



ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL MUNICIPIO DE LETICIA –AMAZONAS (COLOMBIA) Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE LAS PRINCIPALES EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

Recibido: Febrero 23 de 2015

Aprobado: Mayo 20 de 2015

Fernando Gutiérrez-Fernández*; **Daniela Campos Bonilla****

*Ph.D. Fernando Gutiérrez-Fernández. Profesor Asociado, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad El Bosque, e-mail: gutierrezluisf@unbosque.edu.co

** Ing. Daniela Campos Bonilla. Grupo de Investigación Agua, Salud y Ambiente. Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad El Bosque, e-mail: dcamposb@unbosque.edu.co

Resumen

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC –por sus siglas en inglés) predice que el promedio de las temperaturas de la superficie terrestre se incrementen entre 1.8°C – 4.0°C para 2100. (UNWTO. 2008. P.4). La OMT reconoce que el sector de turismo y de viajes tiene que adaptarse al cambio climático y a los cambios que se sucederán en el futuro inmediato, para garantizar que los individuos, las comunidades y las naciones continúen recibiendo los beneficios del turismo, incluyendo el desarrollo sostenible en los países menos adelantados. Este es el caso de la ciudad de Leticia, que se encuentra ubicada en el extremo sur de Colombia, a orillas del río Amazonas y es la capital del Departamento y cuya actividad principal es el turismo.

Para lograr calcular la Huella de Carbono de Leticia, que es un indicador que a través de un inventario mide la producción de gases efecto invernadero (GEI) generados por las diferentes actividades de personas, empresas, eventos, gastronomía, etc., se adaptó una metodología ampliamente utilizada para este fin, que es la de GHG protocol.

Mediante dicha metodología se estableció la cantidad de Toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera, por la ciudad de Leticia y la cantidad de contaminación que es atribuible a lo que se ha llamado “Destino Turístico Sostenible”, que es el área de la ciudad con mayor infraestructura hotelera, de restauración y de atractivos turísticos; con el fin de proponer medidas de manejo de GEI de las principales fuentes de emisión y contribuir de esta forma al desarrollo sostenible del turismo y de la ciudad.



Palabras Clave

Cambio Climático, Efecto Invernadero, Huella de Carbono, medidas de manejo.

Abstract

Climate change is a global problem, and currently affects significantly to Colombia, generating increases in temperatures, changes in precipitation, among other negative effects; threatening the lifestyle of many populations, affecting their environment, livelihoods and development. Therefore, this paper aims to show the impact and contribution generated sustainable tourist destination Leticia (STDL).

To achieve the goal, the first step was to conduct a survey of the area of study and identify the main sources of emissions of greenhouse effect gases - GHG (Ground Transportation, Propane Gas Consumption, Water Transport, Air Transport, Consumer Refrigerant Gases in air conditioners, Power Consumption and Solid Waste Generation), then, by means of the tool or indicator "Carbon Footprint", the measurement of the amount of Tons of CO₂ emitted into the atmosphere; data with which the proposed management measures GHG emission main sources DTSL was designed.

This research contributes to the awareness of society on the issue and himself as a side effect, improves their quality of life and positively impacts the various social, economic, and mainly environmental aspects of the study area, contributing in the future to climate change mitigation and sustainable development of Colombia.

Key Words: Climate Change, Greenhouse, carbon footprint, management measures.

INTRODUCCIÓN

Múltiples actividades naturales y antrópicas son las directas responsables del Cambio climático, pero el aumento de la población humana, sus actividades (agricultura, industria, turismo, etc), y así mismo el incremento en la demanda de recursos naturales, ha desplazado al efecto invernadero natural como uno de los principales responsables. Los contaminantes del aire han sido y siguen siendo, los principales factores que contribuyen a las enfermedades crónicas como el asma y enfermedades cardiovasculares (Quijano 2014). La contaminación del aire por material particulado (PM) es un problema mundial y en los últimos años y ha sido sobrepasado por el impacto de la actividad humana, es decir, ha convertido al efecto invernadero antrópico en el principal generador de GEI.

Colombia represento alrededor del 1,5% de emisiones de CO₂e (dióxido de carbono equivalentes) per cápita del 100% a nivel mundial en el año 2008 (ANDI, 2010); aun siendo un porcentaje muy bajo en comparación con otros países industrializados, como Estados Unidos o Brasil, este porcentaje influye en los efectos producidos por la acumulación de GEI en la atmósfera, es decir, en los efectos futuros ocasionados por el cambio climático. Los tóxicos del aire son contaminantes que son conocidos o sospechosos de causar efectos adversos a la salud, los contaminantes del aire difieren en sus características fisicoquímicas, pueden estar agrupados en varias categorías: contaminantes gaseosos como: Ozono, SO₂, NO_x, CO, Compuestos Orgánicos Volátiles, contaminantes orgánicos persistentes, metales pesados y material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) (fino y ultrafino) (Quijano et al 2013).



De acuerdo a las proyecciones, las consecuencias futuras en el país (2050) serán aumentos de la temperatura anual, variaciones en las precipitaciones, desaparición de gran porcentaje de nevados y paramos, y por último, ascensos del nivel del mar, perjudicando el turismo al deteriorar muchos de los atractivos de los que se beneficia la actividad.

La ciudad de Leticia es especialmente sensible al deterioro de la biodiversidad y recursos naturales que ocasiona el cambio climático, ya que es uno de los “hotspots” que se encuentra en la tierra, y que son áreas geográficas que contienen altos niveles de diversidad de especies, pero que están amenazadas de extinción.

Por la importancia biológica que alberga Leticia y por ser su principal actividad el turismo, se seleccionó como caso de estudio para el cálculo de la huella de carbono. Este cálculo va a permitir que los prestadores de servicios turísticos y las diferentes Instituciones públicas, cuenten con una herramienta de gestión con la cual reducir sus emisiones de GEI.

METODOLOGÍA

Para la presente investigación se siguió una línea de tres pasos:

- Establecer una línea base actualizada del destino turístico de Leticia e identificar las principales fuentes de emisiones
- Medir la Huella de Carbono del destino turístico
- Elaborar una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI.

Para establecer la línea base del destino turístico de Leticia se realizó una delimitación geográfica y descripción del destino turístico, de manera participativa, para lo cual se realizó un análisis de involucrados, donde se establecieron sus funciones, intereses, potenciales, limitaciones, y consecuencias, frente al proyecto.

