

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias  
Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica  
Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

**CUANTIFICACIÓN DE LA GENERACIÓN DE GEI PARA PROPONER  
ESTRATEGIAS SOCIOAMBIENTALES QUE REDUZCAN LAS HUELLAS DE  
CARBONO Y ECOLÓGICA EN EL MUNICIPIO DE LETICIA (ZONA  
TURISTICA) – AMAZONAS**

Paola Andrea Caraballo Díaz

**Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, D.C**

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias  
Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica  
Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

**CUANTIFICACIÓN DE LA GENERACIÓN DE GEI PARA PROPONER  
ESTRATEGIAS SOCIOAMBIENTALES QUE REDUZCAN LAS HUELLAS DE  
CARBONO Y ECOLÓGICA EN EL MUNICIPIO DE LETICIA (ZONA  
TURISTICA) – AMAZONAS**

Paola Andrea Caraballo Díaz

Trabajo de investigación como requisito parcial para optar al título de  
**Ingeniero ambiental**

Director  
Luis Fernando Gutiérrez

Línea de investigación:  
Mixta - Descriptiva/correlacional/explicativa - No experimental/transversal

**Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá D.C.  
2019**



Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias  
Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica  
Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

“La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este, en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias  
Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica  
Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

### **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado primeramente a Dios y a mis padres Martha Díaz Martínez y Vidal Alfonso Caraballo, quienes me brindaron su incondicional apoyo durante toda mi carrera. También está dedicado a mis profesores y a la fundación Futurama, quienes me acompañaron durante el desarrollo de este trabajo.

### **Agradecimientos**

Principalmente le agradezco a Dios y a mi familia por su perseverancia, apoyo y confianza. A mis padres Vidal Alfonso Caraballo y Martha Díaz Martínez, mis más sinceros agradecimientos por su total apoyo durante el proceso de mi formación como ingeniera ambiental.

A mi profesor Luis Fernando Gutiérrez por aceptar ser mi director y guiarme en la construcción de este documento, también por su dedicación y paciencia desde el principio hasta el final.

A mi novio Camilo Rodríguez por su acompañamiento en este proceso. Y a la fundación Futurama por su apoyo incondicional.

## Tabla de Contenido

1. Introducción .....	1
2. Formulación del problema .....	3
3. Pregunta de investigación .....	5
4. Justificación .....	6
5. Objetivos .....	7
5.1 Objetivo general .....	7
5.2 Objetivos específicos.....	7
6. Marco de referencia .....	8
7. Marco conceptual.....	14
7.1 Gases de Efecto Invernadero .....	14
7.2 Huella ecológica.....	14
7.3. Huella de carbono.....	15
7.4. Efecto invernadero .....	17
7.5. Variabilidad climática .....	19
7.6. IPCC .....	19
8. Marco teórico .....	20
8.1. Calentamiento global.....	20
8.2 Gases Efecto Invernadero.....	20
8.3. Cambio climático .....	22
8.4 Herramientas de medición de la huella de CO <sub>2</sub> .....	25
8.5 GHG Protocol.....	26
8.6. ISO 14064-1-2.....	27
8.7. Propuestas socioambientales .....	28
9. Marco normativo.....	29
10. Marco geográfico .....	33
11. Marco institucional .....	35
12. Metodología .....	38
12.1 Enfoque del estudio .....	38
12.2 Alcances del estudio.....	38

12.3 Diseño del estudio .....	39
12.4 Metodología del estudio descripción.....	39
12.5 Metodología por objetivo específicos .....	41
12.6 Esquema metodológico .....	49
13. Plan de trabajo.....	51
13.1 Cronograma de actividades .....	51
13.2 Presupuesto.....	52
14. Resultados y análisis .....	54
14.1 Objetivo específico 1: identificación de las fuentes de generación de GEI y sus consumos. ....	54
14.2 Objetivo específico 2: calcular las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia.	63
14.3 Consumo electricidad.....	65
14.4 Consumo gas .....	65
14.5 Consumo gasolina automotores terrestres.....	66
14.6 Consumo gasolina automotores fluviales.....	67
14.7. Extrapolación .....	68
14.8. Intervalo de confianza.....	68
14.9. Extrapolaciones encuesta de consumo anual .....	69
14.9.1 Consumo electricidad.....	70
14.9.2 Consumo de gas.....	70
14.9.3 Consumo gasolina por automotores terrestres y fluviales.....	70
14.10 Extrapolaciones huella de carbono anual.....	72
14.10.1 Huella carbono por consumo eléctrico.....	72
14.10.2 Huella carbono por consumo gas .....	73
14.10.3 Huella carbono por consumo gasolina automotores terrestres y fluviales .....	74
14.11 Huella calculada por valores directos .....	75
14.11.1 Huella carbono de refrigerantes.....	75
14.11.2 Huella carbono residuos sólidos .....	76
14.11.3 Huella carbono de vuelos.....	77
14.12 Huella de carbono total .....	77
14.13. Cálculo huella ecológica.....	79

