá, Medellín, Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad de Colombia y Escuela de Planeación Urbano Regional. 86p.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2013). *Estrategias de mitigación y métodos para la estimación emisiones de gases efecto invernadero las en el sector transporte*. New York Avenue, N.W. Washington D.C., U.S.A., 20577. New York, Washington, U.S.A.:Banco Interamericano de Desarrollo. 138p.
- Benavides, B. & León A. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Subdirección de meteorología. 102p.
- Blanquer, M. (2012). *Aproximación metodológica al cálculo de huella de carbono y huella ecológica en centros universitarios: el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. 208p.
- Calderón, S. Romero, G. Ordóñez, A., Álvarez, A., Ludeña, C., Sánchez, L., De Miguel, C. Martínez, K. & Pereira, M. (2014). *Impactos económicos del cambio climático en Colombia*. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo. 10p.
- Castañeda, V. & Ramos, P. (2013). *Estimación de la huella de carbono de los automóviles de estudiantes, docentes y colaboradores de la universidad ICESI*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad ICESI. 71p.

- Castro, D. (2015). *Cálculo de la Huella de Carbono Bajo la Metodología de Green House Gas Protocol*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. 22p.
- CONPES - Consejo Nacional de Política Económica y Social (2011). *Conpes 3700 - Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia*. Conpes 3700, 75. 1ª ed. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 148p.
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2004). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe, paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Santiago de Chile - Chile. Naciones Unidas. 95p.
- Dávila, F. & Varela, D. (2014). *Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus Sur*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. 90p.
- Díaz, G. (2012). El cambio climático. *Redalyc. Org*. Revistas académicas Instituto tecnológico de Santo domingo XXXVII (2), 2-14.
- Fernández, A. (2014). *Emisión Directa e Indirecta de Gases de Efecto Invernadero y Secuestro de Carbono en los Agro ecosistemas Mediterráneos una Revisión Integrada*. Madrid, España: Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). 20p.
- Guzmán, E. (2017). *Buenas prácticas para el ahorro de la energía en las empresas*. Madrid, España: Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. 43p.
- Hostos, A., & Ortiz, A. (2016). *Cálculo de la huella de carbono para la facultad de artes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 91p.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, (2005) *Manual para la conducción eficiente*. Madrid, España: Proyecto TREATISE de la Comisión Europea. 34p.
- ICONTEC-Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2006). *Gases de efecto invernadero. Parte 1: especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*. 1 º ed. Bogotá, D.C., Colombia. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237. 18p.
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2013). *Sistemas de gestión ambiental. Huella de carbono*. 1ª ed. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 17p.
- Martínez, B. (2015). *Cálculo de la huella de carbono del máster en ingeniería ambiental de la Universidad de Valladolid*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid. 39p.

- Méndez, M. & Restrepo, E. (2013). *Los bonos de carbono y el impacto en la economía colombiana*. Medellín, Colombia: Escuela de ingeniería de Antioquia. 122p.
- Meira, P. & Arto, M. (2014). *Representaciones del cambio climático en estudiantes universitarios en España: aportes para la educación y la comunicación*. Paraná, Brasil: Universidad Federal de Paraná. 33p.
- Millán, A. & Narváez, J. (2015). *Estimación de la huella de carbono de la Universidad Autónoma de Occidente*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente. 20p.
- HC-MVC - Mecanismos de Mitigación Voluntaria de gases de efecto invernadero Colombia. (2014). *Gestión integral corporativa de la huella de carbono. Guía para elaborar inventarios corporativos de gases efecto invernadero*. Bogotá D.C., Colombia: Fundación Natura; CAEM. 2016. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. 48p.
- Ministerio de Minas y Energía. (2009). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de minas y energía. 227p.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013). *Estrategia cero papel*. Bogotá D.C., Colombia. Oficina de las tecnologías de la información y las comunicaciones – Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Bogotá, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 5p.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, (2015). *Buenas prácticas para reducir el consumo de papel*. Bogotá D.C., Colombia: Oficina de las tecnologías de la información y las comunicaciones. 17p.
- Naciones Unidas Acuerdo de París. (2015). *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. Paris, Francia. Plataforma de Durban para una Acción Reforzada Naciones unidas. 40p.
- IPCC- Panel Intergubernamental de Cambio Climático, (2013). *Glosario*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Rodas, S. (2014). *Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. 119 p.
- Ruiz, J. (2011). *La importancia de reforestar*. Recuperado de <http://elsentido.com/noticias/delicias/importancia-de-reforestar/>
- Unidad de Planeación Minero Energética, (2015). *Factores de emisión para los combustibles colombianos- FECOC. Informe final*. Bogotá D.C., Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 26p.

Universidad de Nariño, (2017). Universidad de Nariño en Cifras, Anuario 2016-2017. San Juan de Pasto Nariño, Colombia.: Universidad de Nariño. 214p.

Villalba, D. (2016). Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa. HC – MVC. Bogotá D.C., Colombia: Corporación Ambiental Empresarial y Fundación Natura; CAEM.