Posteriormente se identificaron las fuentes de emisiones de Gases Efecto Invernadero, dividiéndolas en tres categorías:

Estacionarias o fijas, que incluyen las emisiones generadas dentro de instalaciones o edificaciones; tales como, consumo de energía eléctrica, quema de combustibles para preparar alimentos y calefacción, uso de combustibles en motores y equipamiento, entre otros.

Móviles, que incluyen todas las emisiones de GEI generadas por el transporte de personas y bienes.

Otras Emisiones

Posteriormente teniendo en cuenta la delimitación del destino turístico y la complejidad en la obtención de la información, se realizaron dos mediciones de huella de carbono (para la totalidad del municipio de Leticia y para el área del municipio que se considera Destino Turístico) de la siguiente forma:

Paralelamente se realizó la selección de la metodología del cálculo de la Huella de carbono (HC), con ayuda de la matriz de herramientas metodológicas y finalmente se realizó el cálculo de la Huella de carbono (HC), para ello se

debieron establecer los factores de emisión, de conversión, y las ecuaciones a utilizar, como se muestra a continuación:

Factores de Emisión y de conversión

“Los factores de emisión relacionan de forma numérica los datos de la actividad con las emisiones de GEI. Son característicos de cada fuente de emisión y de cada GEI generado. Los factores de emisión también pueden ser característicos del lugar donde se generan las emisiones” (Huella de Ciudades. 2013). Por esta razón, se deben establecer los factores de emisión y de conversión a nivel nacional; en este caso usaremos diferentes fuentes:

Gases refrigerantes

Para realizar el cálculo de este tipo de gases es necesario establecer los poderes caloríficos de cada uno; para este caso se plantearon los poderes caloríficos de todos los GEI presentes en el DTSL a partir de diferentes fuentes bibliográficas:

Tabla 1. Poderes Caloríficos de los GEI.

| GEI | PODER CALORÍFICO | FUENTE |
|------------------|------------------|---|
| CO ₂ | 1 | Espíndola, C. Valderrama, J. 2012 |
| N ₂ O | 298 | |
| CH ₄ | 25 | |
| R-410A | 1,725 | ASHRAE standard 34 |
| R-22 | 1,810 | PAS 2050,2008 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Espíndola, C., & Valderrama, J., 2012; GHG Protocol, 2005; Rey, C. A., 2014.

Combustibles, Generación y consumo de energía, generación de Residuos Sólidos

Tabla 2. Factores de Emisión

| Combustible/ Actividad | Factor de Emisión | | | Unidades | Fuente de Información |
|-------------------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|---|
| | CO ₂ | N ₂ O | CH ₄ | | |
| Diesel Genérico | 74,01 | -- | -- | kg CO ₂ eq/GJ | ACCEFYN, 2003 |
| Gasolina Genérica | 69,25 | -- | -- | kg CO ₂ eq/GJ | ACCEFYN, 2003 |
| Queroseno | 71.45 | -- | -- | kg CO ₂ eq/GJ | ACCEFYN, 2003 |
| Gas propano (GLP) | 63.02 | -- | -- | kg CO ₂ eq/GJ | ACCEFYN, 2003 |
| Generación eléctrica | 1,2282 | -- | -- | kg CO ₂ eq/kWh | UPME, 2009. |
| Factor de Emisión de MO | -- | -- | 0,003 | m ³ /kg | Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo |



Fuente: Elaboración propia a partir de ACCEFYN., 2003; IPCC., 2001; Aguilar, O. L., 2012; Rey, C. A., 2014.

Ecuaciones de la Huella de Carbono

ALCANCE 1

Consumo de Combustible: Transporte Terrestre

El cálculo de las emisiones generadas por el consumo de combustibles por fuentes móviles se dividió teniendo en cuenta que el transporte terrestre se encuentra en el Alcance 1 y el transporte fluvial y aéreo en el 2. La ecuación del transporte terrestre consiste en:

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de } CO_{2eq}. \\ & = D \times \frac{1 \text{ gal combustible}}{X} \times FE \\ & \times FC \end{aligned}$$

Donde,

D: Distancia recorrida (km)
 X: Distancia recorrida por galón consumido de combustible (km)*
 FE: Factor de emisión del combustible
 FC: Factor de conversión

Consumo de Combustible en Residencias: Gas Propano

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de } CO_{2eq}. \\ & = CON_{gp} \times \frac{(FE_{gp} \times FC_{gp})}{1000} \end{aligned}$$

Donde,

CON_{gp}: Consumo Anual del Gas Propano (m³/año)
 FE_{gp}: Factor de Emisión del gas propano
 FC_{gp}: Factor de conversión del gas propano

ALCANCE 2

Consumo de Combustible: Transporte Fluvial

La ecuación para el transporte fluvial consiste en:

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de } CO_{2eq}. \\ & = D \times \frac{1 \text{ gal combustible}}{X} \times FE \\ & \times FC \end{aligned}$$



Donde,

D: Distancia recorrida (km)

X: Distancia recorrida por galón consumido de combustible (km)*

FE: Factor de emisión del combustible

FC: Factor de conversión

Trayecto por persona: Transporte Aéreo

La ecuación para el transporte aéreo se estableció por trayecto/persona, mediante la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = [(C \times P)]$$

Donde,

C: Cálculo medio de emisiones de CO₂ durante el vuelo por pasajero: 100,52 kg/per

[36].

P: Número de pasajeros anual: 38189

Consumo de Gases Refrigerantes en Aires Acondicionados

Para establecer este tipo de emisiones la ecuación consiste en:

$$Emisiones = (P * GWP * (CF)) \quad (5)$$

Dónde:

P: Suma de todo el refrigerante adquirido durante el año.

GWP: Potencial de calentamiento global del refrigerante

CF: 1 kg/1000 g. Para realizar la conversión de gramos a kilogramos.

Consumo de energía

La ecuación para establecer las emisiones de este sector consiste en:

$$\begin{aligned} Emisiones\ de\ CO_{2eq} \\ &= \text{Datos de la actividad (Kwh)} \\ &* \text{Factor de emisión de CO}_2 \end{aligned}$$

ALCANCE 3

Generación de Residuos Sólidos

Estas emisiones serán calculadas a partir de la siguiente fórmula:

$$Emisiones = RES \times CF \times MO \times FE_{res} \times D_{met} \times \frac{PCG}{1000}$$

Donde,

RES: Cantidad de residuos producidos al año (ton)

CF: 1000 kg/ 1 tonelada. Para realizar la conversión de toneladas a kilogramos.

