

ESTRATEGIAS DE FORMACIÓN AMBIENTAL PARA MITIGACIÓN DEL CAMBIO
CLIMÁTICO EN EL LICEO DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

LUNA ROSERO ALIRIO SEBASTIAN

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PASTO – NARIÑO

2021

ESTRATEGIAS DE FORMACIÓN AMBIENTAL PARA MITIGACIÓN DEL CAMBIO
CLIMÁTICO EN EL LICEO DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

LUNA ROSERO ALIRIO SEBASTIAN

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AMBIENTAL

Presidente:

IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS I.Af; M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PASTO – NARIÑO

2021

DEDICATORIA

Un hombre sabio dijo un día: “Mientras haya sueños, habrá vida”. En tal sentido, dedico este trabajo a cada una de las personas que me apoyaron en cada paso de esta formación profesional: familiares, profesores, amigos y compañeros; gracias a ellos, este sueño pudo consolidarse, y gracias a ellos siempre hubo, hay y seguirá habiendo vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi hermana, por brindarme su apoyo, disposición, confianza y amor incondicional en cada momento de esta etapa.

A mi asesor y jurados, M.Sc. Iván Delgado, M.Sc. Cristina Luna y M.Sc. Ángela Molina por haber creído en mis capacidades y acompañado en el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos: Mateo, Paola, Lorena y David, quienes a pesar de las dificultades siempre estuvieron presentes y fueron un elemento indispensable e invaluable a lo largo de este camino.

A la Universidad de Nariño, y el Liceo de la Universidad por haberme brindado los elementos, valores y herramientas que contribuyeron significativamente a mi formación como persona y profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
MARCO TEÓRICO.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
Identificación y Cuantificación de las Fuentes de Emisión de GEI.....	28
Generación de residuos sólidos	28
Consumo de energía eléctrica	28
Parque automotor de uso institucional	29
Cálculo de la Huella de Carbono de la Institución.....	29
Diseño de las Estrategias de Mitigación Participativas	32
Taller Participativo 1. Residuos Sólidos	33
Taller Participativo 2. Huella de Carbono.....	35
Taller Participativo 3. Cambio Climático	38
Apropiación y Percepción de los talleres participativos	42
Estado de los Procesos de Educación Ambiental en la Institución	46
Propuesta de la Estrategia de Mitigación para el Fortalecimiento de la Educación Ambiental en el Liceo de la Universidad de Nariño	47
Alternativas de mitigación de gases efecto invernadero.....	49
Aprovechamiento de residuos sólidos.....	49
Educación ambiental en uso eficiente y ahorro de energía	50
Implementación de un plan de movilidad sostenible	51
Incremento de la cobertura arbórea.....	53
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	20
Tabla 2.	30
Tabla 3.	31
Tabla 4.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	20
Figura 2.	23
Figura 3.	24
Figura 4.	28
Figura 5.	30
Figura 6.	35
Figura 7.	37
Figura 8.	42
Figura 9.	43
Figura 10.	44
Figura 11.	44
Figura 12.	48

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la institución educativa Liceo de la Universidad de Nariño, de la ciudad de San Juan de Pasto. Tiene como objetivo evaluar estrategias de formación ambiental para mitigación del cambio climático a través de la medición de gases efecto invernadero (GEI). La medición de estos gases se apoyó en la aplicación de la metodología GHG Protocol, y la elaboración de un plan de capacitación basado en el desarrollo de talleres participativos realizados virtualmente con estudiantes de grado 9° de la misma institución. Como resultado de las mediciones y talleres desarrollados, se encontraron ciertas falencias en el conocimiento de los estudiantes respecto al cambio climático, con lo que se elaboró una estrategia de mitigación de la emisión de GEI y el reforzamiento de la educación ambiental.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye uno de los principales retos para la humanidad, un fenómeno que pasó de convertirse en un discurso netamente científico a un serio debate en torno a la adaptación como una prioridad para la investigación y formulación de políticas (Crate y Nuttall, 2016). Dicha modificación del clima a escala global se atribuye principalmente al aumento de la concentración en la atmósfera de los denominados Gases de Efecto Invernadero (en adelante: GEI), siendo las actividades antrópicas, las principales responsables de esta transformación que actualmente se experimenta.

La evaluación y control de estas emisiones, así como el mantenimiento de los ecosistemas que absorben y almacenan carbono son la base de las medidas de mitigación del cambio climático. Para conocer cuántos y cuáles GEI se emiten a la atmósfera, la comunidad científica internacional agrupada en el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), ha desarrollado metodologías estandarizadas para realizar inventarios nacionales de GEI, permitiendo orientar la toma de decisiones nacional, subnacional y sectorial (Pulido *et al.*, 2016).

Colombia, al firmar y ratificar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se comprometió entre otros temas, a reportar periódicamente en sus Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático y ahora en sus informes Bienales de Actualización, sus emisiones de GEI en cada uno de los cuatro módulos que contempla el IPCC. Estos son: energía, residuos, procesos industriales y el uso de productos (IPPU), agricultura, silvicultura y otros usos de tierra (AFOLU) (Pulido *et al.*, 2016).

En este contexto, para el desarrollo de la metodología de esta investigación, se utiliza el “Protocolo de gases de efecto invernadero” (GHG Protocol), herramienta internacional utilizada para el cálculo y comunicación del inventario de emisiones, la cual permite delimitar las fuentes de emisiones directas e indirectas, mejorar el reporte de información y proveer datos útiles para definir políticas o planes en relación con el cambio climático.

La huella de carbono es un instrumento contable constituido como una subcategoría de la huella ecológica; no obstante, mientras la segunda se emplea como una medida de la degradación ambiental, la primera proporciona una plataforma sólida para comparar resultados en materia de emisiones de CO₂ (Bello *et al.*, 2018). Por lo tanto, la huella de carbono se transforma en un indicador fiable, comprensible y metodológicamente reconocido dentro de los procesos de estimación de los GEI producidos dentro de la institución, y estableciendo al mismo tiempo responsabilidades a nivel personal, académico e institucional.

A su vez, definir estas responsabilidades personales e institucionales requiere apoyarse en la educación ambiental concebida como una herramienta para el desarrollo de aprendizajes significativos, que permita construir conocimiento acerca de las relaciones humanidad-naturaleza, y enseñar y educar al público sobre la función de los entornos naturales y, en particular, cómo los seres humanos podemos gestionar su comportamiento alrededor de una gestión racional de los recursos y la construcción de valores que redunden en beneficio de los ecosistemas (Boca y Saraçlı, 2019).

De tal modo, el presente estudio expondrá un inventario de las principales fuentes de emisión de GEI dentro de la institución educativa Liceo de la Universidad de Nariño durante los años 2018-2019, el cual permita cuantificar dichas emisiones y diseñar estrategias de mitigación participativas que conlleven a la consecución de un medio ambiente sano, digno y apropiado para la comunidad educativa y sus alrededores.

MARCO TEÓRICO

Marco Referencial

El informe de las emisiones de GEI, es un asunto que está empezando a adquirir rigor y a ser implementado a nivel mundial por organizaciones de diferentes sectores, tanto en la producción de bienes como en la prestación de servicios, con el fin de caracterizar sus procesos y establecer qué grado de contaminación están aportando, tanto al sector al cual pertenecen como a nivel mundial. En Colombia, algunas empresas están empezando a medir sus emisiones, como primer paso para la elaboración e implementación de medidas para mitigar el cambio climático, esto se ve señalado en diferentes sectores, tal es el caso del sector institucional (Ortiz y Hostos, 2016); para ello se citan algunos estudios en diferentes universidades del país.

En su estudio “Cálculo de la huella de carbono para la facultad de artes ASAB de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas”, Ortiz y Hostos (2016) enfocan su proyecto principalmente hacia la identificación de las principales actividades que más GEI generan dentro de la institución, estableciendo como objetivo el cálculo de la huella de carbono para las instalaciones de la facultad de artes ASAB de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dicho proyecto se apoyó en la utilización de factores, valores y pautas establecidas por distintas entidades, tales como el PIGA, UPME, IPCC, recomendaciones de la ISO 14064-I y la Organización Internacional para la Estandarización Cuantificación de GEI.

Mediante el estudio realizado se pudo determinar que en la facultad de artes ASAB, las principales actividades que generan emisiones de CO₂ son la iluminación, la preparación y conservación de alimentos, el transporte logístico y la operación de los diferentes talleres los cuales contienen grandes maquinarias generadoras de emisiones.

Siendo el SENA una institución orientada a la búsqueda de un mayor compromiso con el medio ambiente y con propósitos de dar cumplimiento al sistema de gestión ambiental que está desarrollando; Cifuentes (2015), en su estudio “Cálculo de la Huella de Carbono para el Despacho Regional Distrito Capital del SENA”, estableció realizar el cálculo de los GEI que se generan dentro de las instalaciones de la institución, buscando

incrementar dicho compromiso proponiendo alternativas que mitiguen los impactos que ocasionan los GEI al medio ambiente.

El cálculo de la huella de carbono tuvo como fin establecer la huella de carbono para el despacho regional distrito capital SENA, a través de la medición de GEI que emite directa e indirectamente a la atmosfera por desarrollo de sus actividades. Dicho estudio le permitió al SENA identificar las principales fuentes generadoras de GEI y posteriormente tomar decisiones que mejoren su desempeño ambiental, así como también anticiparse a posibles impactos generados por la institución, disminuyendo a su vez los riesgos ambientales asociados a su objeto económico.

En el marco de su Programa Acuerdo de Producción Limpia Campus Sustentable (APL-CS), y a través de su informe “Huella de Carbono Campus Coloso”, la Universidad de Antofagasta (2015), radica el compromiso de medir su huella de carbono corporativa, buscando estimar su huella de carbono con miras de tomar acciones que disminuyan sus impactos, por medio del objetivo de medir la huella de carbono del año 2015 en el Campus Coloso de la Universidad de Antofagasta, para hacer su comparación con los datos del año 2014.

Mediante el estudio realizado se pudo determinar que la Universidad de Antofagasta por concepto de emisión de GEI dejó de emitir 42.56 tCO₂eq/pkm a la atmósfera, debido a la importante rebaja de vuelos nacionales en el año 2015.

Ante ello, expertos en el tema ambiental coinciden en reconocer la educación como una vía para generar conciencia y fomentar comportamientos responsables respecto al manejo sostenible del ambiente; así pues, dentro de un contexto nacional, el Ministerio de Educación atribuye que los procesos educativo-ambientales promueven la aplicación del conocimiento para la comprensión y transformación de las realidades de los estudiantes y contribuyen al fortalecimiento de las competencias científicas y ciudadanas, promoviendo así una reflexión crítica sobre la problemática ambiental y la comprensión de problemas locales, regionales y/o nacionales (Ministerio de Educación Nacional, 2006a).

Marco Conceptual

Cambio Climático

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 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el 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 humanas (IPCC, 2007).

Huella de Carbono

La huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevantes al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes. La propiedad a la que frecuentemente se refiere la huella de carbono es el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero emitida por persona o actividad (Torres, 2015).

Según Pulido et al. (2016), en el Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia, define:

Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un proceso natural y antrópico que hace posible la vida en la tierra, para mantener su balance energético, la tierra debe remitir al espacio, en forma de calor o radiación infrarroja, la energía recibida del sol que calienta la superficie de la tierra. En su estado natural, el vapor de agua, el dióxido de carbono y otros GEI atrapan, absorben y remiten esta radiación, lo que calienta la parte baja de la atmosfera. Este es el llamado efecto invernadero

Gases de Efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antrópicos, 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. Esta propiedad produce el efecto invernadero.

En la atmósfera de la Tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). Hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el Protocolo de Montreal como el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Están clasificados en GEI directos e indirectos.

Equivalente de Dióxido de Carbono

Unidad para comparar la fuerza de radiación de un GEI con el dióxido de carbono. El equivalente de dióxido de carbono se calcula utilizando la masa de un GEI determinado, multiplicada por su potencial de calentamiento global.

Potencial de Calentamiento Global

Factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado.

En la nota técnica proporcionada por el IDEAM, en el documento Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático, Benavides y León (2007), definen:

Gases de Efecto Invernadero Directos

Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados.

Dióxido de Carbono (CO_2).

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 antrópicas y naturales.

Dentro del ciclo natural del carbono, el CO₂ juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos. En relación a las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados, gas natural, leña para generar energía, la tala y quema de bosques.

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 x 10¹² 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 antrópicas de GEI directos. El metano es removido de la atmósfera por reacción con radicales hidroxilos (OH) convirtiéndose finalmente en CO₂.

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

- Las actividades agrícolas.
- Disposición de residuos sólidos.
- El tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas e industriales.
- La producción y distribución de gas natural y petróleo y en la explotación de carbón mineral.

La contribución de la combustión de combustibles a las emisiones globales de metano es mínima y la incertidumbre es alta. El metano es producido en pequeñas cantidades desde la combustión de combustibles debido a la combustión incompleta de hidrocarburos en el combustible. Las emisiones de metano desde fuentes móviles son una función del contenido de metano del combustible motor, la cantidad de hidrocarburos no quemados pasando a través del motor y los controles postcombustión.

Óxido Nitroso (N₂O).

El óxido nitroso se produce por la acción microbiana sobre los compuestos del nitrógeno, sus fuentes incluyen los océanos y ecosistemas tropicales emiten N₂O de forma natural. El

óxido nitroso 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.