14.14 Objetivo específico 3: formular estrategias socioambientales que permitan la reducción de las huellas de carbono y ecológica, generadas en el destino turístico de Leticia. ....	79
15. Conclusiones .....	84
16. Recomendaciones.....	84
17. Bibliografía .....	85
18. Anexos .....	92
18.1 Anexo: Oficios dirigidos a distintas entidades públicas y privadas de Leticia .....	92
18.2 Anexo: respuestas de oficios .....	101
18.3 Anexo: mapas brindados por la Alcaldía de Leticia.....	110
18.4 Anexo: evidencias <i>outputs</i> RStudio .....	112
18.5 Anexo: entrevista al señor William Quintero miembro de la empresa de la Alcaldía de Leticia, Amazonas .....	115
18.6 Anexo: evidencias de entrevistas con la comunidad casco urbano de Leticia .....	116
18.7 Anexo: evidencias de entrevistas con la comunidad destino rural de Leticia .....	119
18.8 Anexo: encuesta Google Survey .....	122
19. Glosario.....	127

### Lista de tablas

Tabla 1. Superficie productiva de la huella ecológica .....	14
Tabla 2. Categorías de consumo .....	15
Tabla 3. Contribuciones al forzamiento radioactivo positivo de algunos GEI .....	17
Tabla 4. Fuentes de los Gases Efecto Invernadero .....	21
Tabla 5. Síntesis cronológica de las conferencias sobre el cambio climático.....	23
Tabla 6. Comparativa entre las diferentes metodologías para el cálculo de la huella de carbono.....	25
Tabla 7. Marco legal cambio climático.....	29
Tabla 8. Entidades de relevancia encontradas en el municipio de Leticia.....	35
Tabla 9. Metodología de la investigación .....	39
Tabla 10. Mediciones de la huella de carbono.....	42
Tabla 11. Alcances encuestados en el municipio de Leticia.....	43
Tabla 12. Poderes caloríficos de los GEI.....	44
Tabla 13. Factores de emisión y CO <sub>2</sub> por combustible (kg/GJ).....	45
Tabla 14. Factores de emisión de kg de CO <sub>2</sub> /litro .....	45
Tabla 15. Factores de conversión por combustible.....	46
Tabla 16. Factores de emisión de CO <sub>2</sub> por KWh de las centrales hidroeléctricas nacionales .....	46
Tabla 17. Ecuaciones factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono.....	47
Tabla 18. Cronograma de actividades.....	51
Tabla 19. Presupuesto del proyecto .....	52
Tabla 20. Actividades económicas casco rural .....	55
Tabla 21. Actividades económicas casco urbano.....	56
Tabla 22. Fuentes fijas del municipio de Leticia .....	61
Tabla 23. Fuentes móviles identificadas en el municipio de Leticia .....	63
Tabla 24. Consumo de electricidad KWh/mes.....	65
Tabla 25. Consumo de gas propano en kg/día .....	65
Tabla 26. Consumo de gasolina automotriz terrestre en gal/día .....	66
Tabla 27. Consumo gasolina automotriz fluvial en gal/día .....	67
Tabla 28. Población de Leticia proyectada al año 2019 .....	69
Tabla 29. Consumo de electricidad en KWh/año .....	70
Tabla 30. Consumo de gas en kg/año .....	70
Tabla 31. Automotrices registrados en el organismo de tránsito de Leticia .....	70
Tabla 32. Proyecciones automotrices fluvial .....	71
Tabla 33. Consumo de gasolina en gal/año automotrices terrestres y fluviales .....	71
Tabla 34. Cálculo coeficiente de la huella de carbono .....	72
Tabla 35. Cálculo coeficiente del consumo eléctrico kg CO <sub>2</sub> /KWh.....	72
Tabla 36. Cálculo coeficiente del consumo de gas en kg CO <sub>2</sub> /kg .....	73
Tabla 37. Cálculo coeficiente del consumo gasolina automotriz terrestre y fluvial en kg CO <sub>2</sub> /gal .....	74
Tabla 38. Tipos de refrigerantes en masa año/kg.....	75
Tabla 39. Coeficiente de refrigerantes en CO <sub>2</sub> .....	76
Tabla 40. Cantidad de residuos sólidos recogidos al día .....	76
Tabla 41. Consumo total de los alcances anual .....	77

### Tabla de figuras

Figura 1. Descripción grafica de los alcances y emisiones tomado del documento .....	16
Figura 2. Mapa ubicación de Leticia.....	33
Figura 3. Localización del municipio de leticia elaborado por la Universidad Nacional de Colombia sede Amazónica .....	34
Figura 4. Esquema metodológico elaboración propia a partir de la ISO 14064 1 y 2 .....	50
Figura 5. Consumo de electricidad KWh/mes elaborado por medio del programa RStudio.....	65
Figura 6. Consumo de gas por día en kg/día elaborado a partir del programa RStudio .....	66
Figura 7. Consumo de gasolina en automotores terrestres en gal/día elaborado a partir del programa RStudio.....	67
Figura 8. Consumo de gasolina automotores fluviales en gal/día elaborado a partir del programa RStudio.....	68
Figura 9. Coeficiente del consumo eléctrico kg CO <sub>2</sub> /KWh elaborado a partir del programa RStudio ..	73
Figura 10. Coeficiente del consumo gas kg CO <sub>2</sub> /kg elaborado por el programa RStudio.....	74
Figura 11. Coeficiente del consumo de gasolina automotriz terrestre y fluvial en kg CO <sub>2</sub> /gal elaborado por el programa RStudio .....	75
Figura 12. Consumo total de los alcances anual elaborado a partir del programa RStudio.....	78