MO: Contenido de materia orgánica por kg de residuo: 0,55



FEreso: Factor de emisión de la materia orgánica

Dmet: Densidad del metano: 0,668 kg/m³

PCG: Potencial de calentamiento global del GEI (metano)

Elaborar una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI.

Finalmente en el último objetivo, se realizaron dos actividades, primero definir los lineamientos de la propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI, tomando como referencia el documento Tecnologías, Políticas, y medidas para mitigar el Cambio Climático realizado por el IPCC en 1996. La segunda fue el análisis, interpretación y redacción de la Propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI, mediante fichas para cada fuente de emisión.

RESULTADOS

Establecer una línea base actualizada del destino turístico de Leticia e identificar las principales fuentes de emisiones

Dentro de la delimitación de los límites del destino se estableció llegar hasta el Km 19 vía Tarapacá incluyendo a las comunidades indígenas de San Sebastián de Los Lagos (Km. 2.5), San José Km. 6 y la comunidad del Km. 11, ubicadas sobre la vía de la carretera. En varios tramos hay fincas y reservas privadas; es una vía llena de servicios de recreación restaurantes y balnearios. En esta zona también se encuentra el lugar de disposición de basuras (botadero a cielo abierto) del municipio (proceso de cierre) en el Km 4 + 500 metros, y el relleno sanitario (inició operación el 5 de Septiembre) en el km 17 + 200 metros.

La zona urbana comprende dos vías principales, la carrera 11 y la carrera 10, también conocida como la avenida Vázquez Cobo. Se encuentra compuesta por distintos atractivos turísticos, un gran sector comercial y hotelero, variedad de edificios administrativos, el hospital San Rafael y otros centros de atención médica, el muelle, la planta de energía y la comunidad residencial. Dentro de esta zona se incluye el aeropuerto internacional Alfredo Vásquez Cobo.

Tabla 3. Fuentes Fijas del DTSL

| SECTOR | TIPO DE EMISION | DESCRIPCIÓN |
|--|---|--|
| Sector residencial: Emisiones generadas en instalaciones utilizadas como vivienda, tanto en zona urbana como rural. | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las viviendas como en equipos eléctricos, iluminación, etc). Emisiones por gases refrigerantes |
| Sector comercial: Comprende las emisiones generadas en instalaciones de tipo comercial | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, etc.) |

| SECTOR | TIPO DE EMISION | DESCRIPCIÓN |
|--|---|---|
| | | Emisiones por gases refrigerantes |
| Sector hotelero: Comprende las emisiones generadas dentro de los hoteles | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, motobomba etc.) Emisiones por gases refrigerantes |
| Edificios Administrativos: Comprende las emisiones generadas dentro de los edificios administrativos de la zona, tanto públicos como privados | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, motobomba etc.) Emisiones por gases refrigerantes |
| Emisiones directas = Alcance 1 | | Emisiones indirectas por energía = Alcance 2 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la “Estructura de Reporte GPC 2012 para el nivel de reporte Básico”, consultada en Huella de Ciudades, 2013.

Tabla 4. Fuentes móviles del DTSL

| SECTOR | TIPO DE EMISION | DESCRIPCIÓN |
|---|-----------------------------|---|
| Transporte Terrestre Emisiones generadas por consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en transporte sobre carretera, camino o vía (consumos de gasolina, diésel, GNC y GLP en vehículos) | Emisiones directas | Por consumo de combustibles en vehículos que circulan dentro del DTSL. |
| Transporte fluvial Incluye el consumo de combustibles en transporte marítimo o lacustre. | Emisiones indirectas | Consumo de combustible por transporte fluvial que se origina dentro de los límites del DTSL y termina fuera de ellos. |
| Transporte aéreo Consumo de combustibles por transporte aéreo. | Emisiones indirectas | Consumo de combustibles en viajes aéreos que se originan y arriban al aeropuerto Internacional Vásquez Cobo |



| SECTOR | TIPO DE EMISION | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------|-----------------|---|
| | | |
| Emisiones directas = Alcance 1 | | Emisiones indirectas por energía = Alcance 2 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la “Estructura de Reporte GPC 2012 para el nivel de reporte Básico”, consultada en Huella de Ciudades, 2013.

Emisiones Alcance 3: Otras Indirectas o emisiones por fuentes de área

En esta categoría se encuentra el sector titulado “Disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios” y corresponde a las emisiones que resultan de la generación y degradación de los residuos sólidos dentro de los límites del DTSL.

Dentro de esta categoría se encuentran el botadero, el cual se encuentra en funcionamiento desde el mes de Junio del año 2009 y el relleno sanitario que inicio su funcionamiento en el mes de Septiembre de 2014. Se calcula que estos sitios de disposición final reciben cerca de 25 toneladas de residuos al día (Alcaldía de Leticia, 2013).

Tabla 5. Fuentes excluidas del DTSL

| SECTOR | TIPO DE EMISION | DESCRIPCIÓN | JUSTIFICACIÓN |
|---|-----------------------------|--|---|
| Transporte terrestre Emisiones generadas por consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en transporte sobre carretera, camino o vía (consumos de gasolina, diésel, GNC y GLP en vehículos) | Emisiones indirectas | Emisiones generadas por consumo de combustible en transporte que se origina dentro del destino turístico y cuyo destino esta fuera de los límites establecidos, o que se origina fuera de los límites y cuyo viaje termina en el DTSL. | Existen dos estaciones de servicio, de la empresa Terpel, dentro de la ciudad, una ubicada dentro del DTSL y otra fuera de él. Por consiguiente, es demasiado complejo establecer este tipo de emisiones y excede los límites de tiempo de la investigación. |
| Transporte fluvial Incluye el consumo de combustibles en transporte marítimo o lacustre. | Emisiones directas | Consumo de combustible en transporte fluvial que se origina y termina dentro de los límites del DTSL. | Este transporte presta sus servicios desde el malecón o puerto civil, hacia comunidades ubicadas en zona internacional (Perú, Brasil) y zona nacional (Colombia), y viceversa, es decir, fuera del DTSL. Por consiguiente solo es posible realizar la medición de emisiones Indirectas. |