La fuente más importante de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas y en menor grado por el consumo de combustibles fósiles para generar energía y las emitidas por descomposición de proteínas de aguas residuales domésticas. Las emisiones de óxido nitroso generadas por los suelos agrícolas se deben principalmente al proceso microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: las directas desde el suelo, las directas de óxido nitroso del suelo debido a la producción animal (pastoreo) y las indirectas generadas por el uso de fertilizantes.

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 antrópico. Durante las últimas tres décadas, las emisiones antrópicas de halocarbonos que contienen cloro y bromo, tal como los CFC han disminuido las concentraciones estratosféricas de ozono. Esta pérdida de ozono en la estratosfera ha tenido como resultado un forzamiento radiactivo 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 (NOx) 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 42 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.

Las actividades humanas no están afectando directamente la concentración media global del vapor del agua; sin embargo, el forzamiento radiactivo producido por el incremento en las concentraciones de otros GEI puede afectar indirectamente el ciclo hidrológico. Una

atmósfera más caliente tiende a incrementar su contenido de vapor de agua lo cual afectará la formación de nubes.

Compuestos Halogenados.

Los halocarbonos tienen efectos sobre el forzamiento radiactivo tanto directos como indirectos. Los clorofluorocarbonos (CFCs), los cuales incluyen el CFC₁₁ (CFC₃) y el CFC₁₂ (CF₂Cl₂) 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 40 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. Estos compuestos también contribuyen al forzamiento del efecto invernadero. La producción de los CFCs ha sido prohibida por el Protocolo de Montreal y sus enmiendas.

Gases de Efecto Invernadero Indirectos

Son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire ambiente de carácter local y en la atmósfera se transforman a gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono (Benavides y León, 2007)

Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

Los óxidos de nitrógeno forman una gran familia de gases traza que se presentan en la troposfera de la Tierra. Ellos se originan en procesos antrópicos (motores de automóviles y por las centrales de energía) y naturales (quema de biomasa, relámpagos y actividad microbiana del suelo). Los compuestos más importantes son: el NO (óxido nítrico), el NO₂ (dióxido de nitrógeno el cual es un gas venenoso color marrón-rojizo que produce un olor muy fuerte).

La suma del NO y el NO₂ es usualmente reportada como NO_x. El NO y el NO₂ son los compuestos inicialmente emitidos, mientras que los otros son productos secundarios resultantes de conversiones atmosféricas. Los óxidos de nitrógeno son GEI indirectos que han sido objeto de políticas ambientales por su rol en la formación de ozono, así como por sus efectos de acidificación directa y porque controlan la concentración de radicales hidroxilos (OH) en la atmósfera. Las actividades de combustión de combustibles son las fuentes antrópicas de NO_x más significantes. Dentro de la combustión de combustibles las más importantes fuentes son las industrias de energía y las fuentes móviles.

Monóxido de Carbono (CO).

En la troposfera, el monóxido de carbono es frecuentemente el principal sumidero de radicales hidroxilos (OH). Es un componente de la amplia variedad de reacciones que oxidan el carbón, nitrógeno y azufre reducido contenido en gases traza. Aunque el CO por sí mismo no contribuye directamente al efecto invernadero, a causa de su influencia sobre los radicales OH, el CO tiene la importancia climatológica ya que su cantidad afecta indirectamente la formación de otros GEI tales como el metano y el ozono troposférico.

Este es un GEI indirecto creado cuando el carbono contenido en los combustibles es quemado incompletamente y posteriormente es oxidado a CO₂ a través de procesos naturales, la mayoría de las emisiones de CO de la combustión de combustibles proviene de los automotores.

Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM).

Estos son GEI indirectos e incluye gases como el butano, propano y etano. Estos compuestos participan, junto a los NO_x, en la formación de ozono troposférico y otros oxidantes fotoquímicos. La mayoría de las emisiones de COVDM de la combustión de combustibles proviene de los automotores. Otro gran contribuyente es el sector residencial (especialmente desde la combustión de biomasa) y los procesos industriales.

Impacto Ambiental

Alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una

disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo (Cruz *et al.*, 2009).

Del mismo modo, IBERDROLA (2017), en su documento “Efectos ambientales de la producción y distribución de energía eléctrica: Acciones para su control y corrección”, profundiza este concepto definiendo:

Impactos Ambientales de la Producción y Distribución de la Energía Eléctrica.

Hasta llegar a su uso final, la energía eléctrica pasa por numerosas fases en cada una de las cuales se acometen actividades con un potencial impacto sobre el entorno. Cabe distinguir entre aquellos impactos que tienen consecuencias a escala global sobre el planeta y aquellos impactos que dejan huella sobre su entorno más inmediato, condicionando de forma más directa la vida de los ciudadanos.

Impactos Ambientales de Alcance Global.

Biodiversidad.

La conservación de la biodiversidad se viene haciendo más difícil a lo largo de los años con el actual desarrollo económico. Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la biodiversidad puede definirse como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos procesos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie entre las especies y de los ecosistemas”. Para diversos actores este concepto comprende también incluye el paisaje y el patrimonio histórico artístico.

Cambio Climático.

El efecto invernadero natural es necesario para mantener un rango de temperaturas que permiten que el planeta tierra sea habitable. El incremento de las emisiones antrópicas (debidas a la actividad humana) de GEI provoca una concentración en la atmósfera de éstos gases superior a la natural, dando lugar, según la opinión mayoritaria de la comunidad científica, confirmado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio

Climático (IPCC) a una variación paulatina de las temperaturas, con las consecuentes alteraciones para numerosos ecosistemas.

Degradación de la Capa de Ozono.

En los años setenta se descubrió que ciertos productos químicos, clorofluorocarbonos, o CFCs, usados hasta entonces como refrigerantes y como propelentes en los aerosoles, dan lugar a la destrucción de la capa de ozono que rodea el planeta tierra. La presencia de CFCs en el proceso de generación de energía eléctrica, se limita a su uso en los equipos de extinción de incendios y en sistemas de refrigeración.

Lluvia Ácida.

La lluvia ácida es un fenómeno ambiental generado por las emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre a la atmósfera. El uso como combustible de determinados tipos de carbones en las centrales térmicas puede dar lugar a la formación de ácido sulfúrico y ácido nítrico (H_2SO_4 y HNO_3 respectivamente) en la atmósfera. La lluvia ácida se forma generalmente en las nubes altas donde el SO_2 y los NO_x reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción.

Impactos ambientales de Alcance Local.

Consumo de Recursos Naturales.

Las diferentes modalidades de generación de energía eléctrica conllevan un consumo de recursos naturales, destacándose el agua, los combustibles fósiles y la energía sobre el resto. El consumo más característico de la actividad es el consumo de combustible, que como se comentó con anterioridad, es utilizado en la fase de generación de energía eléctrica en centrales térmicas convencionales y de ciclo combinado.

Emisiones.

La combustión de combustibles fósiles es una actividad necesaria para la generación de electricidad, esta combustión conlleva emisiones de gases como el CO_2 , el CH_4 , el N_2O , que son gases de efecto invernadero. Además de estos gases, también se generan óxidos de azufre (SO_2 y SO_3), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas, que tienen un importante impacto ambiental sobre el entorno natural y urbano.

Educación Ambiental

La educación ambiental debe ser comprendida como el proceso que le permite al individuo comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural para que, a partir de la apropiación de la realidad concreta, se puedan generar en él y en su comunidad actitudes de valoración y respeto por el ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Educación Nacional, 2003)

Proyectos Ambientales Escolares (PRAE)

Los PRAE son proyectos pedagógicos que promueven el análisis y la comprensión de los problemas y las potencialidades ambientales locales, regionales y nacionales, y generan espacios de participación para implementar soluciones acordes con las dinámicas naturales y socioculturales, siendo la óptica de su quehacer, la formación desde una concepción de desarrollo sostenible (Ministerio de Educación Nacional, 2006b).

Participación

Los procesos participativos resultan de la definición de estrategias de participación social y estas, a su vez, son establecidas por las relaciones entre los actores políticos y sociales implicados y los factores de distinto tipo que pueden facilitar o dificultar esas relaciones (Ramos, 2004). Tales procesos de participación se sustentan bajo la interacción de ciertos factores, los cuales se destacan en la siguiente figura:

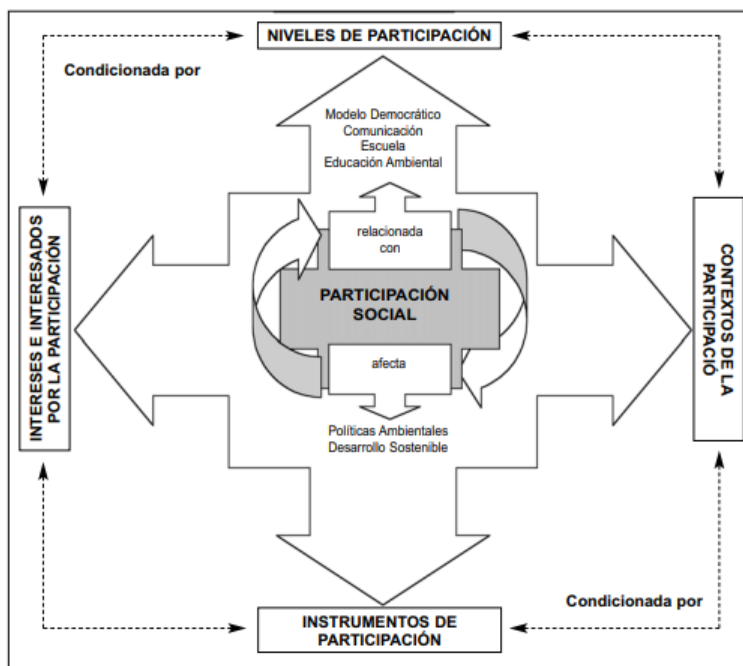


Figura 1. Factores para una estrategia de participación social.
Fuente: (Ramos, 2004).

Marco Normativo

A continuación, se exponen las normas y principios ambientales contenidos en la legislación colombiana alusivos a emisiones atmosféricas y GEI.

Tabla 1. Marco Normativo aplicable a la emisión de GEI.

Internacional	Distrital	Descripción
	Decreto 2811 de 1974	Código de recursos naturales y del medio ambiente Art. 33, 192, 193 Control de ruido en obras de infraestructura
	Ley 09 de 1979	Código sanitario nacional

	Decreto 02 de 1982	Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74 Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas Art. 7 a 9 Definiciones y normas generales Art.73. Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar molestias o daños que interfieran el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales Art. 74. Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera Art. 75. Prevención de la contaminación atmosférica
Protocolo de Gases de Efecto Invernadero	Ley 164 de 1994	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.
Protocolo de Kioto	Ley 99 de 1993	Creación del SINA y se dictan disposiciones en materia ambiental Art.5 Funciones de Ministerio del medio ambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental Art. 31 Funciones de las CAR relacionadas con calidad y normatividad ambiental
	Decreto 948 de 1995	Normas para la protección y control de la calidad del aire
	Resolución 1351 de 1995	Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1
	Resolución 005 de 1996	Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles
	Resolución 864 de 1996	Identifica equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio tributario según art. 170, ley 223 de 1995
	Ley 629 de 2000	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kioto el 11 de diciembre de 1997.

Huella de Carbono y servicios relacionados en SGS	Resolución 0909 del 2008	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.
	Resolución 6524 de 2011	Por la cual se conforma el Grupo Interno de Trabajo sobre Cambio Climático, con el objetivo de facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático
	Ley 54 de 2016	Enfrentar los efectos adversos del cambio climático, mediante la adopción de disposiciones para lograr la adaptación al cambio climático y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero
	Ley 1844 de 2017	Por medio de la cual se adopta el Acuerdo de París adoptado el 12 de diciembre en Paris, Francia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El Liceo de la Universidad de Nariño es una Institución Educativa Oficial, propiedad de la Universidad de Nariño, ubicada en la Calle 5 No. 32A, barrio Villa Campanela, de la comuna 7 de la ciudad de San Juan de Pasto, colindando al oeste con la vía Panamericana.



Figura 2. Ubicación del Liceo de la Universidad de Nariño.

Fuente: Google Earth, 2021.

En términos infraestructurales, la Institución Educativa cuenta con un área aproximada de 12450 m², compuesta por cuatro estructuras: 1. Un bloque principal destinado a estudiantes de bachillerato, personal administrativo y docente, dos laboratorios, dos salas de informática, un salón de música, biblioteca y restaurante; 2. Un bloque destinado a estudiantes de primaria, un auditorio, una sala de informática, un salón de teatro, otro para danzas y otro para orientación escolar; 3. Un salón de artes y 4. Una estructura para celaduría, bodega de implementos deportivos y dos cafeterías.

Enfoque metodológico

La presente investigación es de carácter mixto, en la cual se analizaron y cuantificaron las emisiones generadas por la institución, producto de sus diferentes actividades, con el fin de proponer políticas internas para reducir progresivamente dichas emisiones.

Muestreo

Para el desarrollo de esta investigación, se hizo necesario segmentar la población estudiantil con la que se trabajaría, por tal motivo, se seleccionó como grupo de muestra a los estudiantes pertenecientes al grado noveno de la institución, los cuales cursan como asignatura de flexibilidad, el proyecto de educación ambiental, y se encuentran divididos en 3 subgrupos: 9-1 con 45 estudiantes, 9-2 con 44 estudiantes, y 9-3 con 42 estudiantes.

Aplicación del GHG Protocol

Para el cálculo de las emisiones representativas de la huella de carbono de la institución, se recolectaron datos teniendo en cuenta la metodología GHG Protocol, la cual permite el desarrollo de inventarios de GEI, de acuerdo al procedimiento señalado en la Figura 3.