## Resumen

El presente documento tiene como objetivo proponer estrategias socioambientales a partir del cálculo de las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia, 2019, de manera que estas se constituyan como herramientas para la mitigación de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), las cuales se generan por las actividades económicas realizadas en el municipio. Para desarrollar y dar cumplimiento al objetivo fue necesario hacer el cálculo de la huella de carbono, siguiendo los lineamientos del “Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades – GHG Protocol” y la NTC- ISO 14064-1 y 2, junto con la aplicación del método de Factores de Emisión, los cuales son documentados a través de la aplicación de la Herramienta de Cálculo. De igual manera, se identificaron siete fuentes emisoras de Gases de Efecto Invernadero; y posterior a ello, se llevó a cabo la recopilación de información relacionada con los datos de actividad en las fuentes identificadas (consumos de gas, energía, gasolina y otros), luego se aplicaron las herramientas de cálculo como RStudio y Excel. La huella de carbono calculada fue de 57.758.429 kg CO<sub>2</sub>eq/año en el 2019, y se identificó que las fuentes con un porcentaje alto de incidencia en la huella fueron el transporte terrestre y el aéreo. La huella ecológica calculada fue de 594615 ha en el 2019. De acuerdo con los resultados obtenidos se formularon propuestas socioambientales para las emisiones GEI, entre la cuales se incluyen aspectos como la movilidad alternativa, buenas prácticas de mantenimiento y operación en sistemas de consumo energético, etc.

**Palabras clave:** huella de carbono, huella ecológica, gases de efecto invernadero.

## Abstract

The objective of this document is to propose socio-environmental strategies based on the calculation of carbon and ecological footprints in the municipality of Leticia, 2019, in such a way that these are tools for the mitigation of Greenhouse Gas (GHG) emissions generated by economic activities carried out in the municipality. To develop the objective, it was necessary to calculate the Carbon Footprint, following the guidelines of the "Accounting and Reporting Standard for Cities - GHG PROTOCOL" and the NTC- ISO 14064-1 and 2, together with the application of the method of Emission Factors documented through the application of the Calculation Tool. Likewise, the sources of greenhouse gas emissions were identified and 7 sources of GHG emissions were identified. After this, the information related to the activity data in the identified sources (gas consumption, energy, gasoline, etc.) was collected, and then the Calculation Tools such as RStudio and Excel were applied. The Carbon Footprint calculated was 57,758,429 kg CO<sub>2</sub>eq/year in 2019, identifying that the sources that had a high percentage of incidence in the footprint were land transport and air transport. The calculated ecological footprint was 594615 ha in 2019. According to the results obtained, socio-environmental proposals were formulated for GHG emissions, which include aspects such as alternative mobility, good maintenance practices and operation in energy consumption systems, etc.

**Keywords:** carbon footprint, ecological footprint, greenhouse gases.

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias  
Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica  
Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

## 1. Introducción

El calentamiento global es la elevación actual de la temperatura de la superficie de la Tierra. Se tiene que las temperaturas promedio han aumentado en todo el mundo en 0.75 °C durante los últimos 100 años, aproximadamente dos tercios de este aumento se produjo desde el año 1975. Este incremento en la temperatura era en el pasado el producto de ciertas causas naturales, pero en la actualidad la Tierra lo experimenta como resultado de la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, la cual se produce por actividades humanas (Martínez & Fernández, 2004).

El IPCC citado por Martín, Rivera, & Castizo (2018), señala que de acuerdo con “las proyecciones climáticas esta tendencia continuará a medida que se avance hacia el año 2100, además, indican que incluso en un escenario donde las emisiones de GEI se reduzcan drásticamente, las temperaturas en Latinoamérica aumentarían en 1 °C y 1.5 °C, respecto a las temperaturas actuales. En caso de que no se dé la reducción de emisiones que se necesita, las temperaturas para el año 2100 podrían aumentar entre 1.6 °C y 4 °C en América Central y hasta 6.7 °C en el resto de Latinoamérica”.

El cambio climático comienza a causar destrucción en algunas partes del territorio colombiano, produciendo inundaciones, deslizamientos de tierra, cambios en la provisión de agua, impactos en la salud humana, entre otros. Según el Instituto del IDEAM:

“En la última investigación realizada, en Colombia se registra un aumento de la temperatura media de 0.13 °C/década para el periodo 1971-2000, y en este escenario de cambio climático se proyecta que la temperatura promedio del aire aumentará en el país 1.4 °C para el periodo 2011-2040, con respecto al periodo de referencia 1971-2000”. (Pabón, 2003, párr. 3)

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se han elevado un 13% entre el año 2000 y el 2011, debido al crecimiento del transporte y a las actividades de explotación de petróleo y gas, así como también a la alta demanda energética que inserta a la reactivación económica. Aunado a lo anterior, se tiene que en los años 2009 y 2010 la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria se le atribuyó al incremento del consumo de combustibles fósiles para la generación eléctrica, lo cual se debe al fenómeno del Niño (CEPAL, 2014).

Con base en lo expuesto, cabe anotar que es necesario continuar con las investigaciones de las actividades que generan el cambio climático en Colombia, pues se evidencia una falta de información en algunas regiones del país.

Ahora bien, dado que los ecosistemas estratégicos se encuentran en el departamento del Amazonas, debido al valor que esta representa en términos de biodiversidad por la selva amazónica que lo compone, este proyecto se delimita a la capital del Amazonas, con el fin de proponer estrategias para la reducción de emisiones de GEI en el municipio de Leticia. Para ello, se establece el uso de una herramienta que permita hacer el cálculo del CO<sub>2</sub>, con la cual sea posible cuantificar la demanda que ejerce una comunidad de consumidores sobre la naturaleza. “Una de esas herramientas son las evaluaciones de huella que trazan el suministro de recursos por la actividad antrópica en el pasado, y la demanda con la disponibilidad de recursos en el futuro” (Wiedmann & Minx, 2007, p. 6).