| SECTOR | TIPO DE EMISION | DESCRIPCIÓN | JUSTIFICACIÓN |
|---|---|---|---|
| Transporte aéreo Consumo de combustibles de por transporte aéreo. | Emisiones directas | Consumo de combustible en viajes aéreos que se origina y terminan dentro de los límites del DTSL | Este transporte presta sus servicios desde el aeropuerto hacia destinos internacionales (Perú, Brasil) y nacionales (Colombia), y viceversa, es decir, fuera del DTSL. Por consiguiente solo es posible realizar la medición de emisiones Indirectas. |
| Sector educativo: Comprende las emisiones generadas en las plantas educativas | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO | No se disponen de datos suficientemente fiables para realizar los cálculos. |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, etc.) Emisiones por gases refrigerantes | |
| Sector de Salud: Comprende las emisiones generadas dentro de los centros de los centros de asistencia médica | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO | Por ser un sector con pocos establecimientos en el DTSL el aporte estimado de sus emisiones puede ser mínimo |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos médicos, iluminación, etc.) Emisiones por gases refrigerantes | |
| Zonas de reserva: Comprende las emisiones generadas dentro de los parques ecológicos y zonas de reserva natural | Emisiones directas | Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO | El impacto producido por estas zonas es mínimo ya que en la gran mayoría cocinan con leña (no hay consumo de gas propano), algunas tienen electricidad pero se encuentran interconectadas y los aires acondicionados son prácticamente nulos |
| | Emisiones indirectas por energía | Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (televisores, iluminación, etc) Emisiones por gases refrigerantes | |
| Sector industrial: Incluyen las emisiones generadas dentro de las instalaciones de la central de generación diesel de Leticia | Emisiones directas | Consumo de combustibles fósiles (diesel) en maquinaria industrial de forma estacionaria (Termoeléctrica) Emisiones por gases refrigerantes | No se disponen de datos suficientemente fiables para realizar los cálculos. |



Fuente: Elaboración propia a partir de Huella de Ciudades, 2013.

Recolectar y sistematizar la información, para medir la Huella de Carbono del destino turístico:

Después de analizar 4 metodologías (seleccionadas por su afinidad con los objetivos del proyecto; finalmente), se decidió optar por adaptar la metodología GreenHouse Gas Protocol (GHG) a los requisitos de la investigación, y teniendo en cuenta que esta metodología no contempla muchos aspectos de manera territorial o “ciudad” también se optó por soportar la investigación y las ecuaciones con el documento “La Huella de Carbono Versión 1.0: Huella de Carbono del Argentino promedio” realizado por la Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina.

Calculo de la Huella de Carbono

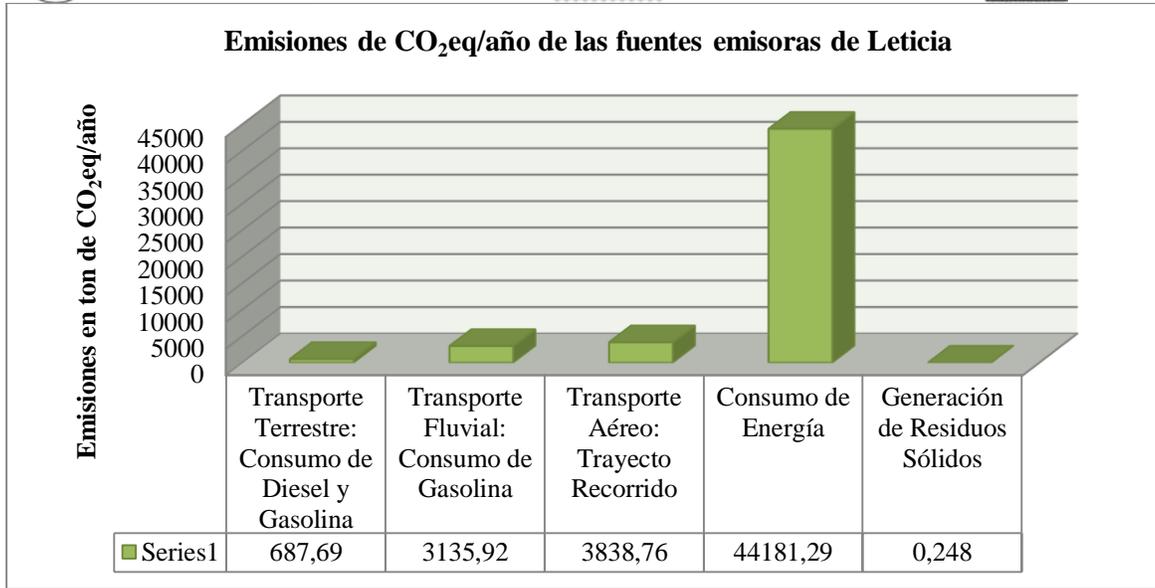
En la tabla No. 6 se puede ver los resultados del cálculo de la huella de carbono para el Destino Turístico sostenible de Leticia

Tabla 6. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras de Leticia

| ALCANCE | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD (ton CO ₂ eq/año) |
|---------|--|---------------------------------------|
| 1 | Transporte Terrestre: Consumo de Diesel y Gasolina | 687,69 |
| 2 | Transporte Fluvial: Consumo de Gasolina | 3135,92 |
| 2 | Transporte Aéreo: Trayecto Recorrido | 3838,76 |
| 2 | Consumo de Energía | 44181,29 |
| 3 | Generación de Residuos Sólidos | 0,248 |
| | TOTAL | 51843,908 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras de Leticia