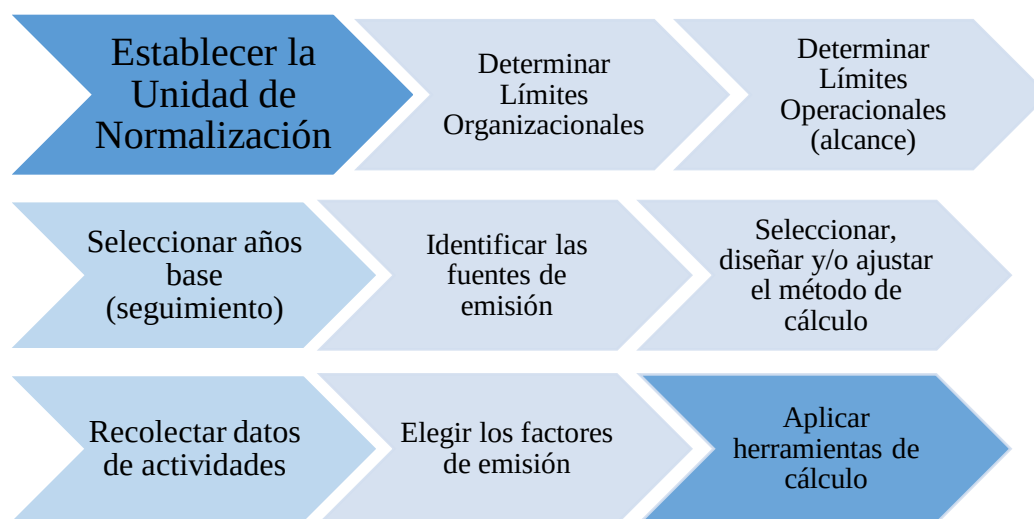


Figura 3. Procedimiento para el Cálculo de la Huella de Carbono según la metodología GHG Protocol.

Establecimiento de límites de análisis

Límites organizacionales.

Los límites organizacionales para la institución se establecieron bajo el enfoque de control operacional, enfoque que permite controlar y contabilizar las emisiones que genera la entidad producto de las operaciones sobre las cuales tienen control. Por ende, se consideró dentro de los límites organizacionales de la institución, su absoluta infraestructura, constituida como una dependencia de la Universidad de Nariño.

Límites operativos.

Una vez definidos los límites organizacionales, se identificaron las emisiones de GEI, clasificándolas según su alcance.

- **Alcance 1:** Emisiones directas. Emisiones generadas por fuentes propias de la institución y que están controladas por la misma (fuentes móviles). Para el presente estudio de caso se tuvieron en cuenta el consumo de combustibles líquidos por parte del servicio de transporte de la Institución, y de combustibles gaseosos (LPG genérico) para la preparación de alimentos en tiendas y el restaurante.
- **Alcance 2:** Emisiones Indirectas. Emisiones generadas por consumo de electricidad.

Selección del año base

Como años base para el cálculo de la huella de carbono del Liceo de la Universidad de Nariño, se emplearon los años 2018-2019.

Identificación de emisiones de GEI

Se analizaron las principales fuentes de emisiones de GEI generadas en el desarrollo de las diferentes actividades de la institución. Para su identificación, ya determinado el límite operacional, es decir el alcance de las emisiones directas e indirectas para actividades que se desarrollan dentro de los límites organizacionales establecidos, se estableció que las principales fuentes de generación de GEI para la Institución son:

- Emisiones del parque automotor de la entidad
- Emisiones por consumo energético
- Emisiones por consumo de gas natural LPG

Cuantificación de emisiones y estimación de la huella de carbono

Para realizar la estimación de emisiones de los GEI, se utilizó la herramienta desarrollada sobre la plataforma de Microsoft Excel, denominada “Matriz HC_MVC”, la cual fue formulada por la Corporación Ambiental Empresarial CAEM y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. La herramienta adapta los datos del informe global de emisiones emitido por el IPCC, facilitando el cálculo de las emisiones para diferentes años, generando tablas y gráficos que ilustran los cambios y tendencias en las emisiones de la institución en el tiempo.

En la “Matriz HC_MVC” se ingresó la información relacionada a los consumos de energía, gasolina, gas entre otros, permitiendo obtener resultados discriminados por alcance, tipo de fuente de emisión y tipo de GEI incluyendo los seis gases de efecto invernadero especificados en el Protocolo de Kioto (CO₂, CH₄, N₂O, HFC y PFC, y SF₆).

Procedimiento para la estimación de la huella de carbono

Para determinar las emisiones de GEI utilizando la “Matriz HC_MVC”, se introdujeron los datos recolectados durante el proceso de inspección en el módulo de entrada, aplicando parámetros específicos establecidos en dicha matriz. Al introducir y aplicar los parámetros específicos, se aplican factores de emisión directamente a datos de consumo, obteniendo las emisiones de CO₂, tal como se muestra en la Ecuación 1, también aplicable a los gases CH₄ y N₂O. Las emisiones totales se dan en términos de dióxido de carbono equivalente utilizando la Ecuación 2:

$$Emisión (kg CO_2) = C(un) * Factor de Emisión(kg CO_2/un)$$

(Ecuación 1)

$$Emisiones Totales (TM CO_2eq) = \left[C(un) * FE_{CO_2} \left(\frac{kg CO_2}{un} \right) \right] + \left[C(un) * FE_{CH_4} \left(\frac{kg CH_4}{un} \right) * PCG_{CH_4} \right] + \left[C(un) * FE_{N_2O} \left(\frac{kg N_2O}{un} \right) * PCG_{N_2O} \right]$$

(Ecuación 2)

Dónde:

C(un): hace referencia a las unidades en las que se calcula cada consumo considerado

FE: Factor de emisión para cada gas (CO₂, CH₄ y N₂O)

PCG: Potencial de Calentamiento Global por Gas de Efecto Invernadero emitido.

Factores de emisión.

Los factores de emisión dentro de la hoja de cálculo se obtienen de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de GEI; se utilizan fórmulas y valores por defecto para los diferentes factores de emisión.

Interpretación de resultados

Obtenidas las cantidades de emisiones, se analizaron los resultados estableciendo puntos de partida e identificando las mayores fuentes de emisión de GEI en la institución sobre las cuales se podrá actuar para reducir la huella de carbono de la misma y así, proponer acciones de mitigación y/o compensación para reducir o controlar la emisión de GEI en la institución. Dichos resultados obtenidos contaron con un nivel de detalle que involucra:

- Emisiones de GEI totales generadas
- Emisiones de GEI directas e indirectas
- Emisiones de GEI por tipo de fuente de emisión

Desarrollo de la estrategia de formación ambiental

Los datos obtenidos se analizaron y clasificaron según su importancia e impacto dentro de los procesos operacionales de la institución, definiendo una estrategia que mejore, controle y compense los impactos generados dentro de la misma. Tal medida contemplará varias líneas de acción dependiendo del impacto a abordar, incluyendo actividades tales como el mantenimiento de maquinarias, vehículos y equipos, uso eficiente de la energía y combustibles, manutención de las zonas verdes de la institución, sensibilización, entre otras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación y Cuantificación de las Fuentes de Emisión de GEI

- *Generación de residuos sólidos*

Por medio de la revisión de información secundaria proveniente del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la institución durante el segundo semestre del año 2018; se obtuvo la información alusiva a los residuos generados por las instalaciones de la Institución en un término de 15 días, los cuales a su vez fueron clasificados y cuantificados de la siguiente manera:

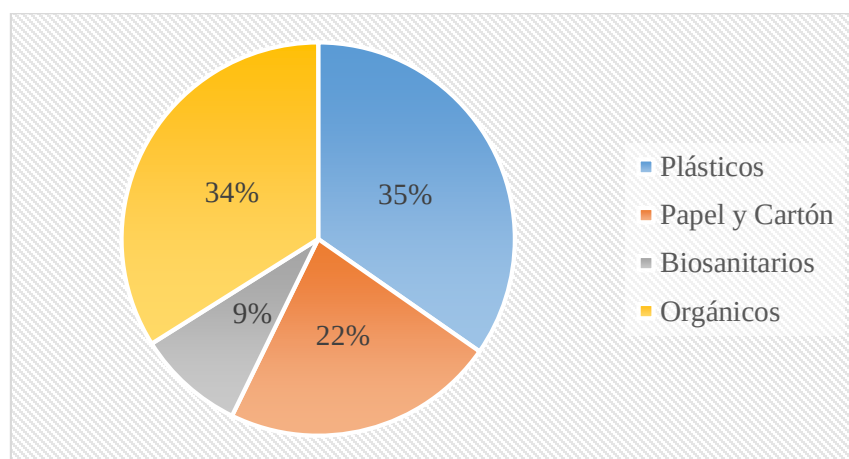


Figura 4. Clasificación de los residuos generados en la institución según su composición.

Una clasificación más sintetizada de esta información, arrojaría un alto porcentaje de aprovechamiento o susceptibilidad de manejo de estos residuos, contando con un 91% que comprende un 57% de ordinarios, y un 34% de orgánicos, datos que guardan semejanza con los obtenidos por Pullupaxi (2019), quién encontró que, en el término de dos semanas, en la Escuela Jesús Ordóñez (Quito, Ecuador), los residuos aprovechables ordinarios representaban un 49%, los orgánicos un 27%, y no aprovechables un 24%.

- *Consumo de energía eléctrica*

De acuerdo al inventario general de luminarias y aparatos eléctricos y electrónicos, la institución cuenta con 808 unidades, distribuidas en 80 lámparas LED circulares, 78 barras LED, 8 bombillos ahorradores y 642 lámparas fluorescentes tubulares. Respecto a equipos de cómputo y herramientas de oficinas, se cuenta con 115 unidades, entre computadores de mesa y portátiles, 14 impresoras, 4 fotocopadoras multifuncionales, 20 televisores y 5 teléfonos, representando un consumo mensual promedio de 2505,83 KWh.

De igual manera, durante el último año de las jornadas educativas en presencialidad (comienzos del año 2020) se dio inicio a un proceso de transición energética respecto a la utilización de luminarias dentro de las instalaciones, empezando inicialmente con pasillos generales y el aula principal de informática en el primer piso del bloque de bachillerato, iniciativa que busca sustituir progresivamente las bombillas de tipo tubular por bombillos LED, cuya vida útil y luminosidad guardan una relación más eficiente, siendo que hasta el momento se ha sustituido el 11% de las mismas.

- *Parque automotor de uso institucional*

La institución cuenta con un servicio integrado de transporte escolar el cual en jornadas laborales normales llega a reportar un consumo de 69 galones (258 L) al mes. Este servicio dispone de cinco vehículos tipo buseta, empleados para el transporte de 75 a 89 estudiantes desde sus hogares a la institución durante la jornada matutina de lunes a viernes, y es administrado por uno de los docentes, quien a su vez se encarga de llevar el control de combustible, mantenimiento y reparación de los vehículos.

Las anteriores, además de otras especificaciones técnicas adicionales del servicio prestado dan cumplimiento al Decreto 174 de 2001, emitido por el Ministerio de Transporte, el cual regula su funcionamiento en cuanto a aspectos como el acompañamiento de un adulto responsable representante del cuerpo docente, adecuación física de los vehículos, vigencia del Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito SOAT y revisión tecnomecánica al día (Ministerio de Transporte, 2001).

Cálculo de la Huella de Carbono de la Institución

Para realizar el respectivo cálculo del indicador, se realizó la caracterización de las fuentes de emisión definidas durante los períodos 2018 y 2019 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 los datos medidos para la estimación de la huella de carbono de la institución.

AÑO	ALCANCE 1- EMISIONES DIRECTAS		ALCANCE 2- EMISIONES INDIRECTAS
	Consumo de combustible (gal)	Consumo de gas GLP (Nm ³)	Consumo de energía eléctrica (kWh)
2018	688	384,48	30260,01
2019	688	384,48	29880,00

Los resultados obtenidos en función del comportamiento de las emisiones en tCO₂eq para cada año de estudio determinado (Figura 5), permiten establecer una relación directa entre el nivel de consumo de las distintas fuentes energéticas y el incremento de la huella de carbono. Haciendo una comparación parcial, se puede apreciar que el factor diferencial dentro del cálculo del indicador de huella de carbono basado en los alcances 1 y 2, es el consumo de energía eléctrica, siendo que las demás variables se consolidan como datos de consumo fijo o poco fluctuante.