En este contexto, se tiene que las herramientas más comentadas para dicha medición son la huella ecológica y la huella de carbono, las cuales son aplicadas en este proyecto de investigación y referenciadas con el área de estudio mencionado.

## 2. Formulación del problema

El cambio climático en la región del Amazonas se relaciona de dos maneras: debido a que la región Amazónica acumula enormes cuantías de carbono, además, tiene una función fundamental en el balance climático de la región; por otra parte, se tiene que los cambios en las reservas de carbono se deben a la deforestación y al turismo (Scholze, 2014). Según Motta (2017), Leticia es la capital del departamento del Amazonas, el cual es un centro urbano y de gran valor, sobre todo turístico, puesto que empieza a dotarse con una gran infraestructura en hoteles, restaurantes, agencias de viajes, etc., siendo la industria que más impactan a nivel ambiental, dado el flujo y el consumo de los turistas.

En este sentido, Olivera y Cristóbal (2014):

“Estima que a nivel global el turismo es responsable de aproximadamente el 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero”, denominados por (Benavides & León, 2007) como “metano ( $\text{CH}_4$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), vapor de agua, óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), clorofluorocarbonados (CFC’s) o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )”. (p. 54)

La OMM (2018) señaló que el “dióxido de carbono es el principal GEI antrópico de la atmósfera debido a que en el 2017 alcanzó el 146 % del nivel preindustrial a causa de las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles y la deforestación” (p.3). Por otra parte, el metano proviene de fuentes antrópicas como la explotación de combustibles fósiles, vertederos y combustión de biomasa. Sobre el  $\text{CH}_4$  se tiene que alcanzó en el año 2017 un máximo de  $1859 \pm 2$  partes por billón, lo cual representa un aumento de 7 partes por billón con respecto al año 2016 (OMM, 2018). Aunado a lo anterior, de acuerdo con la (OMM, 2018):

“El óxido nitroso proviene de fuentes antrópicas, tales como, el uso de fertilizantes y diversos procesos industriales. En 2017 el  $\text{N}_2\text{O}$  alcanzó  $329,9 \pm 0,1$  partes por billón, es decir, 0,9 partes por billón por encima del año 2016” (pp. 6-7). Y desafortunadamente, señaló la (OMM, 2018) “el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) es producido por la industria química. Los CFC, que agotan la capa de ozono estratosférico, y los gases halogenados menores, contribuyen en aproximadamente un 11% al forzamiento radiativo causado por su alta concentración”. (p. 7)

Los cambios que se han presentado en los patrones climáticos afectan negativamente la salud de las personas en todo el mundo, donde la mortalidad y muchas enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, la fiebre amarilla, el dengue y el paludismo están en aumento. Por ejemplo, en el caso del dengue, enfermedad que es transmitida por los mosquitos, ha aumentado su transmisibilidad entre 3% y 6% desde el año 1990, ello en consecuencia del cambio climático. Por otro lado, llegar a los 2 °C y 3 °C de aumento de la temperatura, significará que 150 millones de personas se encontrarán en riesgo de contraer malaria, por lo que la cifra total llegaría al 5% de la población mundial (Martín, Rivera, & Castizo, 2018).

Los resultados anteriores demuestran que los GEI generan impactos sobre los ecosistemas y las sociedades de la región amazónica. El aumento de la temperatura, así como de eventos extremos, y las diferentes formas de explotación de los recursos naturales ocasionan daños tanto ambientales como sociales, y generan impactos económicos, como la pérdida de la biodiversidad y a la extinción

de las especies en la región (De Murieta, Neumann, & Markandya, 2014). Por lo tanto, será necesario hacer un análisis de las diferentes fuentes de emisiones encaminadas hacia esta problemática, lo cual incentiva a proponer estrategias socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica, que se generan en el destino turístico de Leticia, Amazonas.

### **3. Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las estrategias socioambientales que se deben proponer, con el fin de reducir las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia (zona turística), Amazonas?

#### 4. Justificación

La industrialización ha promovido y motivado en la actualidad a que las personas, en diferentes países, tengan un ritmo ligero de consumo debido a sus estilos de vida, por lo que incrementan el consumo de agua potable, energía, transporte, entre otros. “Estas actividades están liberando emisiones de Gases de Efecto Invernadero, denominados: metano (CH<sub>4</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), vapor de agua, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonados (CFC’s) o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)” (Benavides & León, 2007), los cuales generan una capa de gases en exceso en la atmósfera, de manera que no permiten que la cantidad de calor producida por el sol resurja, así generan un aumento en la concentración de GEI, lo que a su vez produce un desequilibrio en el balance térmico del planeta. “Ello se traduce en un aumento de la temperatura, cambios y alteraciones en el clima de la tierra conocidos como cambio climático” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019, párr. 3), lo cual, además, pone en peligro la calidad de vida del ser humano y todo su entorno social, económico y ambiental con el que constantemente interactúa. Lamentablemente, como se señala en el informe especial del IPCC (2017), es claro:

[Que el] mundo ya se ha “calentado en 1.5 °C debido a la actividad humana. Como consecuencia, el cambio climático está afectando ya a personas, ecosistemas y medios de subsistencia en todo el mundo; además efectos como las inundaciones o las sequías están impactando de manera desproporcionada a las personas más pobres y vulnerables algunas de las zonas más afectadas son las islas pequeñas, las megaciudades, las regiones costeras y las altas cordilleras”. (p. 1)

Con base en lo anterior, se tiene que los GEI son los principales cooperantes del aumento del calentamiento global, donde el CO<sub>2</sub> es uno de los gases que con mayor efecto.