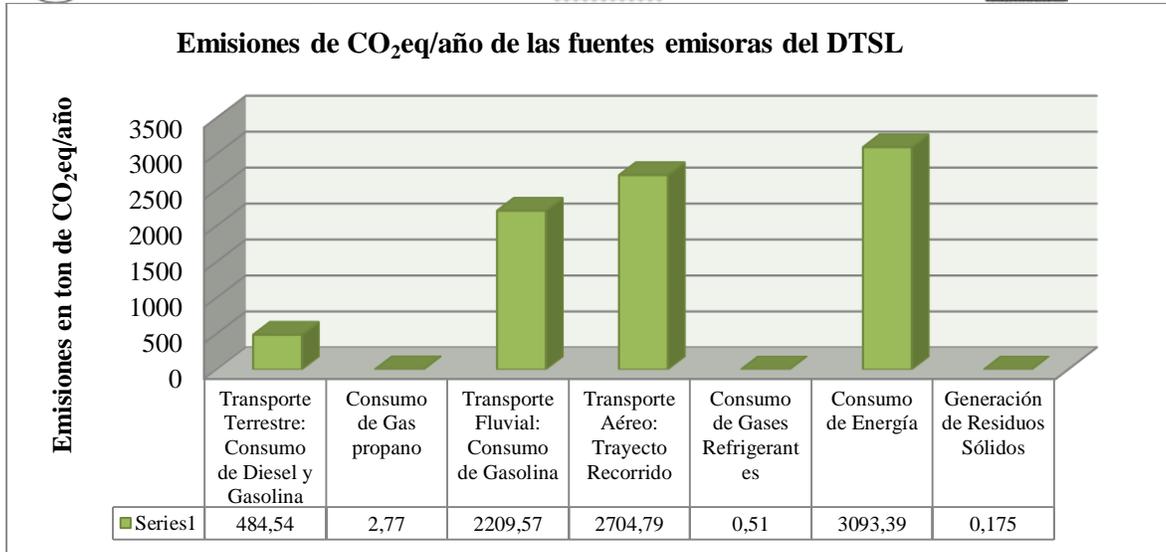
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras del DTSL

| ALCANCE | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD (ton CO ₂ eq/año) |
|---------|--|---------------------------------------|
| 1 | Transporte Terrestre: Consumo de Diesel y Gasolina | 484,54 |
| 1 | Consumo de Gas propano | 2,77 |
| 2 | Transporte Fluvial: Consumo de Gasolina | 2209,57 |
| 2 | Transporte Aéreo: Trayecto Recorrido | 2704,79 |
| 2 | Consumo de Gases Refrigerantes | 0,51 |
| 2 | Consumo de Energía | 3093,39 |
| 3 | Generación de Residuos Sólidos | 0,175 |
| | TOTAL | 8495,745 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras del DTSL



Fuente: Elaboración propia

Las principales fuentes de emisión y de mayor impacto del DTSL son “Consumo de energía” y “Transporte aéreo”, ambas superando las dos mil toneladas. La totalidad de la Huella de carbono del municipio de Leticia arroja 51.843,908 ton CO₂eq/año, y del DTSL 8.495,745 ton CO₂eq/año, evidenciando que la HC del municipio es mayor por 43.348,16 ton CO₂eq/año.

Elaborar una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI.

La propuesta de medidas de manejo esta enfocada en proponer opciones mitigatorias que permitan disminuir el impacto ambiental, apuntando a reducir los efectos del cambio climático y finalmente mejorando la calidad de vida de visitantes, turistas y locales. Es una propuesta básica que cuenta con los siguientes puntos:

FUENTE Y/O SECTOR: En este campo se incluyeron las fuentes de emisión identificadas (Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aereo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos).

MEDIDAS: En este campo se establecieron las medidas para reducir las emisiones de GEI (potenciales, acuerdos voluntarios, medidas reglamentarias, entre otras), estas medidas se encuentran adaptadas a las necesidades y requisitos de cada fuente de emisión y a las condiciones nacionales, regionales y locales del área de estudio

OPCIONES TÉCNICAS: Las opciones técnicas para mitigar las emisiones de los GEI, son actividades específicas enfocadas a la implementación de nuevas tecnologías, y que fortalecen las medidas propuestas.

BENEFICIOS Y/O EFECTOS AMBIENTALES: En este campo se describieron los beneficios de las medidas y las opciones técnicas sobre el medio ambiente y en algunas fichas se presentaron beneficios a la comunidad.

Análisis, interpretación y redacción de la Propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI: Fichas por fuente de emisión



El creciente desarrollo económico del municipio de Leticia, liderado por la actividad turística, ha generado un impacto, tanto negativo como positivo, sobre el territorio. En la actualidad se presentan mayor cantidad de locales dedicados al comercio y al negocio de la comida, mayor cantidad de hoteles, incremento en la frecuencia de embarcaciones y vuelos, crecimiento de la flota de transporte terrestre, entre otros; indicando que la infraestructura de servicios turísticos se fortalece, no obstante, este incremento genera una mayor cantidad de fuentes de emisión de GEI, las cuales contribuyen con el calentamiento global.

La actividad turística en el Amazonas está liderada por sus atractivos de gran biodiversidad y vida silvestre, por lo tanto si no se toman las medidas necesarias para controlar el impacto negativo que genera el desarrollo de esta actividad, toda esa riqueza se verá afectada, y así mismo la calidad de vida de los habitantes del municipio. Es por esa razón que se presenta la siguiente propuesta de medidas de manejo de GEI, la cual resumirá medidas, opciones técnicas y beneficios ambientales para cada sector y/o fuente de emisión, en las siguientes fichas¹:

Tabla 8. Ficha de medidas para el sector de Transporte Aéreo

| SECTOR | Transporte Aéreo |
|-------------------|--|
| MEDIDAS | <p>Medida Reglamentaria:</p> <p>Decreto 948 del 5 de Junio de 1995: “Por el cual se reglamenta; parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto- Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire”.</p> <p>Resolución 01624 del 2007: “Por la cual se reenumeran y actualizan normas sobre seguridad de la aviación civil y se incorporan como Parte Décimo Séptima a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia”:</p> <p><u>Control de seguridad del Medio Ambiente:</u> Protección del medio ambiente, de las especies animales y vegetales, así como también, los procedimientos relacionados con la calidad del agua, transporte de alimentos y manejo integral de residuos líquidos o sólidos.</p> <p>Medida Potencial: Para mejoras en planificación e infraestructura:</p> <p>Mejorar la eficiencia del Combustible</p> <p>Mejorar el control del tránsito aéreo</p> <p>Mejorar la gestión de la flota y de las rutas</p> <p>Utilizar combustibles alternativos, energías limpias, y pensar en construcciones de aeronaves más ligeras (proyectos a largo plazo)</p> |
| OPCIONES TÉCNICAS | Controlar las emisiones de GEI |