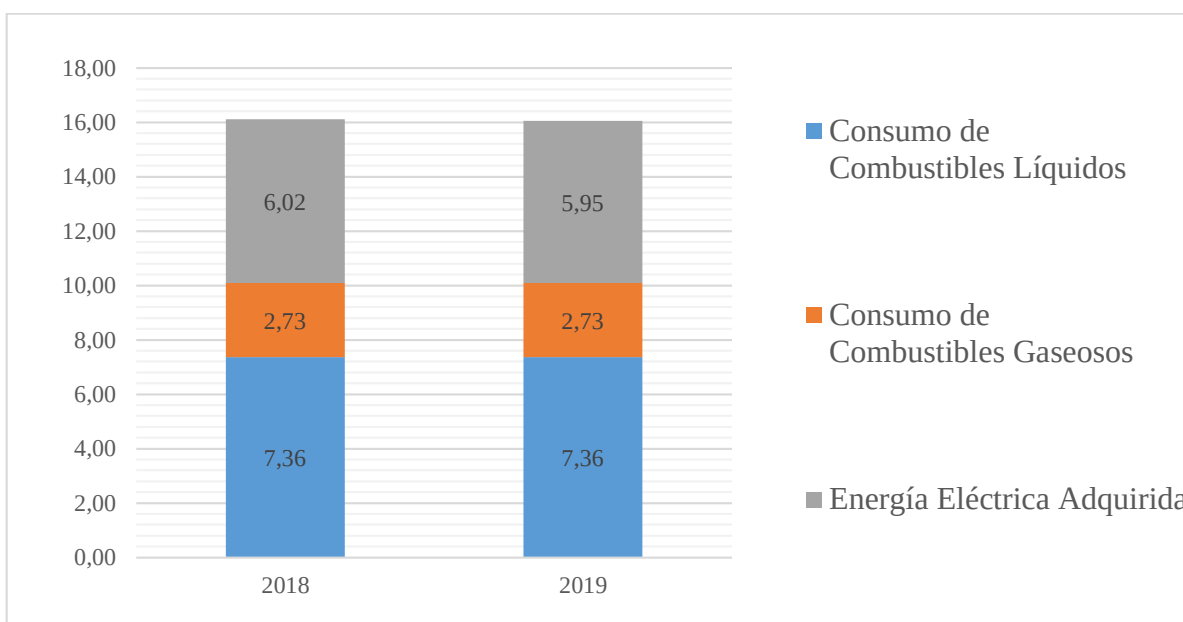


Figura 5. Toneladas de CO₂ equivalente emitidas, años 2018-2019.

De tal modo, se obtuvo mayores valores para el año 2018 con un total de **16,12 tCO₂eq**, frente al último año evaluado 2019, que registra un valor de **16,04 tCO₂eq**, disminuyendo en un 0,5% aproximadamente.

La investigación realizada por Gamarra *et al.* (2018), arrojó que luego de realizar la medición de la demanda acumulativa de energía, agotamiento de los recursos hídricos, y huella de carbono de dos centros de educación secundaria piloto en Madrid, dichos establecimientos aportaban un total de 13 y 12 kgCO₂eq/m²; así, estableciendo una razón “huella de carbono – área” de la institución de estudio se obtiene un acumulado de 1,28 kgCO₂eq/m², permitiendo inferir que en comparación con el estudio citado, la institución se encuentra en una situación favorable.

Teniendo en cuenta dos investigaciones al respecto, 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, aspecto que difiere con el Liceo de la Universidad de Nariño, donde de entre aportes como el consumo de combustibles, energía eléctrica y residuos sólidos, la fuente más significativa es el consumo de combustibles líquidos, producto de la constante demanda diaria del servicio de transporte brindado dentro de la institución (Millán y Rosero, 2015; Ortiz y Hostos, 2016).

Tabla 3. Comparación de la huella de carbono del Liceo de la Universidad de Nariño con otras instituciones de educación media o secundaria.

Institución	País	Periodo calculado	N° de estudiantes	Área (m ²)	Emisiones (tCO ₂ eq)	Fuente
Liceo de la Universidad de Nariño	Colombia	2018-2019	1000	12450	16,04	Este estudio
Colegio Privado Confesional Mi Jesús	Perú	2014-2015	230	590,85	25,36	Torres <i>et al.</i> (2017)
Escuela Miguel Obregón Lizano	Costa Rica	2010-2012	1052	1939,26	85	Morales y Guerrero (2017)
Escuela República de Panamá	Costa Rica	2010-2012	1061	9958,8	47	
Liceo Experimental Bilingüe	Costa Rica	2010-2012	709	32611,7	189	

Teniendo en cuenta los resultados en comparación con otras investigaciones de instituciones de educación media o secundaria (Tabla 3), se observa que el total de emisiones emitidas de CO₂ difiere significativamente entre las mismas, lo que se puede explicar por una serie de limitaciones de tipo metodológico o técnico en las investigaciones relacionadas por cuanto determinan su huella de carbono basados en distintos alcances que excluyen el cálculo

de otras actividades adicionales generadoras de emisiones, y en poblaciones que difieren en el número de estudiantes de cada institución objeto de estudio.

En este sentido, al comparar los resultados del Liceo Experimental Bilingüe, con los del Liceo de la Universidad de Nariño, se puede inferir que existe una variación justificada en aspectos relacionados con el consumo per cápita de recursos por parte del estudiantado y la demanda de iluminación y equipos utilizados asociada al área de los establecimientos. Así pues, sale a luz un patrón el cual Odell *et al.* (2021) también identifican dentro de su investigación, demostrando que el consumo de recursos de electricidad y consumo de agua en instituciones educativas obedece al número de estudiantes de las mismas.

Diseño de las Estrategias de Mitigación Participativas

Una vez identificados los proyectos e iniciativas ya adelantados en materia de educación ambiental, se priorizaron los contenidos relacionados con la huella de carbono, y se realizaron tres talleres participativos (Tabla 4), los cuales brindaron las bases para el diseño de la estrategia de formación ambiental a proponer.

Tabla 4. Esquema de talleres de educación ambiental.

Taller	Nº de estudiantes	Objetivo	Meta
Residuos Sólidos “En busca del lugar ideal”	44	Dar a conocer el manejo adecuado de los residuos sólidos dentro de la institución educativa.	Persuadir al estudiantado respecto a la importancia e impacto que tiene la gestión integral de los residuos sólidos, tanto en sus hogares como en la institución educativa, y su aporte al cambio climático.
Huella de Carbono “Y tú, ¿Qué huella quieres dejar?”	42	Afianzar conocimientos previos respecto a la Huella de Carbono dentro de la institución educativa.	Exponer la utilidad que tiene el indicador de Huella de Carbono como una herramienta empleada para la medición de GEI, así como la importancia del empleo de energías renovables para su mitigación.
Cambio Climático “Es hora de	45	Fortalecer los conocimientos sobre cambio climático dentro de la institución	Construir junto a los estudiantes un espacio de acción y reflexión en torno a las problemáticas ambientales actuales

aceptar el reto” educativa.

El principio fundamental de estos talleres consistió en fortalecer las bases conceptuales ya existentes alrededor de los tópicos planteados, abordando consigo temáticas como el manejo adecuado de los residuos dentro de la institución, la incidencia de los gases de efecto invernadero sobre la huella de carbono, y la situación actual global y nacional en materia de acción climática.

Estos talleres realizados virtualmente buscaron generar una participación activa por parte de los estudiantes, en donde permanentemente aporten sus ideas y perspectivas durante el transcurso de las actividades propuestas, haciendo uso de plataformas y herramientas educativas virtuales tales como “Wheel of Names”, WordWall, Google Forms, Quizizz y Mentimeter. Tales actividades contemplaron:

- Dinámicas rompehielos
- Diagnósticos de evaluación de conocimientos previos
- Actividades lúdicas en torno a la clasificación de residuos sólidos
- Buenas prácticas y hábitos de consumo en sus hogares e institución educativa
- Cuestionarios evaluativos y encuestas de retroalimentación.

Taller Participativo 1. Residuos Sólidos

- “¿Qué son los residuos sólidos?”

La mayoría de estudiantes asocian el concepto de residuo sólido con el concepto de utilidad, ya sea desde la visión de un uso potencial o futuro o el agotamiento de la vida útil de un producto que consumen en su vida diaria; este resultado se asemeja a la definición de residuo aprovechable, según la cual se les reconoce como cualquier material o elemento sólido que no tiene valor de uso, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo (Presidencia de la República de Colombia, 2013, Decreto 2981, Art. 2).

En un caso similar, estudiantes de grado séptimo a noveno de la institución educativa Colegio Rural Pasquilla en Bogotá, a pesar de su cercanía al relleno sanitario Doña Juana, demostraron un conocimiento muy limitado y no poseían una idea concreta de su definición (Rodríguez, 2018), hecho que Piaget (1991) justifica a partir de las acepciones de un pensamiento formal formado a partir de los once o doce años basado en deducir conclusiones que deben extraerse de simples hipótesis y no

únicamente de observaciones reales.

- “¿Cómo se clasifican los residuos sólidos?”

Existe un conocimiento parcial de la clasificación de los residuos, más no se manifiesta de forma general, esto debido a la amplia taxonomía empleada para su clasificación, por tal motivo unos estudiantes reconocían algunas categorías principales (como peligrosos y no peligrosos), otros distinguían subcategorías (biodegradables, reciclables y ordinarios) y otros llegaban a confundir su clasificación con ejemplos puntuales o la combinación de los dos primeros casos antes mencionados.

A su vez, esta problemática se convierte en una dificultad latente al momento de implementar iniciativas y proyectos de gestión ambiental a nivel interno, por cuanto el desconocimiento de un aspecto básico como lo es la clasificación de los residuos, disminuye la significancia de las demás etapas que constituyen un proceso de gestión integral de residuos sólidos dentro de la institución.

En este sentido, Herranz *et al.* (2009) explican esta situación como un problema actitudinal que surge de barreras tales como la falta de espacio para separar los diferentes residuos en el hogar, la falta de contenedores cerca del domicilio, y la falta de tiempo o el desconocimiento de las ventajas que prácticas como el aprovechamiento o el reciclaje tienen a futuro.

- Separación de residuos en la fuente

Se propuso identificar dos ejemplares de residuos según su destino en el contenedor correspondiente; la Figura 6 muestra los resultados obtenidos a partir de la pregunta en cuestión, revelando que, a pesar de existir un conocimiento parcial de las clasificaciones de los residuos sólidos, los estudiantes no supieron relacionarlos con sus contenedores respectivos según el código de colores al cual venían acostumbrados (Verde, gris y azul).

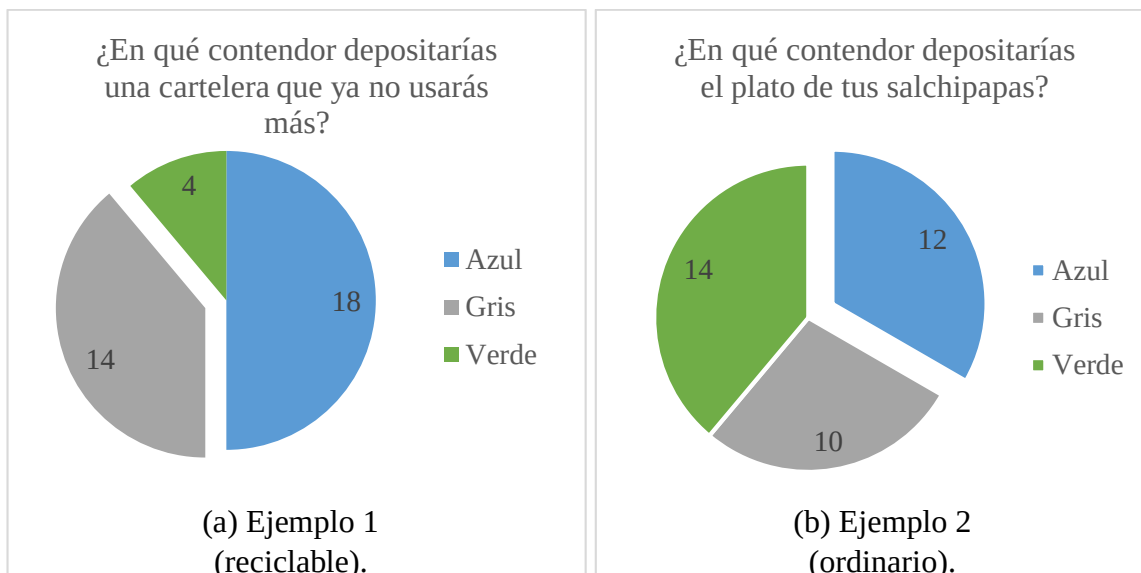


Figura 6. Resultados del ejercicio de separación en la fuente.

Taller Participativo 2. Huella de Carbono

- “¿Qué es la huella de carbono?”

Los estudiantes son capaces de identificar términos relacionados al tema, tales como calentamiento global, gases de efecto invernadero y cambio climático. No obstante (a pesar de predominar el mismo error de conceptualización del taller anterior), existe una idea aproximada a lo que el concepto en sí mismo abarca. Valderrama *et al.* (2011) explican esta situación manifestando que la huella de carbono tiende a convertirse en un sinónimo de los efectos del cambio climático de los individuos, naciones, empresas o productos, impulsado principalmente por un uso generalizado por parte de los medios de comunicación y el público en general.
- “¿Qué gases causan el efecto invernadero?”

Los estudiantes reconocen los gases de efecto invernadero más comunes, tales como el dióxido de carbono, el metano, los compuestos nitrosos (NO_x) y el ozono. Aun así, sale a flote un desconocimiento parcial de los gases que tienen relación con el cálculo de la huella de carbono como indicador ambiental, y que fueron expuestos como objetivo de reducción por parte de 37 países industrializados y la Unión Europea durante el protocolo de Kioto, a saberse: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6).

- “¿Qué actividades determinan la huella de carbono?”

Se encontró que de los 34 estudiantes que respondieron el cuestionario, 6 manifestaron no conocer del tema, 7 de ellos mencionaron correctamente entre sus respuestas actividades puntuales que el indicador evalúa, tales como el consumo de energético, la generación de residuos y el consumo de combustibles fósiles para transporte o maquinaria, mientras que el resto abordaron la pregunta desde el enfoque directo de los gases de efecto invernadero, resaltando entre sus respuestas actividades como la agricultura, la ganadería, mecanismos de extracción y explotación de recursos naturales, y la actividad del sector industrial.

- “¿Qué acciones adelanta la institución para disminuir la huella de carbono?”