Phillips, Yepes, García y Duque (2010) citado por Cepal y Patrimonio Natural (2013), mencionan que la región Amazónica es un importante reservorio global de carbono, pues sus bosques tienen un papel significativo en el ciclo del carbono atmosférico, y en mantener el equilibrio del CO<sub>2</sub> en la atmósfera del planeta; una hectárea de bosque amazónico colombiano contiene una biomasa aérea de 187 toneladas y un contenido de carbono de 93.8 toneladas. El municipio de Leticia se posiciona como un destino clave a nivel nacional e internacional, no obstante, el turismo, es una de las actividades con mayor aumento en los últimos años de las que se realizan en el municipio, representa un incremento importante de GEI que recae sobre los recursos naturales y la infraestructura municipal.

Por tal motivo, se tendrá como base metodológica la estimación de la huella de carbono y ecológica. Estas se utilizarán como indicadores de sustentabilidad con carácter urbano y rural, y con rutas asertivas para identificar, controlar, reducir o mitigar las emisiones de GEI, también por los impactos negativos que representa. A partir de dichas estimaciones, se propone generar una serie de estrategias socioambientales que permitan consolidar a Leticia como un destino turístico sustentable, comprometido con la disminución de las huellas de carbono y ecológicas; y, asimismo, con la mejora de la calidad de vida de sus habitantes y turistas.

Cabe anotar que en Colombia se han llevado a cabo varios estudios en los cuales se aplica este tipo de metodología para cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **5. Objetivos**

### **5.1 Objetivo general**

Cuantificar la generación de GEI para proponer estrategias socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia (zona turística), Amazonas.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Identificar las fuentes de generación de GEI y sus consumos.
- Calcular las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia (zona turística).
- Formular estrategias socioambientales que permitan la reducción de las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia (zona turística).

## 6. Marco de referencia

En este estado del arte se ofrece una visión general de investigaciones previas de la Universidad El Bosque, en el campo del cálculo de la huella de carbono y ecológica. Este apartado se organiza por temáticas, cuya importancia se halla en la recopilación de la información y las metodologías relevantes sobre el tema para desarrollar esta investigación, además, se conocen cuáles son los temas que se han investigado en proyectos anteriores.; así como estudios de caso en los cuales se aplica o implementa la medición de huella de carbono en diferentes sectores productivos y de servicios en Colombia y el mundo.

Tema 1. En este contexto se tienen los proyectos sobre las propuestas para la reducción de los GEI, desarrollados en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, los cuales parten de las tesis desarrolladas en la ciudad Leticia. La primera tesis se tituló “Diseño de una propuesta de manejo de las principales emisiones de GEI con base en la estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia”, el cual trató de demostrar el impacto y la contribución que genera el destino turístico de Leticia (DTSL) en el cambio climático nacional. La primera fase de este proyecto consistió en identificar el área de estudio y las principales fuentes de emisión de 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), de manera que por medio de los instrumentos o el indicador de huella de carbono, se pudieran realizar los cálculos de la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera. Finalmente, para dar cumplimiento al objetivo general de este proyecto, se diseñó la propuesta de medidas de manejo de GEI de las principales fuentes de emisión del DTSL (Campos, 2014).

El segundo trabajo es la “Propuesta para la reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el Anaira Hostel, Leticia-Amazonas”. La capital del departamento del Amazonas, Leticia, es uno de los sitios turísticos más visitados de Colombia, y, asimismo, es responsable de un gran flujo económico y comercial, dado que cuenta con una gran infraestructura turística (hoteles, restaurantes, agencias) dentro de la cual se encuentra el Anaira Hostel, que ocasiona grandes problemas ambientales sobre el municipio como la emisión de GEI; por ende, es necesario mitigar los impactos ambientales por medio de diferentes alternativas como la implementación de los sistemas fotovoltaicos. Es así que la ausencia de proyectos referentes al manejo de los Gases de Efecto Invernadero, lleva a los investigadores del trabajo en mención a formular una propuesta para reducir la huella de carbono del Anaira Hostel, por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico (Rodríguez & Gutiérrez, 2017).

En Bogotá D.C se han desarrollado otras tesis sobre los planes de manejo. En este punto cabe mencionar la tesis titulada “Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los campus norte y sur de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A”, la cual tiene como objetivo proponer estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono institucional, para ello sigue los lineamientos del “Estándar corporativo de contabilidad y reporte – GHG Protocol” y la NTC- ISO 14064-1, junto con la aplicación del método de Factores de Emisión, a través de la aplicación de la Herramienta de Cálculo CAEM. De igual manera, en la propuesta referida se identificaron las fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero, donde se logró reconocer y validar un total de 13 fuentes. Posteriormente, los investigadores realizaron la selección de la información relacionada con los datos de actividad en

las fuentes identificadas (consumos de gas natural, energía y otros), y se aplicó la Herramienta de Cálculo CAEM. La huella de carbono calculada fue de 582.14 tonCO<sub>2</sub>eq/año en el año 2014, y en el 2015 fue de 511.58 tonCO<sub>2</sub>eq/año, de esa manera se identificó que las fuentes con un porcentaje de incidencia alto en la huella fueron el tratamiento de aguas residuales y la energía. De acuerdo con los resultados obtenidos se formularon unas alternativas de mitigación para las emisiones de GEI, entre las cuales se incluyen las prácticas de movilidad alternativa, las buenas prácticas de mantenimiento y operación en sistemas de consumo energético, la sustitución a bombillas Led, la recuperación de metano para generar energía y la siembra de especies nativas (Aponte, 2017).