| | |
|---|---|
| | <p>Reducir el tráfico y reducir la intensidad energética, mejorando el mantenimiento y diseño de las aeronaves (si es necesario).</p> <p>Mejorar la gestión y los planes de los vuelos, reduciendo demoras y optimizando aspectos.</p> <p>Aumentar el factor de carga de la aeronave.</p> <p>Combustibles como aceite de cocina reciclado, o energía limpia como la energía solar, son alternativas interesantes, y varios estudios sustentan la viabilidad de los proyectos.</p> |
| BENEFICIOS Y/O EFECTOS AMBIENTALES | <p>Mayor reducción porcentual a largo plazo en los GEI de las aeronaves, y así mismo en la proximidad del aeropuerto, reduciendo la contaminación atmosférica.</p> <p>Mejorar la prestación y eficiencia de los servicios de transporte aéreo, tanto de pasajeros como de carga.</p> <p>Largo plazo: estabilizar el impacto ambiental y tener un crecimiento nulo de CO₂</p> |

Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 948, 1995; Resolución 01624, 2007; IPCC 1996; Herrera, García, A., & Vales, Cordero, N.A. 2013.

Tabla 9. Ficha de medidas para las emisiones por consumos de Energía

| | |
|--------------------------|---|
| SECTOR | Consumos de Energía |
| MEDIDAS | <p>Medida voluntaria</p> <p>Implementar medidas para el uso eficiente de la energía, que permitan utilizar la iluminación natural, y se vea representado en la factura de energía.</p> |
| OPCIONES TÉCNICAS | <p>Reemplace los focos incandescentes por focos fluorescentes.</p> <p>Mantenga limpias las lámparas y las pantallas, aumentará la luminosidad sin aumentar la potencia.</p> <p>Aproveche la luz natural, y evite encender las luces durante el día. Usar colores claros en las paredes para reducir la necesidad de iluminación artificial.</p> <p>Evite el uso de ventiladores y aires acondicionados, utilizando la ventilación natural.</p> <p>Electrodomésticos eficientes: De bajo consumo de electricidad. Desconectar los electrodomésticos mientras no estén siendo utilizados.</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Equipo de oficina: Ordenadores eficientes. Configurar los computadores en "ahorro de energía", asegura reducir el consumo de electricidad hasta un 50%.</p> <p>Impresoras, fotocopiadoras, faxes, etc., por separado consumen menos que un aparato multifuncional, pero si se ha de realizar más de una función son mucho más eficientes estos aparatos</p> <p>Gestión de energía: Sistemas avanzados de gestión de energía en los edificios</p> <p>Utilizar equipos y dispositivos energéticamente eficientes, tales como controladores de presencia o de movimiento para controlar la iluminación en la noche.</p> <p>En lugares donde la luz es continua o por largos periodos como señales, salidas de emergencia, gradas, corredores, etc, utilice LED (Light Emitting Diodes).</p> <p>Capacite a los empleados en normas de eficiencia energética en áreas sociales.</p> <p>Informe a empleados y visitantes sobre la importancia de las medidas de ahorro (con carteles informativos donde se hable de la importancia de apagar luces, ventiladores, acondicionadores de aire y televisores cuando salgan de la habitación o cuando no los estén utilizando).</p> |
| <p>BENEFICIOS EFECTOS AMBIENTALES</p> <p>Y/O</p> | <p>Menos impactos sobre la tierra, el aire y el agua debido a la extracción, el transporte y la transmisión, la conversión y el uso de energía.</p> <p>Ahorros beneficiosos para la economía</p> <p>Reducción en la emisión de GEI.</p> |

Fuente: Elaboración propia



IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La delimitación geográfica del destino turístico de Leticia abarca gran parte del territorio del municipio, ya que comprende dos de las vías principales (carrera 11 y carrera 10) del casco urbano, que atraviesan el municipio y parte de la vía Tarapaca que inicia entre el zoológico y el batallón de ingenieros, dentro de la delimitación se incluyó únicamente el área hasta el km 19. Se observa que la delimitación del destino abarcó más del 50% del territorio del municipio, haciendo el terreno de estudio muy amplio, por lo que fue necesario dividir el destino en sectores, estableciendo mediante fichas de campo y un cuadro de involucrados, un total de 13 involucrados principales (Empresa de energía para el Amazonas (ENAM), Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo, Botadero de residuos de Leticia (proceso de cierre) y Relleno Sanitario del municipio, Sector hotelero, Sector comercial, Edificios administrativos, Sector transporte fluvial, Sector transporte terrestre, Sector de salud, Sector educativo, Sector Reservas Naturales y Parques Ecológicos, Comunidad residencial (urbana y rural), Secretaria de Competitividad, Medio Ambiente y Turismo del municipio de Leticia); donde, su identificación permitió agrupar a gran escala todas las fuentes de emisión presentes en el DTSL.

La agrupación anterior requería de un análisis y una caracterización, por esta razón, primero se realizó una identificación gráfica de todas las fuentes permitiendo una visión más completa de la zona de estudio; más adelante los involucrados fueron divididos en tres categorías:

Estacionarias o fijas (Sector residencial, Sector comercial, Sector hotelero, Edificios Administrativos, Sector industrial, Sector Reservas Naturales y Parques Ecológicos).

Móviles (Transporte sobre vía, Transporte marítimo, Transporte aéreo).

Emisiones Otras Indirectas (Botadero y Relleno Sanitario).

Dentro de cada categoría se identificó el tipo de emisión (directa o indirecta) y se realizó una descripción de cada una; lo que permitió identificar en que alcance se encontraba la emisión (1, 2 o 3).

Durante el análisis se lograron excluir algunos sectores y tipos de emisiones por diferentes razones, lo cual permitió concentrarse en las fuentes de emisión principales del DTSL (Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aéreo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos).

La recolección y sistematización de la información requirió de trabajo de campo, ya que muchos datos no se encontraban establecidos en empresas sino requerían de consulta con la comunidad, por esta razón se establecieron dos procesos de recolección, el primero a través de solicitud de



información a diferentes entidades y la segunda a través de inmersión en campo con entrevistas a la comunidad y un formato de recolección de datos por sector.