De los 34 estudiantes que contestaron el cuestionario, 12 no conocían de alguna iniciativa propia de la institución educativa, mientras que el resto incluyeron en sus respuestas la realización de actividades, jornadas y proyectos de concientización ambiental, la instauración de un “ciclo-paseo” que se organizaba como una estrategia colectiva junto a otros colegios, el fomento permanente de la práctica de la estrategia de las 3R, la siembra de árboles en lugares estratégicos aledaños, y el cuidado de las especies vegetales ya existentes dentro de la infraestructura de la institución misma.

Este interrogante se constituye esencial al momento de evaluar los procesos adelantados en materia de gestión ambiental, por cuanto los estudiantes son testigos fieles del impacto de estas actividades en la comunidad educativa y por tanto su efectividad.

Asimismo, dentro de su investigación, Edel y Ramírez (2006), resaltan la importancia de que los centros educativos asuman su responsabilidad de manera creativa, adquiriendo un compromiso que implique cambios en las pautas de conducta, así como la transición hacia una educación integral donde los alumnos tomen parte activa de las iniciativas institucionales y dejen de ser simples receptores de información y conocimientos, dando paso a una educación para la vida.

- “¿Qué tipos de energía alternativa conoce?”

Una de las disyuntivas más comunes al momento de tomar acción en pro de disminuir o mitigar la huella de carbono es la adopción de energías renovables o energías alternativas como medios de abastecimiento para el desarrollo de las actividades de cualquier empresa, institución u organización. En este sentido, buscando indagar sobre que han escuchado o aprendido en su hogar o colegio sobre este tipo de energías, se les interrogó a los estudiantes cuáles de ellas han escuchado, llegando a obtenerse los resultados ilustrados en la Figura 7.

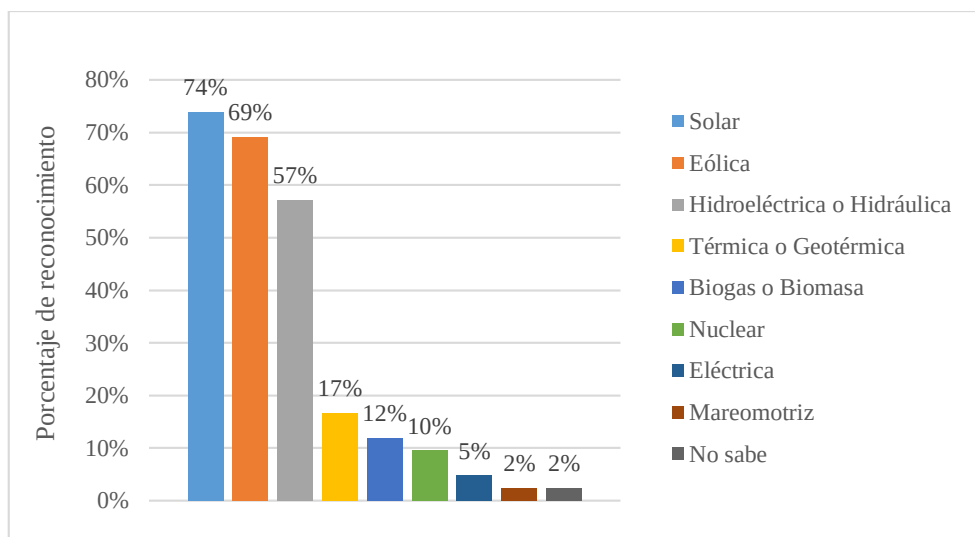


Figura 7. Nivel de reconocimiento de tipos de energías según los estudiantes.

A nivel nacional existe un problema según el cual “la enseñanza de temáticas sobre fuentes de energías renovables no incide de manera significativa en los programas de estudio de los establecimientos educativos o se incorpora de manera muy general y no profundizada” (Ortega y Mayorga, 2018); por esta razón, los resultados obtenidos en la Figura 7 aportan un panorama sobre la popularidad de cada energía y consigo, un marco de aceptación por parte del estudiantado, el cual puede significar un aspecto a tener en cuenta durante la enseñanza o adopción de estas energías (según corresponda) dentro de la institución.

Taller Participativo 3. Cambio Climático

- “¿Qué es el cambio climático?”

Las respuestas obtenidas de los estudiantes arrojaron en su mayoría, acepciones válidas y poco alejadas de la literatura. No obstante, respecto a los contados casos en donde el concepto dado por los interrogados no fue muy claro, Bolaños (2017) sugiere que la incertidumbre de los estudiantes en el tema puede deberse particularmente a la forma en que los medios de comunicación, así como los currículos educativos y los libros escolares utilizan el marco conceptual aportado por investigaciones e informes internacionales en la materia.

- “¿Cree que como país estamos en problemas en materia ambiental? ¿Por qué?”

Se encontró que existe un descontento por la mayor parte de los estudiantes: de 37 estudiantes que respondieron el cuestionario, 34 creen que estamos en problemas, 2 estudiantes consideran que no y 1 se mostró neutral ante ello.

De entre los 37 que asintieron al interrogante, se encontraron posiciones en las que demostraban conocer sobre distintas problemáticas ambientales que aquejan al país, tales como (a) la gestión de residuos, (b) la deforestación indiscriminada, (c) el cuidado de los páramos y ecosistemas estratégicos, (d) el fracking, (e) el tráfico de especies de flora y fauna, (f) la ineficiente administración ambiental institucional y (g) la escasa cultura ambiental de la población. Estas posturas se convierten en preocupaciones comunes dentro de los jóvenes de esta edad, quienes tienen a verse más impactados por el cierto grado de insensibilidad humana:

Lo que más ha impactado a los y las jóvenes ha sido la pérdida del interés de la humanidad por el cuidado y la conservación del ambiente; es decir, la inconciencia humana por seguir afectando y agotando al planeta, asimismo todas las consecuencias que trae este fenómeno: deshielo de los polos, desastres naturales, enfermedades, la destrucción de la capa de ozono, sequías, y de los ecosistemas naturales principalmente. (Espejel y Flores, 2015, pp. 6-7)

Por otra parte, en cuanto a los 2 estudiantes que se manifestaron en contra de la existencia de una situación adversa en materia ambiental, “Nicolás” (estudiante del grado 9-3) argumentó: “yo no creo que como país estemos en problemas porque

Colombia es uno de los países que albergan en biodiversidad y ecosistemas en el mundo”, y basada en un enfoque similar, “Gabriela” (estudiante del grado 9-3) expresó:

No, porque sabiendo que la naturaleza es muy importante para nosotros deberían cuidarlo más para así poder tener un mejor ambiente, pero la triste realidad es otra ya que nosotros no cuidamos nuestro entorno, claro está que en otras partes del mundo la situación es peor, haciendo la comparación con nuestro país nuestro entorno no esta tan mal, pero deberíamos cuidarlo más.

Por último, “Valeria” (estudiante del grado 9-1), quien expresó una posición neutral, manifestó: “creo que nuestro país está en una balanza o equidad, ya que, aunque el gobierno no demuestra mucho entusiasmo con temas ambientales, somos el segundo país en tener la mejor biodiversidad tanto en flora como en fauna.”.

Así las cosas, se puede observar que, en estas últimas opiniones expresadas por los estudiantes, se resalta el potencial natural y ecológico del país, una perspectiva que, aunque válida, desconoce en cierta medida el compromiso social que implica hacer frente a las latentes problemáticas que la mayoría de jóvenes expresaron anteriormente; lo anterior guarda relación con lo obtenido por Marcén y Molina (2006), quienes encontraron que en un 43%, el alumnado asocia al medio ambiente con la naturaleza, y análogamente esboza las problemáticas medioambientales como un conflicto desligado de las esferas sociales, políticas y económicas.

- “¿Sabe de alguna acción que haya adelantado el país o institución para enfrentar el cambio climático?”

Se encontró que el 70% (26 de los 37 estudiantes que respondieron el cuestionario) desconocían de acciones puntuales al respecto, dando a entender que existe un vacío o falencia en el modo en que la administración pública y las instituciones de educación media comunican y dan a conocer los procesos de gestión ambiental que adelantan, esto por cuanto las medidas y compromisos que establecen llegan a tornarse insuficientes o ineficientes, además de no tener un impacto significativo en la percepción de las comunidades.

Dentro de este contexto, sale a la luz un reto en la adjetivación de las políticas

públicas como instrumento público, en donde existe un desentendimiento por parte del gobierno en la responsabilidad de desempeñar cabalmente su función pública, delegándola a terceros (universidades, ONG, consultores privados y empresas, entre otras), que se adjudican la función de responder a las falencias sociales o a las promesas realizadas por el Gobierno en épocas de campaña electoral.

De ahí que, además de constituirse en una dinámica en la que la participación ciudadana es mínima o en algunos momentos inexistente, surge una contrariedad que cuestiona la capacidad del Estado de convertir dichas políticas en un instrumento efectivo, incluyente y empoderador (Arroyave, 2011).

De entre los demás estudiantes que mencionaban conocer sobre algunas acciones adoptadas a nivel gubernamental o educativo-institucional, resaltaron medidas que incluyen: (a) La instauración del proyecto de educación ambiental institucional, (b) Campañas activistas, (c) El compromiso nacional establecido en el acuerdo de París respecto a la reducción de emisiones con horizonte 2030, (d) El desarrollo de proyectos y legislación pertinente, (e) la formulación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y (f) La instalación de puntos ecológicos, el desarrollo de caminatas, ciclo-rutas charlas y seminarios ambientales dentro de la institución.

- “¿Podemos realizar acciones para acabar con el cambio climático? ¿Cuales?”

En un momento inicial, la pregunta fue intencionalmente mal formulada sugiriendo acabar con el cambio climático, cuando el término más adecuado sería “mitigar” o “adaptarse”, aun así, solo dos estudiantes se percataron de ello, con lo que “Valentina” (estudiante del grado 9-1) mencionó acertadamente:

No podemos realizar algo para "acabar con el cambio climático", es un proceso natural de la tierra (por así decirlo), a mi parecer el ser humano aceleró el proceso que tendría que pasar lentamente. Así que, en lugar de eso, lo que queda en nuestras manos, es mitigar un poco lo que ya hicimos o controlar los nuevos avances.

Antes de nada, hay que parar la tala masiva de árboles, plantar más teniendo en cuenta a donde pertenecen, en pocas palabras tenemos que renovar a los

purificadores del aire y dejar de producir tanto gas carbono.

Y por su parte, “Sofía” (estudiante del grado 9-1), añadió:

Sí, creo que es posible frenar el cambio climático, solo que siento que es algo que no tiene vuelta atrás, por lo que nos veremos obligados adaptarnos a este y a aprender a mitigarlo, como: reciclar, plantar un árbol y contribuir a la disminución de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, un estudiante, “Samuel” (estudiante del grado 9-1), se mostró pesimista ante el interrogante, expresando: “Se dice en muchas fuentes que quizás hace 10 años eso hubiera sido posible, en este momento cualquier acción que quizás y llegue a realizar un cambio solo retrasará el final del ambiente y del mundo a su vez”.

No menos importante, los estudiantes restantes demostraron una visión optimista de la situación insinuando actividades como: (a) La desintensificación de la ganadería, (b) El uso de medios de transporte alternativos, (c) El uso de energías renovables, (d) El control en el uso de gases de uso cotidiano, (d) La concientización ambiental, (e) La adopción de buenas prácticas y hábitos cotidianos y (f) La conservación de los recursos naturales.

No obstante, a pesar de que en interrogantes anteriores no se haya mostrado un dominio alto del tema y los conceptos, es reconfortante apreciar lo que los estudiantes reconocen como medios para un cambio futuro, contradicción que Jaén y Palop (2011) califican como interesante al momento de indagar de manera personal a los estudiantes sobre sus actuaciones, señalando que ante este tipo de interrogante desarrollan un interés en mostrarse como ciudadanos modélicos.

Acto seguido, se propuso elaborar conjuntamente una lluvia de ideas (Figura 8) a partir de la pregunta: “¿Qué acciones creen que pueden ayudar a mitigar el cambio climático?”. Esta actividad buscó ahondar en la capacidad propositiva de los estudiantes, llegándose a encontrar que existe un cierto nivel de interés y compromiso frente al conocimiento de prácticas útiles y cotidianas con las que pueden aportar a la mitigación del cambio climático desde su individualidad.

En ese sentido, basándose en la Figura 9, se puede evidenciar que existe una alta receptividad por parte de los estudiantes expresada en un 90% de preferencia como mínimo, distribuida en un 100%, 92% y 91% para los talleres de Residuos Sólidos, Huella de Carbono y Cambio Climático, respectivamente, lo que permitió inferir que estos elementos fueron de vital importancia para el logro de los objetivos planteados dentro de cada taller, llegándose a tornar indispensables al momento de querer captar la atención y motivación palpables dentro del proceso de aprendizaje.

A su vez, este resultado guarda relación con lo planteado por Nilson (2010), quien reafirma que el uso de este tipo de métodos más experimentales asegura una mayor motivación del estudiante, así como un mejor aprendizaje, una mayor apreciación del tema y su utilidad, y una mayor retención de los materiales de enseñanza.