El segundo trabajo fue el “Plan de manejo para reducir la huella ecológica de los residentes del conjunto portal de Villa Magdala de Bogotá D.C.”. Este trabajo estimó como población de estudio a los residentes de un conjunto residencial de la ciudad de Bogotá, donde a partir de una encuesta se determinó el valor de la huella ecológica para la población. Con las huellas calculadas se estructuró un plan de manejo orientado a la reducción del impacto sobre las zonas a estudiar, mediante programas y planes de acción para reducir la huella calculada, y crear conciencia en las personas sobre la gestión de los residuos sólidos y el manejo adecuado de los recursos naturales. Así, se inició un proceso de concientización socioecológica, a través del plan de responsabilidad social con el proyecto de las 5 R’s, y se contribuyó a generar un panorama completo de la salubridad ambiental del conjunto. A pesar de que el estudio se realizó con un grupo mínimo de la población, el valor calculado de la huella ecológica fue de (2.67 ha/hab), similar al valor encontrado para el planeta (2.7 ha/hab) y la ciudad (2.84 ha/hab), además, sobrepasa lo estimado para cada habitante a nivel mundial (2.1 ha/hab); por lo que se sugirió aplicar el plan de manejo y hacer seguimientos del mismo para establecer la efectividad de lo planteado en la comunidad, y así aplicarlo a otros grupos poblacionales. De esa manera, una vez establecido el modelo adecuado, se podría emprender el camino hacia la certificación en la calidad de procesos –aquí planteados– en conjunto con la normatividad ambiental (Huertas & Chávez, 2010).

Por otra parte, en Cundinamarca se han desarrollado otra tesis sobre las propuestas de manejo, entre ellas la titulada “Propuesta de alternativas para mitigar la emisión de Gases de Efecto Invernadero, a partir de la estimación de la huella de carbono del sector institucional en el municipio de Suesca, Cundinamarca”. Para este proyecto se tomó como base la metodología desarrollada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), de modo que se pudiera estimar la huella de carbono a nivel municipal. En esta herramienta se evaluaron los seis GEI establecidos en el Protocolo de Kioto, en el cual se tienen en cuenta siete sectores, a saber: residencial, industrial, institucional, transporte, residuos, agropecuario y cambio de uso del suelo (Sandoval, 2017).

Tema 2. En este contexto se encuentran los proyectos sobre las problemáticas que puede causar el cambio climático, desarrollados por diferentes autores internacionales, en los cuales se parte de las tesis desarrolladas en América Latina. La primera tesis se titula “Cambio climático en América Latina y el Caribe”, documento realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el año 2006, donde se expone el contexto global del cambio climático con un enfoque en las regiones de América Latina y el Caribe sobre cómo estas responden, se adaptan y enfrentan dicha amenaza.

“Busca ampliar y profundizar el problema del cambio climático mediante las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en estas regiones, qué acciones, políticas, medidas y estrategias

han venido adoptando los países de la región para hacerle frente, cuáles son los escenarios y las perspectivas a corto y mediano plazo, cómo identificar oportunidades de cooperación regional para enfrentar un desafío global y de qué modo las iniciativas y acciones adoptadas en la región pueden contribuir a enfrentar el problema del cambio climático a escala global”. (Rey & Rivero, 2006, p. 34)

El segundo trabajo se titula “El cambio climático y sus consecuencias para América Latina”. Según la organización internacional Oxfam (Oxford Committee for Famine Relief) el cambio climático aborda un problema de seguridad global por dos razones principales, a saber:

“Un aumento de la temperatura por encima de los 2 °C puede llevar a un territorio a presentar un alto riesgo de originar una modificación del clima con efectos potencialmente irreversibles; y una alteración climática por encima del umbral mencionado podría producir una fuerte desestabilización social, económica, ambiental y política en amplias regiones del mundo”. (Herrán, 2012, p. 3)

En el tercer trabajo “Crisis ambiental y cambio climático en la política global: un tema crecientemente complejo para América Latina”, se analizan las proyecciones de la crisis ambiental global, especialmente con una variable de cambio climático, como posible origen de conflictos en el nuevo orden global emergente.

“Se plantea que la geopolítica de la globalización es la geopolítica del medio ambiente o la ambientalización de la geopolítica. En este sentido, el acento se pone en las miradas de potencias como los EE. UU. frente al tema, así como el papel que se le asigna a la América Latina, ejemplificando con el caso de la Amazonía”. (Estenssoro, 2010, p. 57)

En el cuarto trabajo “Global Warming, a very short introduction”, realizado por expertos de la Universidad de Oxford, se explica el calentamiento global y el cambio climático por medio del desarrollo de la teoría de las temáticas a través del tiempo; también se evidencian las consecuencias del calentamiento global y sus efectos en la sociedad humana a futuro. A modo de conclusión el texto plantea que se debe realizar un cambio en las reglas básicas de la sociedad, para adoptar un nuevo enfoque más global y a largo plazo que permita trabajar en las soluciones del calentamiento global (Maslin, 2004).