Ejemplo de lo anterior son los datos de la cantidad de medios de transporte de las fuentes móviles terrestres y fluviales se obtuvieron con ayuda de la Secretaria de Transito y Capitanía de puerto, sin embargo datos sobre el kilometraje recorrido al día o viajes realizados al día, de los consumos de combustible relacionándolo con la cantidad en dinero que se gasta a la hora de poner combustible; datos que fueron proporcionados por conductores y lancheros. Los datos de las fuentes móviles aéreas fueron proporcionados por la aeronáutica civil.

Los datos recolectados para gas propano, gases refrigerantes de los aires acondicionados, y consumo de energía fueron realizados en los sectores de mayor presencia en el DTSL (comercial, hotelero, edificios administrativos y residencial). Para establecer una muestra representativa de cada sector fue necesario utilizar un programa en Excel, este permitió establecer la muestra con el 90% de nivel de confianza y un 10% de error máximo de estimación, ya que la muestra no podía calcularse con un mayor porcentaje de nivel de confianza y un menor porcentaje de error máximo porque excedía los límites de tiempo de la investigación. El gas propano se obtuvo dependiendo de los envases de gas consumidos, los gases refrigerantes con la cantidad de aires acondicionados y la cantidad de gas de cada aire, y finalmente los consumos de energía (kWh) con las facturas de energía.

Teniendo en cuenta que se realizaron dos mediciones, una para Leticia y otra para el DTSL; fue necesario establecer el área del destino para así calcular por porcentajes. El área se calculó a través del programa "Google Earth", donde se estableció un polígono con tres puntos o sitios claves, la Central eléctrica de Leticia (termoeléctrica de la ENAM), el Aeropuerto internacional Alfredo Vásquez Cobo y el km 19 de la carretera o vía de los kilómetros (Leticia – km25), obteniendo un total de 4.205 km², lo que equivale al 70,46% del territorio.

Finalmente para la aplicación de la metodología del cálculo de la Huella de Carbono se siguieron 3 pasos, el primero establecer los factores de emisión y de conversión, el segundo establecer las ecuaciones con sus respectivos ajustes, y el tercero los resultados con tablas y gráficas de cada fuente emisora. El primer paso requirió de múltiples fuentes bibliográficas para que los factores fuesen representativos del lugar donde se generaron. Las ecuaciones requirieron de algunos cálculos extra, como en el caso de las fuentes móviles terrestres y fluviales, donde la distancia por galón consumido de combustible no estaba establecida.



El último paso muestra la cantidad de emisiones que tiene el municipio de Leticia y el DTSL por cada alcance y fuente emisora. Como se especificó en la metodología, las fuentes emisoras que se tomaron para el municipio de Leticia son Transporte Terrestre, Transporte Fluvial, Transporte aéreo, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos; y las fuentes emisoras para el DTSL son Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aéreo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos.

En cuanto al municipio de Leticia, que comprende tanto el casco urbano como el rural, el sector de Transporte Terrestre (Alcance 1), presenta grandes emisiones por parte de los microbuses, esto se debe a que es el medio de transporte terrestre con mayor desplazamiento en el municipio, su recorrido consiste en conectar el casco urbano con el rural, recorriendo en un solo viaje entre 11km y/o 20 km, es decir, al día recorre un promedio de 130 km. El sector de Transporte Fluvial (Alcance 2), presenta mayores emisiones por parte de las Lanchas y los Remolcadores, debido a que sus recorridos conectan con los destinos más lejanos, los cuales son Puerto Asís e Iquitos, superando un día de viaje, es decir llegando a recorrer más de 100000 km al año.

Teniendo en cuenta la información obtenida sobre el sector de Transporte Aéreo (Alcance 2), sus emisiones fueron calculadas únicamente para saber el impacto por el trayecto ya que no se contaban con datos suficientes para saber el impacto por consumo de combustible. Se trabajó con la cantidad de pasajeros anual y un dato suministrado por la agencia de viajes Paraiso Ecológico sobre el cálculo medio de emisiones de CO₂, realizado por medio de la página de la ICAO (International Civil Aviation Organization).

Las emisiones del DTSL por fuentes móviles (terrestres, fluviales y aéreas), y por la Generación de Residuos Sólidos, se obtuvieron a partir del porcentaje del área que representa el destino, por lo cual las emisiones disminuyen pero los resultados en porcentajes y comparaciones se mantienen igual que para el municipio. En cuanto a las emisiones por el consumo de gas propano (Alcance 1), se pensaría que el sector residencial tendría el de mayor impacto, ya que en toda casa se cocina, pero no es así; el sector de mayor impacto es el comercial, esto se debe a la gran cantidad de restaurantes, cafeterías, panaderías y locales de comida que llegan a consumir entre 1 o 2 envases de gas propano al día, por el contrario el sector residencial consume un envase cada mes o mes y medio.

Actualmente los Gases Refrigerantes (Alcance 2) presentes e identificados en los aires acondicionados en el DTSL son dos, el primero R-22, un HCFC, se encuentran vigentes en la actualidad, pero al tener cloro daña la capa de ozono y al tener hidrógeno son químicamente



menos estables cuando suben a la atmosfera. Sin embargo tienen un potencial de agotamiento bajo. El segundo R-410A, un HFC, sustancia que contienen hidrógeno, flúor y carbono, por lo tanto no contienen cloro y no dañan la capa de ozono (SEMARNAT, 2006).

El primer gas tiene mayores emisiones en el sector de Edificios Administrativos y el segundo en el Sector Hotelero; el primero se puede deber a que existe gran cantidad edificios de esta índole y a que la gran mayoría son de gran antigüedad; y el segundo se puede deber a que aunque la muestra hotelera es pequeña, la gran mayoría de hoteles trabaja con múltiples aires acondicionados y aplican buenas practicas hoteleras, cabe resaltar que en la muestra residencial únicamente hay presencia del gas R-22.

El consumo de energía (Alcance 2) presenta grandes emisiones tanto en el sector hotelero como en el sector de Edificios Administrativos, esto se debe a la magnitud de los Edificios Administrativos ya que son instalaciones bastante grandes, con múltiples oficinas y material electrónico; así como los hoteles no solo consisten en habitaciones sencillas, sino que cada habitación suele tener nevera, televisor, ventilador y/o aire acondicionado, entre otros; a esto se le suman las zonas de restaurante, bar, recreación y la parte administrativa del hotel.

