

RESEARCH / INVESTIGACIÓN

Estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia - Amazonas, Colombia y diseño de una propuesta de manejo de las principales emisiones de gases efecto invernadero

Estimating the carbon footprint of tourist destination - Amazonas Leticia, Colombia and design of a proposal for handling of major greenhouse gas emissions

Daniela Campos Bonilla¹, Luis Fernando Gutiérrez Fernández²

Resumen: El cambio climático es una problemática global, y en la actualidad afecta de manera significativa a Colombia, generando aumentos en las temperaturas, variaciones en las precipitaciones, entre otros efectos negativos; que ponen en riesgo el estilo de vida de muchas poblaciones, afectando su entorno, su sustento y su desarrollo. Por esta razón, este trabajo pretende evidenciar el impacto y aporte que genera el destino turístico de Leticia (DTSL).

Para lograr el objetivo, el primer paso fue realizar un reconocimiento del área de estudio e identificar las principales fuentes de emisión de gases de efecto Invernadero – GEI (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), para luego, por medio de la herramienta o indicador “Huella de Carbono”, realizar la medición de la cantidad de Toneladas de CO2 emitido a la atmosfera; dato con el que se diseñó la propuesta de medidas de manejo de GEI de las principales fuentes de emisión del DTSL.

La presente investigación contribuye a la concientización de la sociedad sobre la problemática y así mismo como un efecto secundario mejora su calidad de vida e impacta 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 de Colombia.

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.

Keywords: Climate change, greenhouse, carbon footprint, management measures.

(Presentado: 01 diciembre del 2014 Aceptado: 24 de marzo del 2015)

¹ Universidad El Bosque, Colombia. dcamposb@unbosque.edu.co

² Universidad El Bosque, Colombia. gutierrezluisf@unbosque.edu.co

INTRODUCCIÓN

Múltiples actividades naturales y antrópicas son las directas responsables del cambio climático, pero el aumento de la población humana, sus actividades (agricultura, industrias y turismo, entre otras), y asimismo el incremento en la demanda de recursos naturales, ha desplazado al efecto invernadero natural como uno de los principales responsables 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 representó alrededor del 1,5% de emisiones de CO₂ per cápita del 100% a nivel mundial en el año 2008 (ANDI, 2010); aún 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.

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. Todo esto indica un cambio y deterioro de la biodiversidad y recursos naturales colombianos, donde gran parte se encuentran en el Departamento del Amazonas y en las cercanías de su capital (Leticia). Por estas razones se seleccionó, como caso de estudio el municipio de Leticia, el cual deberá liderar un compromiso con el Desarrollo Sostenible, contribuyendo a la reducción de la generación de emisiones de GEI y protegiendo el medio ambiente que lo rodea.

Teniendo en cuenta que la generación de emisiones de GEI pueden ocasionar un impacto negativo sobre el entorno y la sociedad, se debe realizar un manejo adecuado de las mismas. Por esta razón en la presente investigación, una vez se calculó la huella de carbono, se plantea una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisión identificadas en el DTSL.

METODOLOGÍA

Para la presente investigación se propusieron tres objetivos específicos y la metodología se planteó igualmente para desarrollar cada uno de los mismos.

Objetivo específico 1: Establecer una línea base actualizada del destino turístico de Leticia e identificar las principales fuentes de emisiones.

El desarrollo de este objetivo se dividió en tres actividades principales.

- a. Delimitación geográfica y descripción del Destino Turístico Sostenible de Leticia -DTSL, de manera participativa.
- b. Análisis de involucrados, realizada por medio de un cuadro de involucrados, donde se mencionan sus funciones, intereses, potenciales, limitaciones, y consecuencias, frente al proyecto.
- c. Caracterización de las principales fuentes del DTSL, primero de manera gráfica, dividiendo el DTSL en zona rural y zona urbana; y luego de una manera descriptiva, 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.
 - Emisiones Otras Indirectas.

Por último se mencionan las fuentes que serán excluidas y su respectiva justificación.

Objetivo específico 2: Recolectar y sistematizar la información, para medir la Huella de Carbono del destino turístico.

Teniendo en cuenta la delimitación del destino turístico y la complejidad en la obtención de la información, se optó por realizar dos mediciones de huella de carbono (para la totalidad del municipio de Leticia y para el Destino Turístico) de la siguiente forma:

Tabla 1. Cómo realizar las mediciones de la huella de carbono.