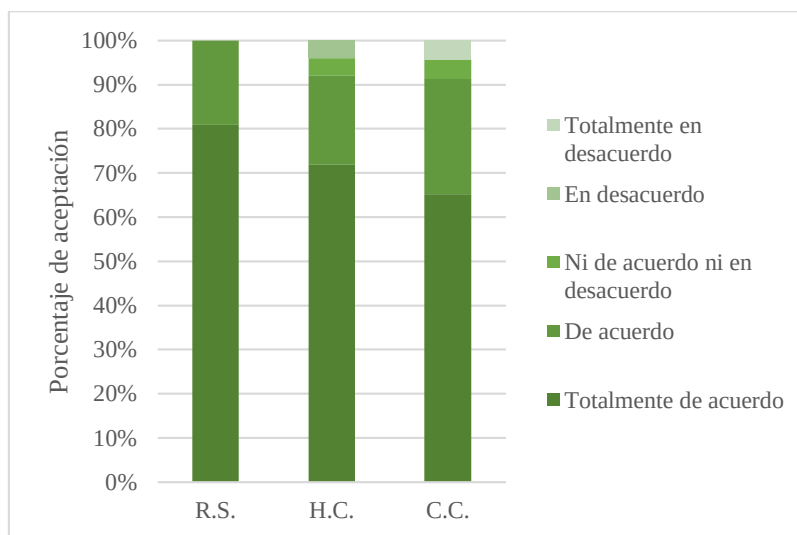


Figura 9. Percepción sobre la relevancia de las dinámicas abordadas en los talleres. Dónde: R.S.: Residuos Sólidos, H.C.: Huella de Carbono y C.C.: Cambio Climático

Otro aspecto tratado durante la evaluación de los talleres fue su organización, haciendo referencia a la presentación y desarrollo de las distintas actividades planeadas para cada taller; consiguientemente, los resultados obtenidos a través de la Figura 10 indicaron que los estudiantes consideraron apropiada la organización de estos, expresando una aceptación del 100%, 88% y 83% para los talleres de Residuos Sólidos, Huella de Carbono y Cambio Climático, respectivamente.

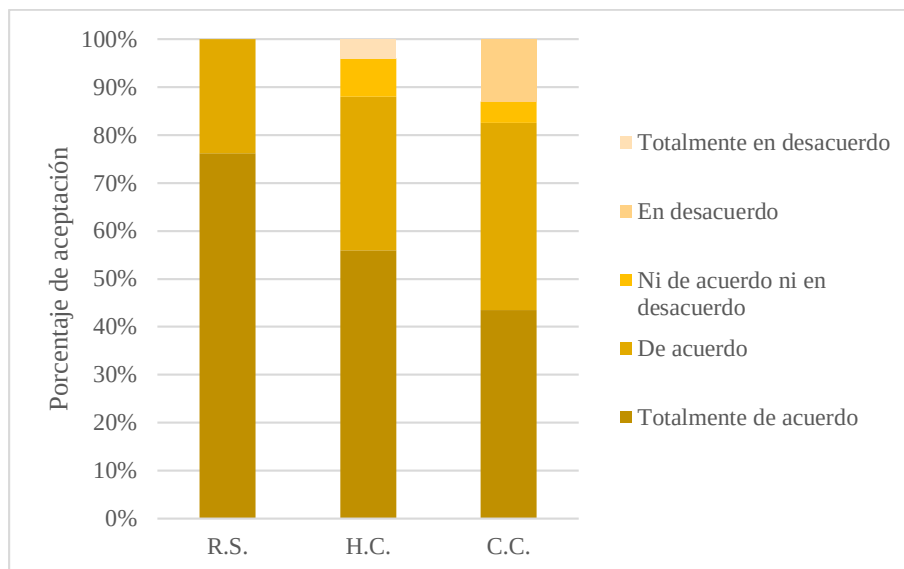


Figura 10. Percepción sobre la aptitud en la organización de los talleres.
Dónde: R.S.: Residuos Sólidos, H.C.: Huella de Carbono y C.C.: Cambio Climático

Por último, la Figura 11. arrojó que los talleres realizados obtuvieron una buena aceptación por parte de los estudiantes, de modo que al menos cerca del 80% consideró que estos cumplieron sus expectativas y los contenidos fueron aprehendidos de manera satisfactoria, siendo el taller sobre Residuos Sólidos (100%) el más impactante y preferido por sobre los de Huella de Carbono (80%) y Cambio Climático (78%).

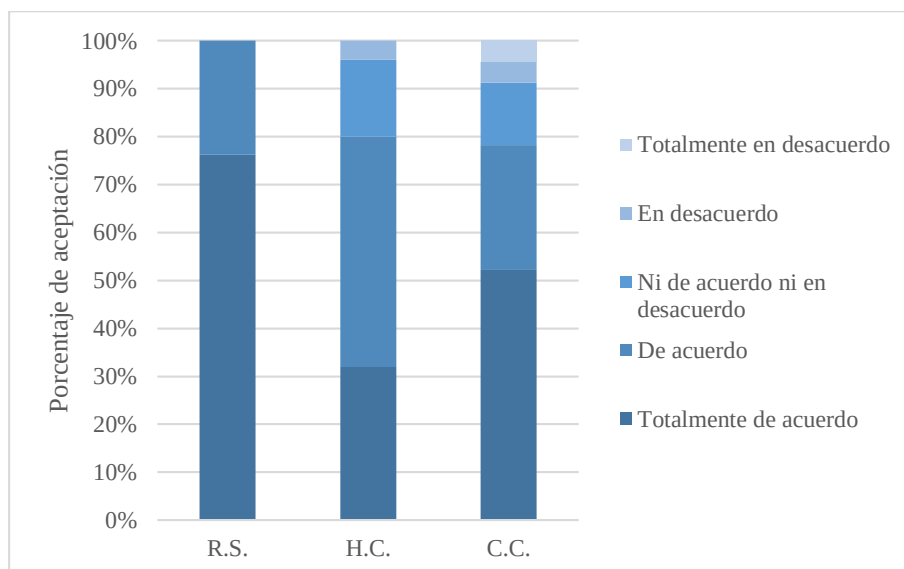


Figura 11. Percepción sobre el cumplimiento de las expectativas de los talleres.
Dónde: R.S.: Residuos Sólidos, H.C.: Huella de Carbono y C.C.: Cambio Climático

En resumen, haciendo un análisis de estos resultados, se encontró que de manera

general, el primer taller realizado (Residuos Sólidos) obtuvo mejores resultados en cuanto a su aceptabilidad, mientras que los talleres restantes disminuían levemente en sus resultados, indicando que estos dos últimos (Huella de Carbono y Cambio Climático) adquieren una mayor complejidad en su entendimiento y comprensión, y por tanto, requieren de una mayor e intensiva planificación al momento de su enseñanza, a diferencia del primero, que abarca un tema más cercano y de común contacto por parte de cualquier individuo.

Para concluir, a través de un interrogante abierto, se buscó indagar sobre los elementos que los estudiantes creerían poder aplicar en su entorno y compartir con la comunidad, con lo que las respuestas obtenidas por parte de ellos permitieron aseverar que los resultados evaluados a manera de compromiso y conciencia ambiental fueron muy significativos para sí mismos, llegándose a manifestar con los siguientes comentarios:

"Pues principalmente me gustó mucho la clase del profe aprendí de una manera muy adecuada, por lo que a uno le lleva a centrar nuestra atención a esta clase tan dinámica como lo hizo el profesor, además aprendí que no todo lo que botamos es prácticamente basura, sino que muchos de estos materiales pueden ser reutilizados para realizar nuevos procesos con estos, como también donde deben ir toda clase de residuos desde inorgánicos, orgánicos, reutilizables entre otros." ("Leonardo", estudiante del grado 9-2)

"Los elementos aprendidos que creo puedo aplicar en mi entorno son que no debemos de dejar aparatos electrónicos conectados mientras estos no estén en un uso, reducir el consumo de carne ya que deberíamos iniciar un cambio hacia dietas basadas en vegetales pues la producción y distribución de carne tiene un impacto perjudicial en las emisiones de gases de efecto invernadero, llevar nuestra propia bolsa cuando compremos, para así evitar usar bolsas de plástico, y por ultimo reducir residuos, para ello será necesario utilizar botellas o tazas reutilizables en lugar de recipientes de un solo uso." ("Alison", estudiante del grado 9-3)

"De lo que aprendí se podría aplicar elementos como algunas acciones ambientales como por ejemplo en el transporte donde seamos capaces de reducir en un gran porcentaje las emisiones de gases de efecto invernadero con algunos otros medios menos hostiles con el planeta y eso lo podríamos hacer por ejemplo utilizando

bicicletas.” (“José”, estudiante del grado 9-1)

No obstante, a pesar de contar con una participación activa del estudiantado basada en la utilización de medios virtuales para el aprendizaje, persiste un factor de distracción u obstrucción del proceso, pues aunque el uso de estas herramientas permite establecer un canal de comunicación permanente, los jóvenes pueden valerse de la Internet para encontrar respuestas textuales a interrogantes planteados, evitando el desarrollo de ejercicios interpretativos o de producción intelectual o en su defecto, distrayéndose en actividades ajenas al trabajo propuesto (Rojas, 2020).

Estado de los Procesos de Educación Ambiental en la Institución

La institución no presenta un PRAE actualizado, sin embargo, se ha adelantado durante un período de más de 15 años, un proceso educativo establecido como una asignatura de flexibilidad y de carácter obligatorio orientada a estudiantes de grado noveno, la cual consiste en el desarrollo de una malla curricular y distintos proyectos de índole ambiental que son ajustados y renovados anualmente, enmarcados dentro de lineamientos establecidos en el manual de convivencia, tales como la misión, visión y principios en donde se resalta la competitividad académica junto con la formación de valores.

A lo largo de la implementación de la educación ambiental, los docentes se han centrado en contextualizar la formación pedagógica en el aula escolar, o un poco más allá al tratarse a nivel institucional, lo cual es muy importante al momento de sensibilizar a los estudiantes y reforzar esa cultura ambiental desde el sitio de trabajo y la vida cotidiana.

De ahí que, tener en cuenta el principio de regionalización permite establecer relaciones de intercambio y apoyo mutuo entre pequeñas comunidades agrupadas en barrios o comunas, aspecto que a su vez, al ser integrado como un mecanismo de difusión dentro de la estrategia a proponer, posibilita superar la barrera institucional e identificar los niveles de afectación a nivel interno (institución) hacia el externo (región) y viceversa fortaleciendo las relaciones intersectoriales al propiciar de manera participativa y conjunta alternativas de solución a sus problemáticas (Barakhsanova *et al.*, 2018).

Otro aspecto importante a tenerse en cuenta, es la adecuación y formulación de modelos educativos alternativos orientados a un aprendizaje más activo y didáctico, aspecto

que Arias (2018) describe como fundamental en la medida que estas didácticas exigen el diseño de estrategias teórico prácticas capaces de instruir y comunicar conocimientos, que contribuyan a formar estudiantes con habilidades y pensamientos críticos reflexivos frente a la protección del medio ambiente.

Así, la importancia del “cómo se enseña” sobre el “qué se enseña”, es un hecho que adquiere relevancia, por cuanto generar espacios extracurriculares destinados al aprendizaje significa una posibilidad de introducir nuevos contextos y preguntas en la que se rompe la rigidez con la que el sistema educativo formal insta a los docentes a dirigir su cátedra (Pérez, 2017). En ese sentido, se torna importante reforzar las conductas de respeto y conocimiento del medio natural y fomentar las actitudes que mejoren la calidad de vida a lo largo de todo el periodo educacional de los estudiantes. (Molinero, 2015)

Por ello, se hace necesario involucrar la Investigación, Acción y Participación (IAP) dentro de los proyectos educativos ambientales, pues al ser un elemento que “favorece en los actores sociales el conocer, analizar y comprender mejor la realidad en la cual se encuentran inmersos” (Colmenares, 2012), se convierte en un engranaje expresado como una construcción colectiva que debe partir en primera instancia del análisis del contexto en relación con la visualización del área afectada, el impacto ambiental y la aplicación de conocimientos y alternativas al impacto a analizar.

Propuesta de la Estrategia de Mitigación para el Fortalecimiento de la Educación Ambiental en el Liceo de la Universidad de Nariño

Con todo lo anterior, procurando un fortalecimiento y enriquecimiento en la comprensión de las problemáticas ambientales actuales, así como una motivación e interés activo por parte de la comunidad educativa en pro de la preservación, y difusión de modelos de vida ecológicamente sostenibles, se formuló una estrategia de mitigación de la emisión de GEI dentro de la institución (Figura 12) a ser implementada en un año lectivo, y sometida a un posterior proceso de seguimiento y evaluación para realización de ajustes y continuidad; dicha estrategia contempla tres líneas de intervención que, dependiendo del aspecto ambiental a abordar están orientadas a:

1. Sensibilización Ambiental: Flexibilizar y propiciar la creación de espacios de

aprendizaje significativos dentro de la comunidad estudiantil.

2. **Gestión y Uso Racional de los Recursos:** Incorporar medidas prácticas para el buen uso, manejo y ahorro de los recursos que la institución requiere para su funcionamiento.
3. **Mantenimiento, Control y Reparación:** Llevar un protocolo de seguimiento y control a aspectos propios del cálculo de la huella de carbono que requieren de medición, así como el cuidado de los bienes físicos y naturales de la institución.