El quinto trabajo es “Cambio climático y biodiversidad”, el cual fue llevado a cabo por un grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, donde participó el PNUMA y la OMM. Este es uno de los documentos técnicos en el cual, además de definir los conceptos básicos de biodiversidad y de cambio climático, se presentan los diferentes cambios que se han observado y que tienen mayor relevancia a nivel global, los cuales se derivan de la presencia de climas extremos. Cabe anotar que entre los cambios presentados se tienen las concentraciones atmosféricas de Gases de Efecto Invernadero, las temperaturas y cambios de precipitaciones, al igual que la disminución en las capas de hielo y el aumento del nivel del mar, entre otros. “A partir del conocimiento de las diversas consecuencias se puede extraer información para contrarrestarlos de manera más específica” (IPCC, 2002, p. 64).

Tema 3. En este se encuentran los proyectos sobre las causas y los resultados del efecto invernadero a nivel internacional, los cuales parten de la tesis que se lleva a cabo en la Universidad Autónoma Indígena de México titulada “Tendencias del cambio climático global y los eventos extremos asociados”. Se ha llegado a un consenso científico en que las actividades humanas alteran de manera directa o indirecta la contextura de la atmósfera, lo cual, aunado a la variabilidad climática natural, ha provocado que el clima global se vea alterado significativamente en este siglo.

“El aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero son los que causan cambios regionales y globales en la temperatura, precipitación y otras variables climáticas. Por lo tanto, frente al cambio climático global la humanidad tiene dos grandes retos: revertir las tendencias negativas mediante la mitigación y reducir la vulnerabilidad ante los eventos extremos asociados por medio de la adaptación y prevención ante contingencias ambientales” (Lastra, López, & López, 2008, p. 625).

El segundo trabajo que se encuentra en este contexto es “El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales”. El cambio climático ocupa actualmente uno de los principales lugares entre la lista de los problemas que atemorizan a la humanidad, debido a sus efectos medioambientales, pero sobre todo porque su principal determinante es el aumento de los Gases de Efecto Invernadero, lo cual resulta de las actividades humanas.

“El acrecentamiento de la temperatura global originada por el efecto invernadero es responsable del aumento del nivel del mar, la disminución de las capas de nieve y hielo, así como del cambio de tendencia en las precipitaciones y todo ello afectará a los sistemas naturales vinculados al hielo, a los sistemas hidrológicos y a la calidad de las aguas, a los sistemas biológicos marinos y de agua dulce y a la productividad agrícola y forestal”. (Fernández, 2013, p. 65)

En Cuba se han desarrollado otras tesis sobre las causas y los resultados del efecto invernadero, es así que cabe mencionar la tesis titulada “Biocombustibles, ambiente y sociedad. Una mirada desde la perspectiva bioética”. La problemática ambiental se ha transformado en un objetivo prioritario para todos en el planeta, puesto que el uso creciente de los combustibles fósiles comprende su agotamiento progresivo; asimismo, el uso de estos combustibles ha generado el cambio climático como resultado de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Los autores exponen el presente trabajo como un documento de revisión bibliográfica:

“Que intenta mostrar una visión general sobre los biocombustibles, así como sus efectos positivos y negativos; también el contexto social que da lugar al impulso de estos, y cómo la bioética puede ayudar en el análisis de las situaciones derivadas por el uso e implementación de esta tecnología”. (Bernal, Martínez, & Jiménez, 2015, p. 11)

El cuarto documento, ya mencionado en la temática de cambio climático, variabilidad climática y calentamiento global, fue realizado por el PNUMA en el año 2006, y se titula el “Cambio climático en América Latina y el Caribe”. Es necesario traer este trabajo a colación por la presentación que hace en uno de sus capítulos sobre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a nivel global, y en el caso específico de América Latina y el Caribe (Rivero & Rey, 2006).

Tema 4. Se encuentran los proyectos sobre la implementación de las huellas de carbono y ecológica, los cuales fueron desarrollados a nivel nacional por diversos autores que toman a las huellas de carbón y ecológica como principal indicador del impacto ambiental. La primera tesis se titula “Estimación de la huella ecológica en estudiantes del programa de Administración de Empresas de la Universidad de la Amazonia”. En este trabajo se evalúa la huella ecológica de la comunidad académica y se identifican cuáles son sus factores determinantes, pues, estimar las emisiones de carbono que favorecen al calentamiento global permite identificar las acciones requeridas para reducir el impacto, y sensibilizar al estudiante sobre la contaminación ambiental y la responsabilidad que debe tener para reducirla.

“Los resultados manifiestan que la huella ecológica de un estudiante de administración de empresas equivale en promedio a 0.89 toneladas de CO<sub>2</sub> por semestre, lo cual se relaciona con el ingreso monetario del estudiante. Este trabajo se enmarca en los mecanismos para evidenciar el cumplimiento de los principios de desarrollo sostenible en la Universidad de la Amazonia” (Pardo, Andrade, & Cetina, 2018, p. 18).