CASCO URBANO Y RURAL	
Las fuentes móviles (terrestre, fluviales, aéreas)	
Se calculó con el total de medios de transporte que circulan y llegan a la ciudad.	Se calculó de acuerdo al porcentaje de área que representa el DTSL.
Para establecer los kilómetros recorridos se realizaron entrevistas a la población.	Teniendo en cuenta el porcentaje de área, se estableció el porcentaje de vehículos.
Consumos de energía	
Se calculó a partir de los datos suministrados por la ENAM, teniendo en cuenta que la central eléctrica suministra energía a todo el casco urbano y al rural (interconectados).	Se calculó a partir de la división sectorial del destino. Se trabajó con muestras representativas de cada sector y entrevistas con la población para obtener un aproximado de la información específica que se requiere y así calcular una huella de carbono más acertada.
Consumos de gas propano (GLP), emisiones por gases refrigerantes	
Se utilizó únicamente para el DTSL, ya que el gas propano es distribuido tanto para Colombia (Leticia) como para Brasil (Tabatinga), y las emisiones de gases refrigerantes no tienen un ente de control.	
Los consumos de gas propano, la cantidad de aires acondicionados y el tipo de refrigerante, se obtuvieron a través de muestras representativas y entrevistas a la comunidad.	
Emisiones generadas por la degradación de los residuos Sólidos	
Se calculó a partir de la cantidad total de residuos sólidos enviados a los sitios de disposición final.	Se calculó de acuerdo al porcentaje de área y se estableció el porcentaje de Residuos Sólidos que genera el DTSL.

Fuente: *Elaboración propia.*

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 se relacionan de forma numérica, entre 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 2. Poderes caloríficos de los GEI.

GEI	PODER CALORÍFICO	FUENTE
CO2	1	Espíndola, C. Valderrama, J. 2012
N2O	298	
CH4	25	ASHRAE
R-410A	1.725	standard 34
		PAS 2050,2008
R-22	1.810	

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

Combustible/ Actividad	Factor de Emisión			Unidades	Fuente de Información
	CO2	N2O	H4		
Diesel Genérico	74,01	--	--	kg CO2eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Gasolina Genérica	69,25	--	--	kg CO2eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Queroseno	71.45	--	--	kg CO2eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Gas propano (GLP)	63.02	--	--	kg CO2eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Generación eléctrica	1,2282	--	--	kg CO2eq/kWh	UPME, 2009
Factor de Emisión de MO	--	--	0.003	m3/kg	Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, 2008.

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:

$$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = D \times \frac{1\ gal\ combustible}{X} \times FE \times FC$$

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

$$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = CON_{gp} \times \frac{(FE_{gp} \times FC_{gp})}{1000}$$

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:

$$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = D \times \frac{1\ gal\ combustible}{X} \times FE \times FC$$

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:

$$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = Datos\ de\ la\ actividad\ (Kwh) * Factor\ de\ emision\ de\ CO_2$$

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

FE_{reso}: Factor de emisión de la materia orgánica

D_{met}: Densidad del metano: 0,668 kg/m³

PCG: Potencial de calentamiento global del GEI (metano)

Objetivo específico 3: 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

Objetivo específico 1: Establecer una línea base actualizada del destino turístico de Leticia e identificar las principales fuentes de emisiones

Dentro de la delimitación de las demarcaciones 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 Vásquez 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 4. Fuentes fijas del DTSL.

SECTOR	TIPO DE EMISIÓN	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 e iluminación, entre otros). 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 e iluminación, entre otros). Emisiones por gases refrigerantes.

SECTOR	TIPO DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN
Sector hotelero: Comprende las emisiones generadas dentro de los hoteles.	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO.
Edificios administrativos: Comprende las emisiones generadas dentro de los edificios administrativos de la zona, tanto públicos como privados	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación y motobomba, entre otros). 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 5. Fuentes móviles del DTSL.

SECTOR	TIPO DE EMISIÓN	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.
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 botade-

ro, el cual se encuentra en funcionamiento desde el mes de Junio del año 2009 y el relleno sanitario que inició 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 6. Fuentes excluidas del DTSL.