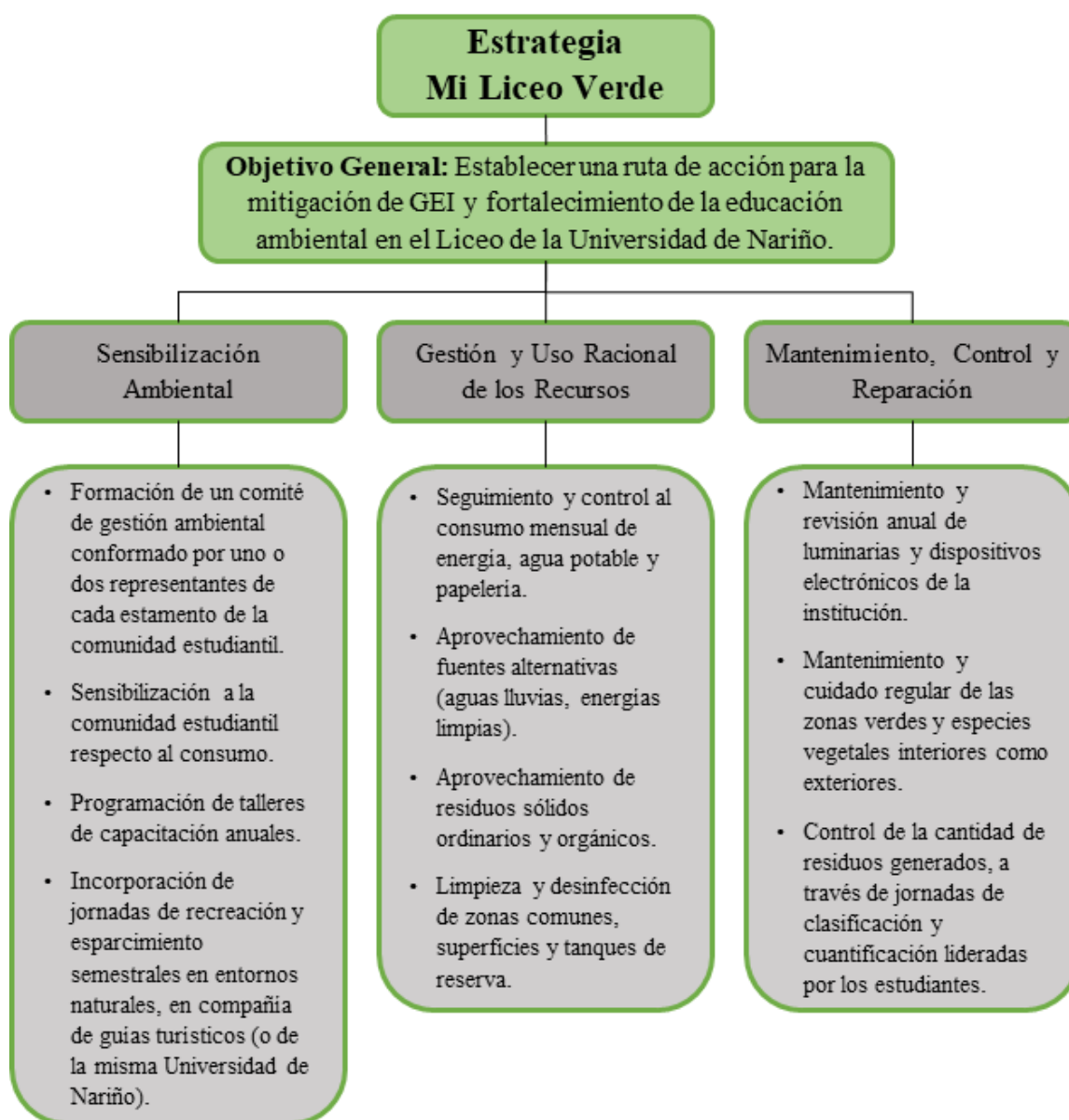


Figura 12. Líneas de acción y actividades contempladas en la estrategia de mitigación formulada.

Alternativas de mitigación de gases efecto invernadero

Una vez establecido un marco de acción por medio de la realización de los talleres, se procedió a proponer alternativas de mitigación acordes con la situación de la Institución, teniendo en cuenta que el éxito en las medidas de mitigación que se formulen y ejecuten a futuro será 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 (Gay *et al.*, 2015).

Con lo anterior, se plantearon alternativas cuya intervención esté orientada a la mitigación y/o reducción de la cantidad de GEI bajo un contexto de viabilidad técnica, económica y ecológica, y susceptibles a ser integrado a manera de proyectos de aula; los cuales se describen a continuación:

Aprovechamiento de residuos sólidos

Dentro del marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, el aprovechamiento se define como el proceso mediante el cual los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente con fines de generar beneficios de tipo sanitario, ambiental, social y/o económico (ICONTEC, 2009), siendo los materiales recuperados, materiales o residuos del tipo aprovechable, encontrándose en este caso de estudio, residuos ordinarios como el papel, cartón y plástico, y residuos orgánicos producto de la preparación y consumo de alimentos o actividades de poda.

En tal sentido, apoyándose en la información obtenida dentro del PGIRS, se tiene que los residuos sólidos orgánicos generados dentro de la institución educativa constituyen un 34% del total identificado y por tanto, poseen un potencial de tratamiento aceptable; por tal motivo, se sugiere como una alternativa, el aprovechamiento de estos orientado a la producción de compostaje o huertos escolares, y a la reducción en los efectos de sobrepresión en el relleno sanitario así como las emisiones de GEI como resultado de su acumulación en un largo plazo.

Ahora bien, en términos de viabilidad técnica y financiera, el acopio de estos residuos requeriría de un área con agua disponible, de fácil acceso, libre de fuentes de contaminación y estratégicamente ubicado, en el que se lleve un control de las actividades que comprenden

el mantenimiento y buen funcionamiento del terreno; por otra parte, Aguilar *et al.* (2017) mencionan que, al analizar los costos de inversión de este tipo de proyectos, se cuenta con que los costos de la construcción de un huerto y una composta escolar son muy bajos, ya que los recursos utilizados son mayormente proporcionados por la misma escuela.

Por otra parte, en cuanto a los demás residuos aprovechables del tipo ordinario (57%), se proponen alternativas consistentes en la valoración o reciclaje de estos materiales, siendo que residuos como el papel, cartón, plásticos, vidrios, chatarra entre otros aspectos, sean recolectados de manera formalizada por empresas recicladoras locales como lo es COEMPRENDER E.S.P., organización encargada de transformación de estos materiales; con lo anterior, cabe añadir que para un adecuado proceso de gestión interna de estos residuos, se requerirá del establecimiento de un centro de acopio en la institución para el almacenamiento y posterior aprovechamiento o recolección de los residuos.

Educación ambiental en uso eficiente y ahorro de energía

En un estudio realizado en la misma institución, se encontró que luego de realizar un análisis sobre la percepción que los estudiantes tenían sobre la educación ambiental, “los estudiantes muestran un afán porque la educación ambiental ayude a asumir valores y actitudes a favor de su ambiente, debido a que, hay una comprensión de la importancia de la misma, para la formación personal, la preservación y el cuidado ambiental” (Angulo *et al.*, 2016).

Dadas las circunstancias anteriores y la prevalencia de un interés y actitud proactiva ante la problemática ambiental por parte de distintas generaciones de la institución, se propone en primera instancia, extender la cobertura de beneficiarios de los proyectos e iniciativas en el marco de la educación ambiental desarrollados en la institución, siendo que apoyados en la integración de estudiantes del programa de ingeniería ambiental de la Universidad de Nariño, se programen capacitaciones con periodicidad mensual abiertas a toda la comunidad estudiantil, comprendiendo estudiantes, docentes y administrativos.

En consecuencia, en vista del estado de los procesos de educación ambiental dentro de la institución y lo anteriormente expuesto, esta alternativa surge con el motivo de fortalecer las competencias adquiridas en el área de ciencias naturales, enfocándose prioritariamente en el núcleo temático ambiental y su incidencia en los procesos de

sensibilización (individual y colectiva) y toma de conciencia sobre las actividades propias de su diario vivir, procurando se promueva el desarrollo de valores sociales ambientales y se fomente la participación de la población en acciones que contribuyan a disminuir sus efectos y controlar la emisión de gases efecto invernadero (González, 2016).

Al mismo tiempo, partiendo de que el consumo de energía eléctrica se constituye de manera general como uno de los conceptos que más aportan al incremento de la huella de carbono, Corona (2018) menciona que este tipo de emisiones son susceptibles a mitigarse al aprovechar los recursos naturales renovables de una manera sustentable, ya sea aprovechando el sol como generador de energía eléctrica u otras tecnologías de generación de energía eléctrica sostenibles; por tanto se propone iniciar un proceso de sensibilización asociada a la formación de buenos hábitos de consumo del recurso, formando a la comunidad estudiantil en la importancia del ahorro y uso eficiente de la energía, y con miras a la adopción de energías renovables en escenarios futuros.

Implementación de un plan de movilidad sostenible

De acuerdo al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), “aproximadamente una cuarta parte de las emisiones globales de CO₂ provienen del transporte de personas y mercancías” (WWF, 2020), por tal motivo, la creación de soluciones de transporte sostenibles se ha convertido en uno de los mayores retos que las ciudades y los territorios en general enfrentan en la actualidad y a su vez, en una gran oportunidad para el desarrollo de las ciudades con bajas emisiones de carbono. En consecuencia, la movilidad alternativa adquiere importancia dentro de la adaptación a los efectos y consecuencias del cambio climático, así como en la formulación de proyectos que den respuesta a este conflicto.

El concepto de "movilidad sostenible" supone un modo de movilidad que asegure el mantenimiento de las condiciones medioambientales, así como el desarrollo de las instancias económicas y sociales actuales, y la satisfacción de las necesidades futuras. De este paradigma de movilidad emergen modos de menor gasto energético -en cuanto a combustibles no renovables- y mínimas emisiones de gases y ruidos, optimizar el funcionamiento de las circulaciones urbanas y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Aquí, la promoción de medios de transporte alternativos al vehículo privado es clave,

asumiendo entonces el transporte público masivo, los traslados a pie y la bicicleta un rol fundamental. (Eliggi *et al.*, 2018)

Por esta razón, partiendo del hecho de que el parque automotor de la institución representa un cargo fijo dentro de la determinación de la huella de carbono, se propone trabajar sobre demás actores que no se incluyen dentro del servicio de transporte, esto haciendo alusión al restante número de estudiantes, la planta docente y administrativos.

En ese orden de ideas, la implementación de un plan de movilidad sostenible dentro de la institución tendrá entre sus actividades de planificación: 1. Identificar qué medios de transporte son los escogidos por cada una de las personas pertenecientes a la comunidad educativa; 2. Segmentar la población de estudio de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas, cercanía a la institución y susceptibilidad a realizar cambios en su modalidad de transporte; y 3. Establecer distintas estrategias que beneficien a cada uno de los grupos anteriormente segmentados. Ejemplo de las estrategias que se podrían incluir dentro del plan, pueden involucrar:

1. La formalización e instauración oficial de las jornadas recreativas en las cuales el colegio hace fomento del uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte;
2. La promoción de una campaña de “Auto Compartido”, consistente en que cualquier persona, docente, estudiante o administrativo que disponga de un auto particular, y se encuentre cerca de otro, se disponga a compartir su vehículo en las jornadas que compartan en común;
3. El establecimiento de un canal de comunicación con dependencias de orden superior de la Universidad de Nariño para la gestión y renovación de recursos físicos ya disponibles, como lo son las actuales bicicletas eléctricas para los estudiantes de menores recursos económicos;
4. La incorporación de un módulo de educación vial dentro de la asignatura de educación ambiental, en el que se trabajen de manera confluida aspectos relacionados con valores como el respeto, la igualdad, la preocupación por el otro y por el entorno, buscando formar ciudadanos participativos que se involucren de manera activa en la búsqueda de soluciones o alternativas en torno a la mejora del mismo.

Incremento de la cobertura arbórea

En aras de hacer frente a las consecuencias del cambio climático, la utilidad y eficiencia de los árboles como medios de adaptación al mismo se ha convertido en una estrategia muy popular alrededor de distintos gobiernos e instituciones a nivel mundial. En ese sentido, autores como Gutiérrez y Fierro (2006) expresan que el aumento en la cobertura arbórea, bajo diferentes asociaciones de árboles, genera beneficios ambientales en torno a la recuperación de las características y capacidad productiva de los ecosistemas y disminuye los efectos deletéreos del clima.

Así las cosas, se puede entender que la una adecuada y activa administración de los activos forestales de una comunidad puede llegar a fortalecer la resiliencia local al cambio climático al tiempo que crea lugares más sostenibles y deseables para vivir, pues en términos de la función reguladora de los árboles se tiene que:

En los árboles el carbono supone en general alrededor del 20 por ciento de su peso. Además de los árboles mismos, el conjunto de la biomasa forestal también funciona como "sumidero de carbono". Por ejemplo, la materia orgánica del suelo de los bosques -como el humus producido por la descomposición de la materia vegetal muerta- también actúan como depósito de carbono. (FAO, 2006)

A su vez, en el marco del seguimiento y control de esta estrategia, Corona (2018) agrega que el secuestro de CO₂ mediante la fijación de carbono en la biomasa arbórea se puede calcular a partir del crecimiento anual de árboles o por el crecimiento en biomasa por hectárea, donde también se pueden plantar nuevos árboles para compensar las emisiones de dióxido de carbono.

En este contexto, previo estudio detallado de las especies más adecuadas para el logro de este objetivo, así como de las condiciones edáficas del suelo predominante en las áreas donde sea factible este proceso de forestación, se propone adelantar un proceso de incrementación de la cobertura arbórea de la institución, en dónde además de contribuir a la mitigación de las emisiones de carbono producidas por la institución, se garanticen otros beneficios ambientales como lo es el servicio de recreación y cultural que representa la cobertura vegetal, como la protección a la radiación solar, la generación de microclima, la belleza escénica y el refugio de aves que armonizan el entorno.