Finalmente realizando una comparación entre todas las fuentes emisoras, tanto en la Huella de Carbono de Leticia como en la Huella de carbono del DTSL, las principales fuentes con mayor impacto son las de "Consumo de energía" y "Transporte Aéreo", y donde la totalidad de la Huella de Carbono del municipio de Leticia supera la del destino por 43.348,16 ton CO₂eq/año, evidenciando que a mayor área mayores emisiones, aun así cuando en el DTSL se midieron más fuentes de emisión.

Finalmente las medidas de manejo para las fuentes de emisión son en su gran mayoría "voluntarias", esto se debe a que el compromiso e interés de la comunidad es de suma importancia en el desarrollo de las mismas, se pueden tomar como consejos prácticos que permitirán una mejor economía y ambiente en el hogar, el local, entre otros.

Al ser la zona de estudio un poco más del 70% del territorio del municipio de Leticia, se requiere realizar un trabajo articulado, comprometido y de cooperación entre todas las instituciones y la comunidad local y turista. Esta articulación permitirá llevar a cabo los aportes e incentivos económicos, las capacitaciones, cambio de equipos, entre otros; para finalmente lograr resultados óptimos y eficientes.

V. CONCLUSIONES



La delimitación del Destino Turístico de Leticia representa el 70,46% del territorio, lo que indica que es una extensión de gran amplitud y múltiples fuentes emisoras, por esta razón, el área de estudio se dividió en primera instancia en 13 involucrados, para luego realizar un análisis y una caracterización de los mismos, y así establecer las 7 principales fuentes de emisión del DTSL. Estas fuentes son: Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aéreo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos.

Los dos procesos de recolección de los datos, el primero a través de solicitud de información a diferentes entidades y el segundo a través de inmersión en campo con entrevistas a la comunidad y un formato de recolección de datos por sector, fueron de gran utilidad para entender las funciones y objetivos de las entidades, para escuchar diferentes opiniones de la comunidad sobre el tema y para verificar como la gente ha escuchado del calentamiento global pero no se encuentra familiarizado en su totalidad con el tema. El proceso a través de oficios a entidades fue el más largo, ya que muchas empresas demoraron entre 2 semanas a 5 semanas en contestar, y algunas no proporcionaron la información completa por políticas de la empresa.

Para la medición de la huella de carbono se realizó una adaptación de la metodología GHG, de tal forma que permitiera realizar las mediciones del municipio y del destino turístico.

Tanto en la huella de carbono del municipio de Leticia como en del DTSL, las principales fuentes de emisión y de mayor impacto son “Consumo de energía” y “Transporte Aéreo”. Donde la promoción del municipio de Leticia como destino turístico, su gran aceptación, y su gran potencial, han permitido observar el gran incremento en el flujo de la población flotante y por ende en el consumo de los servicios básicos y recreativos de la zona, aumentando el impacto producido por el destino en su emisión de gases de efecto invernadero.

Las medidas propuestas contribuyen a la concientización de la sociedad sobre la problemática y así mismo, como un efecto secundario, a mejorar su calidad de vida e impactar positivamente en los diversos aspectos sociales, económicos, y principalmente ambientales del área de estudio, aportando en un futuro a la reducción del cambio climático y al desarrollo sostenible del país. Cabe resaltar que las energías y combustibles alternativos, la iluminación y ventilación natural, los transportes alternativos, entre otros, son de las principales medidas a tener en cuenta, ya que son medidas revolucionarias y de gran impacto positivo, donde la reducción de las emisiones de GEI alcanzaría un 80% ó un 90%.



Esta investigación, a través del cálculo de la huella de carbono del destino turístico de Leticia, determino un impacto ambiental generado por la emisión de GEI, y así mismo, propuso medidas de manejo para este; con el fin de generar una solución que contribuya a mitigar y reducir el cambio climático del país.

REFERENCIAS

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN), (2003). Factores de emisión de los combustibles colombianos. Bogotá.
- Aguilar, O. L., (2012). Propuesta de manejo ecoeficiente para una escuela de formación de la policía a partir de su huella de carbono. (Tesis de Maestría). Chía – Cundinamarca: Universidad de la Sabana.
- Alcaldía de Leticia: Jacqueline Obando Lugo & Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres Municipio de Leticia. (2013). Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias.
- ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2010). Colombia: Hacia una economía baja en carbono.
- Decreto 948. Diario Oficial No. 41876, Bogotá D.C, Colombia, 5 de Junio de 1995.
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. Información Tecnológica, 23 (1), 165.
- GHG Protocol. (2005). GHG Protocol HFC Tool (Version 1.0): Calculating HFC and PFC Emissions from the Manufacturing, Installation, Operation and Disposal of Refrigeration & Air-conditioning Equipment (Version 1.0).
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (1996). Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático.
- IPCC. (2001). "Climate change 2001: Mitigation: Contribution of Working Group III to the third assessment report - apendice cuatro (IV) Units, Conversion Factors, and GDP Deflators". Consultado el 4 de Septiembre de 2014 en http://books.google.com.co/books?id=ajcCLh6oCGkC&pg=PA457&lpg=PA457&dq=Clima+te+change+2001-Mitigation&source=bl&ots=WoeE5K_Slx&sig=QzJi7t7eQjflg-



[96608V5tIfi2U&hl=es&sa=X&ei=CikJVKbbKcj5yQsJ64CYAg&ved=0CGgQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false](https://doi.org/10.15446/raa.5.1.96608V5tIfi2U&hl=es&sa=X&ei=CikJVKbbKcj5yQsJ64CYAg&ved=0CGgQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false)

- Quijano V., Mónica J., Quijano P., Alfonso, Melendez G., Ivan. (2014). Genotoxicidad en el aire de aire de Cúcuta - Colombia en muestras del PM2.5. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178, 5 (1).
 - Quijano P., Alfonso., Quijano V., Mónica J., Gélvez, Iván. (2013). Influencia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPS) y metales en la calidad del aire de pamplona y sus efectos genotoxicos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178, 4 (2). pp: 23 – 34.
 - Resolución 01624. Diario Oficial Número 46.606, Bogotá D.C, Colombia, 21 de Abril de 2007.
 - Rey, C. A., (2014). Estimación de la Huella De CO2 Equivalente de la Empresa Proenfar S.A.S. y Alternativas para su Reducción. (Tesis de Pregrado). Bogotá – Cundinamarca: Universidad del Bosque.
-