SECTOR	TIPO DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN
<p>Transporte terrestre: Emisiones generadas por consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en transporte sobre carretera, camino o vía (consumos de gasolina, diesel, GNC y GLP en vehículos).</p>	<p>Emisiones indirectas</p>	<p>Emisiones generadas por consumo de combustible en transporte que se origina dentro del destino turístico y cuyo destino está fuera de los límites establecidos, o que se origina fuera de los límites y cuyo viaje termina en el DTSL.</p>	<p>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.</p>
<p>Transporte fluvial: Incluye el consumo de combustibles en transporte marítimo o lacustre.</p>	<p>Emisiones directas</p>	<p>Consumo de combustible en transporte fluvial que se origina y termina dentro de los límites del DTSL.</p>	<p>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.</p>
<p>Transporte aéreo: Consumo de combustibles por transporte aéreo.</p>	<p>Emisiones Directas</p>	<p>Consumo de combustible en transporte fluvial que se origina y termina dentro de los límites del DTSL.</p>	<p>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.</p>
<p>Sector educativo: Comprende las emisiones generadas en las plantas educativas.</p>	<p>Emisiones directas</p>	<p>Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO</p>	<p>No se disponen de datos suficientemente fiables para realizar los cálculos.</p>
	<p>Emisiones indirectas por energía Emisiones directas</p>	<p>Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico e iluminación, entre otros). Emisiones por gases refrigerantes.</p>	

Sector salud: Comprende las emisiones generadas dentro de los centros de asistencia médica. 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.	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 e iluminación, entre otros). 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 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 e iluminación, entre otros). Emisiones por gases refrigerantes.	
	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.

Objetivo específico 2: 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), se decidió optar por adaptar la metodología GreenHouse Gas Protocol (GHG) a los requisitos de la investigación; teniendo en cuenta que esta metodología no contempla muchos aspectos de manera territorial o "ciudad" también se optó por soportar la in-

vestigación 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.

Cálculo de la Huella de Carbono

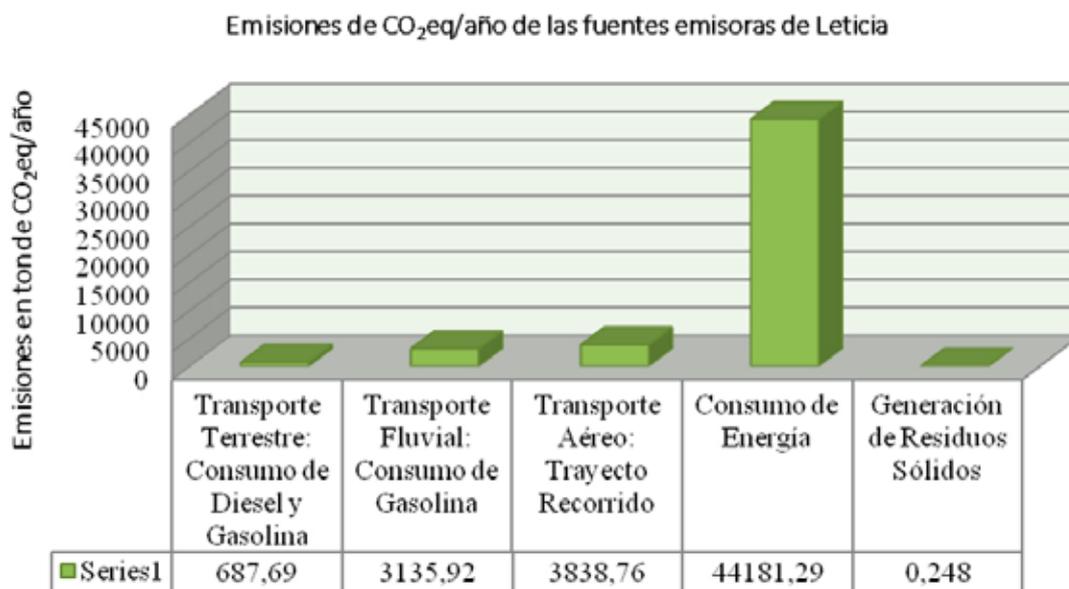
En la tabla N° 7 se puede ver los resultados del cálculo de la huella de carbono para el destino turístico sostenible de Leticia.

Tabla 7. 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 8. 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 arrojó 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.

Objetivo específico 3: 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 aéreo, 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 asimismo 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 9. Ficha de medidas para el sector de transporte aéreo.