CONCLUSIONES

- La huella de carbono es un indicador de gran utilidad que permite dimensionar las condiciones iniciales de una entidad o institución en términos de emisión de gases de efecto invernadero (cuya eficiencia y precisión depende de los alcances y límites de análisis empleados para su cálculo), y con ello sentar las bases para la planificación de acciones y estrategias encaminadas a la mitigación del cambio climático.
- Dentro de la virtualidad, los estudiantes partícipes de los talleres realizados, demuestran tener concepciones relativamente claras en relación a las problemáticas ambientales expresando su significado a partir de la información y conocimiento adquirido mayormente a través de los medios de comunicación y medios electrónicos; en consecuencia, cuentan con una gran gama de conceptos no definidos o que se confunden con otros relacionados, lo que a su vez puede ser un obstáculo en la construcción de significados nuevos y sistemáticos.
- La incorporación de espacios virtuales de aprendizaje dentro de la educación ambiental requiere de un estricto proceso de formulación y planificación que incluya dentro de su desarrollo, elementos asociados con la creatividad, la incentivación a la participación activa y mecanismos que aludan al juego y la lúdica como un medio de mejor acceso y relación con los estudiantes.
- El acogimiento de una estrategia de mitigación para el cambio climático en una institución de educación básica y media, consiste en un proceso que exige por parte de toda la comunidad educativa, un nivel de compromiso y sinergia en la formulación, planeación, desarrollo y seguimiento de los proyectos e iniciativas contenidos en la misma, lo que incluye la delegación de responsables y responsabilidades, el control de actividades, la evaluación de resultados y el planteamiento de alternativas de mejora continua.

RECOMENDACIONES

- La Institución Educativa debe empezar a consolidar una propuesta para la adopción de un PRAE en el que se definan y establezcan los contenidos temáticos e iniciativas a corto, mediano y largo plazo, buscando potenciar, prolongar y dar más solidez al valor social que aporta el proyecto de educación ambiental dentro de la oferta escolar de la institución.
- La Institución Educativa podría considerar poner en práctica algunas de las alternativas ya propuestas en esta investigación, claro está, teniendo en cuenta sus límites operativos y la disponibilidad de recursos para su implementación, y apoyándose en programas de subsidio públicos o iniciativas no gubernamentales que brinden ayudas técnicas o económicas durante el proceso.
- Para realizar un futuro seguimiento a la huella de carbono de la institución se recomienda llevar un control mensual y detallado de todas las actividades cuyo desarrollo sea significativo dentro de la medición del mismo, tales como el consumo de gas, consumo de combustibles, consumo de papel, cantidad de residuos generados, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M., Lázaro, D. y Morelos, A. (2017). *Implementación de un programa de aprovechamiento de residuos orgánicos en la escuela rural Justo Sierra en San Pedro Tlalcuapan, Tlaxcala*.
http://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3892/huerto_escolar_poster_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Angulo, J., Rosero, C. y Tarapuez, E. (2016). *Desarrollo de la Educación Ambiental desde la Construcción Curricular para un Proceso de Formación hacia un Mejor “Estilo de Vida” en los Estudiantes del Grado Noveno del Liceo de la Universidad de Nariño, Año Lectivo 2015*. <http://sired.udenar.edu.co/4337/1/91536.pdf>
- Arias, C. (2018). *Experiencias Pedagógicas Realizadas por Docentes de Colegios de Educación Básica y Secundaria para la Formación en Educación Ambiental*.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18061/AriasPe%c3%b1aCieloHenith2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Arroyave, S. (2011). Las políticas públicas en Colombia. Insuficiencias y desafíos. *Revista FORUM*. 1(1): 95-111.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/42681/32359-119683-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barakhsanova, E., Vlasova, E., Varlamova, V., Nikitina, E., Prokopyev, M., y Myreeva, A. (2018). Vocational training of school teachers in Yakutia’s universities through the principle of regionalization (case study of the methodology of teaching natural science to prospective teachers). *Revista Espacios*. 39(20): 35-46.
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n20/a18v39n20p35.pdf>
- Bello, M., Solarin, S., y Yen, Y. (2018). The impact of electricity consumption on CO₂ emission, carbon footprint, water footprint and ecological footprint: The role of hydropower in an emerging economy. *Journal of Environmental Management*. 219: 218–230. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.101>

- Benavides, H. y León, G. (2007). *Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*.
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Boca, G., & Saraçlı, S. (2019). Environmental Education and Student's Perception, for Sustainability. *Sustainability*. 11(6): 1553. doi: <https://doi.org/10.3390/su11061553>
- Bolaños, J. (2017). *La enseñanza y el aprendizaje del cambio climático en el aula*.
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/7470/La%20Ensenanza%20y%20el%20Aprendizaje%20del%20Cambio%20Climatico%20en%20el%20Aula.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cifuentes, N. (2015). *Cálculo de la Huella de Carbono para el Despacho Regional Distrito Capital del SENA*.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15634/CifuentesCastellanosNataliaAndrea2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colmenares, A. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*. 3(1): 102-115.
<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.18175/vys3.1.2012.07>
- Corona, A. (2018). *Uso potencial de energía fotovoltaica y el secuestro de CO₂ en biomasa para la neutralización de la Huella de Carbono por el consumo de energía eléctrica en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara*.
http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6030/Corona_Mariscal_Alejandro.pdf?sequence=1
- Crate, S. y Nuttall, M. (2016). *Anthropology and Climate Change. From Encounters to Actions*. 1ra ed. New York: Routledge. 416p. doi:
<https://doi.org/10.4324/9781315434773>
- Cruz, V., Gallego, E. y González, L. (2009). *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*.
<https://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>

- Edel, R. y Ramírez, M. (2006). Construyendo el significado del cuidado ambiental: un estudio de caso en educación secundaria. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. 4(1): 52-70.
<https://www.redalyc.org/pdf/551/55140106.pdf>
- Eliggi, C., Perez, F. y Saldias, C. (2018). *Movilidad sostenible: bici escuela itinerante: Proyecto de promoción de la bicicleta como alternativa de movilidad urbana*.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/91382/Movilidad_sostenible__bici_escuela_itinerante.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espejel, A. y Flores, A. (2015). Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(6): 1277-1290. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n6/v6n6a11.pdf>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2006). *Los bosques y el cambio climático*.
<http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>
- Gamarra, C., Istrate, I., Herrera, I., Lago, C., Lizana, J., Blanco, M., Mafra, C., Rato, R., Becerra, J. y Lechón, Y. (2018). Energy and water consumption and carbon footprint of school buildings in hot climate conditions. Results from Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*. 195: 1326-1337. doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.153>
- Gay, C., Cos, A, y Peña, C. (2015). *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo III: Emisiones y Mitigación de Gases Efecto Invernadero*.
https://www.researchgate.net/profile/Xochitl-Cruz-Nunez/publication/304152455_Reporte_Mexico_de_Cambio_climatico_volumen_I_II_Emisiones_de_gases_de_efecto_invernadero_y_Mitigacion/links/57681bdc08ae8ec97a424050/Reporte-Mexico-de-Cambio-climatico-volumen-III-Emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-y-Mitigacion.pdf
- González, C. (2016). Programa de educación ambiental sobre el cambio climático en la educación formal y no formal. *Universidad y Sociedad*. 8(3): 99-107.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus13316.pdf>

- Gutiérrez, B. y Fierro, L. (2006). *Diagnóstico y Diseño Participativo en Sistemas Agroforestales*. Tibaitatá: Corpoica. 110p.
<https://books.google.com.co/books?id=BvbGLfWw90IC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Herranz, M., Proy, R. y Eguiguren, J. (2009). Comportamientos de reciclaje: Propuesta de modelo predictivo para la CAPV. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*. 10(1): 7-26. http://mach.webs.ull.es/PDFS/Vol10_1y2/Vol10_1y2_b.pdf
- IBERDROLA. (2017). *Efectos ambientales de la producción y distribución de energía eléctrica: Acciones para su control y corrección*.
https://docplayer.es/storage/39/18257136/1620086630/SNJH5mVI9-N_IYt2kwJDJA/18257136.pdf
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2009). *Norma Técnica Colombiana GTC24: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la Separación en la Fuente*.
<http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf
- Jaén, M. y Palop, E. (2011). ¿Qué piensan y cómo dicen que actúan los alumnos y profesores de un centro de educación secundaria sobre la gestión del agua, la energía y los residuos?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 29(1): 61-74.
<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/243823/353426>
- Marcén, C. y Molina, P. (2006). *La persistencia de las opiniones de los escolares sobre el medio ambiente. Una particular visión retrospectiva desde 1980 a 2005*.
https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/articulos-de-opinion/2007_01marcen_tcm38-163503.pdf

- Millán, A. y Rosero, J. (2015). *Huella de Carbono*. <https://campussostenible.org/wp-content/uploads/2017/04/anexo-13-huella-de-carbono-2015.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Educación Nacional. (2003). *Política Nacional de Educación Ambiental SINA*. <https://www.uco.edu.co/extension/prau/Biblioteca%20Marco%20Normativo/Politica%20Nacional%20Educacion%20Ambiental.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional. (13 de febrero de 2006a). *Educación Ambiental Construir educación y país*. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-90891.html>
- Ministerio de Educación Nacional. (13 de febrero de 2006b). *Educación para el desarrollo sostenible*. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-90893.html>
- Ministerio de Transporte. (2001). DECRETO 174 DE 2001. *Por el cual se reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Especial*. Diario Oficial n.º 44318
- Molinero, D. (2015). *Educación Ambiental y Huella de Carbono en la asignatura de “Technologies” 3º E.S.O.*. http://oa.upm.es/39422/1/TFM-Deirdre_Molinero_Poole.pdf
- Morales, A. y Guerrero, M. (2017). Integración de la medición y reducción de la huella de carbono en los centros educativos con el Programa Bandera Azul Ecológica. *Biocenosis*. 31(1-2): 66-71. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1729/1956>
- Nilson, L. (2010). *Teaching at its best: A research-based resource for college instructors*. <http://writeprofessionally.org/how-teach-tpc/files/2018/01/2014-05-02Teaching-at-its-best.pdf>
- Odell, P., Rauland, V. y Murcia, K. (2021). Schools: An Untapped Opportunity for a Carbon Neutral Future. *Sustainability*. 13(1): 46. doi: <https://dx.doi.org/10.3390/su13010046>

- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2009). *Green at Fifteen? How 15-year-olds perform in environmental science and geoscience in PISA*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/42467312.pdf>
- Ortega, J. y Mayorga, J. (2018). *IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES*. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/12903/MayorgaBuchellyJessicaLorena2018.pdf?sequence=1>
- Ortiz, A. y Hostos, A. (2016). *Calculo de la huella de carbono para la facultad de artes ASAB de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5062/HostosOjedaAndr%c3%a9sFelipe2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, I. (2017). *Una propuesta extracurricular para crear conciencia social y medioambiental en la Educación Secundaria Obligatoria*. doi: <http://dx.doi.org/10.30827/Digibug.48045>
- Piaget, J. (1991). *Seis Estudios de Psicología*. 1ra ed. Barcelona: Editorial Labor. 203p. http://dinterrondonia2010.pbworks.com/f/Jean_Piaget_-_Seis_estudios_de_Psicologia.pdf
- PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (2013). DECRETO 2981 DE 2013. *Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo*. Diario Oficial n.º 49010
- Pulido, A., Turriago, J., Jiménez, R., Torres, C., Rojas, A., Chaparro, N., Ortiz, E., Granados, S., Rodríguez, J., Berrío, V., Figueroa, I., Bohórquez, A., Rojas, S., y López, J. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- Pullupaxi, A. (2019). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA ESCUELA JESÚS ORDÓÑEZ*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20392/1/CD%209865.pdf>

- Ramos, J. (2004). Participación social y educación ambiental: Los procesos participativos en las estrategias locales de sostenibilidad. Un Estudio de Caso. *Nuevas tendencias en investigaciones en Educación Ambiental*. 1(1): 83-109.
https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/recursos/documentos/nuevas-tendencias-investigaciones-educambiental_tcm38-167701.pdf#page=84
- Rodríguez, E. (2018). *Análisis de los conceptos de ambiente y residuos sólidos que identifican los estudiantes de grado séptimo, octavo y noveno del Colegio rural Pasquilla en los años 2016-2017*.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14913/Rodr%c3%adguezCocaErnestina2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, C. (2020). *Integración de las TIC a los procesos formativos en educación ambiental como estrategia para la conservación del patrimonio natural*.
<https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/43175/Documento%20de%20Investigaci%c3%b3n%20Cesar%20Rojas%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, B. (2015). *Herramienta web para la medición de la huella de carbono en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena*.
<http://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/11227/2931/1/Proyecto%20Huella%20de%20Carbono.pdf>
- Torres, L., Carbo, N. y López, J. (2017). Huella de carbono y los conocimientos, actitudes y prácticas de los estudiantes y personal del nivel secundario sobre emisiones de gases de efecto invernadero. *Apuntes Universitarios*. 7(2): 54-63. doi:
<https://doi.org/10.17162/au.v7i2.196>
- Universidad de Antofagasta. (2015). *Huella de Carbono Campus Coloso*.
<http://intranetua.uantof.cl/crea/Huella%20de%20Carbono%20CC.pdf>
- Valderrama, J., Espíndola, C. y Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación*

Universitaria. 4(3): 3-12. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062011000300002>

World Wildlife Fund [WWF]. (2020). *Sustainable Mobilty*.
https://wwf.panda.org/projects/one_planet_cities/sustainable_mobility/

ANEXOS

Anexo 1. Guía Taller Residuos Sólidos

Anexo 2. Guía Taller Huella de Carbono

Anexo 3. Guía Taller Cambio Climático

Anexo 4. Formato de Seguimiento a la Huella de Carbono