SECTOR	TRANSPORTE AÉREO
Medidas	<p>Medida Reglamentaria: 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": Control de seguridad del medio ambiente: 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> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la eficiencia del combustible. - Mejorar el control del tránsito aéreo. - Mejorar la gestión de la flota y de las rutas. - Utilizar combustibles alternativos, energías limpias, y pensar en construcciones de aeronaves más ligeras (proyectos a largo plazo). - Controlar las emisiones de GEI.
Opciones técnicas	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir el tráfico y reducir la intensidad energética, mejorando el mantenimiento y diseño de las aeronaves (si es necesario). - Mejorar la gestión y los planes de los vuelos, reduciendo demoras y optimizando aspectos. - Aumentar el factor de carga de la aeronave. - 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.
Beneficios y/o efectos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor reducción porcentual a largo plazo en los GEI de las aeronaves, y asimismo en la proximidad del aeropuerto, reduciendo la contaminación atmosférica. - Mejorar la prestación y eficiencia de los servicios de transporte aéreo, tanto de pasajeros como de carga. - Largo plazo: estabilizar el impacto ambiental y tener un crecimiento nulo de CO2.

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

¹ Se presentan las fichas para las fuentes de mayor impacto.

Tabla 10. Ficha de medidas para las emisiones por consumos de energía.

SECTOR	CONSUMOS DE ENERGÍA
Medidas	Medida voluntaria: Implementar medidas para el uso eficiente de la energía, que permitan utilizar la iluminación natural, y se vea representado en la factura de energía.
Opciones técnicas	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplace los focos incandescentes por focos fluorescentes. - Mantenga limpias las lámparas y las pantallas, aumentará la luminosidad sin aumentar la potencia. - 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. - Evite el uso de ventiladores y aires acondicionados, utilizando la ventilación natural. - Electrodomésticos eficientes: De bajo consumo de electricidad. Desconectar los electrodomésticos mientras no estén siendo utilizados. - Equipo de oficina: Ordenadores eficientes. Configurar los computadores en "ahorro de energía", asegura reducir el consumo de electricidad hasta un 50%. - Impresoras, fotocopadoras y faxes, entre otros, por separado consumen menos que un aparato multifuncional, pero si se ha de realizar más de una función son mucho más eficientes estos aparatos - Gestión de energía: Sistemas avanzados de gestión de energía en los edificios. - Utilizar equipos y dispositivos energéticamente eficientes, tales como: controladores de presencia o de movimiento para controlar la iluminación en la noche. - En lugares donde la luz es continua o por largos periodos como: señales, salidas de emergencia, gradas, corredores, etc., utilice LED (Light Emitting Diodes). - Capacite a los empleados en normas de eficiencia energética en áreas sociales. - 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).
Beneficios y/o efectos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - 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. - Ahorros beneficiosos para la economía. - Reducción en la emisión de GEI.

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La delimitación geográfica del destino turístico sostenible de Leticia – DTSL, 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 que conduce a Tarapacá, 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), secretaría 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 qué alcance se encontraba la emisión (1, 2 ó 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, que se obtuvieron con ayuda de la Secretaría de Tránsito 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, éste 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 – km. 25), 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 tres 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 fueran 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 mostró 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 11 km. 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 Asis e Iquitos, superando un día de viaje, es decir llegando a recorrer más de 100.000 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 contaba 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 International Civil Aviation Organization (ICAO).

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 ó 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 HFC, 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 atmósfera; 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 daña 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 de 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 prácticas 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 ellos, 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, aún 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.

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 oficinas 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, asimismo, 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% o un 90%.

Esta investigación, a través del cálculo de la huella de carbono del destino turístico de Leticia, determinó un impacto ambiental generado por la emisión de GEI, y asimismo, propuso medidas de manejo para este; con el fin de generar una solución que contribuya a mitigar y reducir el cambio climático del país, y realice un aporte académico a la formación de los ingenieros ambientales interesados en este tema.

REFERENCIAS

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCFYN), (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.

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2010). Colombia: Hacía 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).

Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina. (2008). La huella de carbono versión 1.0: Huella de carbono del argentino promedio. Argentina.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (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=Climate+change+2001-Mitigation&source=bl&ots=WoeE5K_Slx&sig=QzJi-7t7eQjflg-96608V5tffi2U&hl=es&sa=X&ei=CikjVKbbKcj5yQsJ64CYAg&ved=0CGgQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false

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.