La segunda tesis es la titulada “Cálculo de la huella ecológica corporativa como indicador de sostenibilidad en la empresa Tecniamsa, regional centro”. La empresa Tecniamsa S.A. E.S.P. cuenta con el Parque Tecnológico Ambiental de la Sabana, ubicado en Mosquera, en el cual se desarrollan actividades de disposición final de residuos peligrosos mediante hornos de incineración, Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y celda de seguridad. La empresa es consciente de que debido a sus procesos se genera un alto consumo de diferentes insumos, materias primas, agua y energía; pero también se encuentra comprometida con el medio ambiente, y constantemente se somete a mejoras para hacer sus procesos más eficaces y sostenibles. En este sentido, lo que se busca con el cálculo de la huella ecológica es identificar las que generan mayor consumo de materiales, recurso hídrico y recurso energético, así como la producción de residuos en las diferentes áreas, de manera que se puedan hacer recomendaciones para mejorar y reducir los impactos que se generan por las mismas. El cálculo de la huella ecológica se realizó con base en la adaptación de la calculadora de Mathis Wackernagel, Ritik Dholakia, Diana Deumling y Dick Richardson, para ello se tuvo en cuenta la metodología desarrollada por Domenech, donde se requieren los siguientes valores: consumo en la planta de recursos agropecuarios, energético, uso del suelo, recursos forestales, servicios y la generación de residuos. Los datos con los cuales se trabajó en el cálculo de la huella corresponden al año 2016, para poder conocer las hectáreas que necesita la compañía para mantener sus actividades, y hacer las recomendaciones adecuadas basadas en ello. Los valores requeridos para el cálculo de esta herramienta se obtuvieron de la consulta a las áreas de finanzas, compras y al jefe de planta, los cuales se ingresaron, posteriormente, en la calculadora y en las diferentes categorías a las cuales pertenece cada consumo adquirido, que luego fueron de utilidad para obtener finalmente el valor de la huella ecológica (Peñarete, 2017).

La tercera tesis es “Cálculo de la huella de carbono de la Secretaría Distrital de Integración Social de Bogotá, mediante la metodología del Protocolo GHG”. El principal objetivo del proyecto en mención fue calcular la huella de carbono de la Secretaría de Integración Social de Bogotá, para ello se contó con todas las instituciones que están adscritas a esta, de modo que se pudiera establecer cuáles son los impactos que esta institución genera en el ambiente con respecto a las emisiones de

GEI. Para llevar a cabo este cálculo se implementó la metodología establecida por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible en su Protocolo GHG, y la calculadora MVC Colombia que permite realizar el cálculo con las respectivas adecuaciones para el país y para las organizaciones prestadoras de servicio (Cely, 2015).

“En la actualidad existe un consenso casi generalizado en torno a que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos” (CEPAL, 2019, párr. 43).

Por ello, es importante implementar indicadores de medición como las huellas de carbono y ecológica. Según Frohmann (2013):

“Al medir un producto o realizar un inventario de GEI de una empresa implica realizar un ejercicio de contabilidad de emisiones. El objetivo final del mismo suele ser la reducción de dichas emisiones, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. En efecto, al conocer el nivel de emisiones de su producto o empresa, el productor puede realizar acciones para reducirlas”. (p. 11)

## 7. Marco conceptual

### 7.1 Gases de Efecto Invernadero

“Los GEI son compuestos volátiles de la atmósfera que absorben y remiten radiación infrarroja; es decir, estos gases permiten que en el planeta se mantenga caliente y así se desarrolle la vida” (MVC Colombia, 2014, párr. 1). Ahora bien:

“El incremento de estos GEI en la atmósfera conlleva al incremento de las temperaturas promedio, lo que se conoce como el Calentamiento Global. Así mismo, MVC Colombia afirma que los principales Gases Efecto Invernadero son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los halo carburos”. (MVC Colombia, 2014, párr. 2)

Finalmente, el Protocolo de Kioto establece como gases principales los siguientes:

“El Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). El principal GEI aportado por Colombia es el dióxido de carbono con un 50%, otros aportes son por el metano con el 30%, el óxido nitroso con el 19% y los hidrofluorocarbono, perfluorocarbonos y Hexafluoruro de azufre, que equivalen al 1%”. (p. 1)

### 7.2 Huella ecológica

La huella ecológica es un indicador biofísico la cual permite valorar los requerimientos en términos de consumo de recursos y asimilación de desechos de una determinada población, expresados en áreas de suelo productivo. Nos permite comprobar la dependencia que tiene la población de una ciudad, región o país, de las importaciones de recursos y su capacidad de asimilación de desechos disponibles. “La huella ecológica parece un buen indicador de sostenibilidad del planeta, una ciudad, una región o un territorio. De acuerdo con el estilo de vida y de consumo de una sociedad, muestra el espacio en ha/per cápita requerida para satisfacer las necesidades de alimentación, oxígeno, energía, vivienda, agua, espacios para vertido, etc. este contexto es importante presentar el concepto de “la biocapacidad, por su parte, es la superficie de tierra disponible para un determinado nivel de producción y también se expresa en unidades de hectáreas globales. (Acuña, 2008, p. 30)

Asimismo, “la metodología de cálculo [la cual] se basa en la estimación de la superficie productiva necesaria para satisfacer los consumos asociados a la alimentación, a los productos forestales, al consumo energético y a la ocupación directa del suelo” (Estévez, 2011, p. 41). Para establecer estos consumos es necesario conocer las superficies productivas que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Superficie productiva de la huella ecológica*

Materia	Productos
---------	-----------

Cultivos	Alimentos, fibras, aceites.
Pastoreo	Carne, leche, cuero y lana.
Bosques	Madera que se usa en la producción de bienes o como combustible.
Mar productivo	Pescados y mariscos.
Superficie construida	Viviendas, industrias, carreteras y otras infraestructuras.
Área de absorción CO <sub>2</sub>	Bosque para absorber los desechos producidos por la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, entre otros, utilizados por las industrias y para el transporte.

Fuente: (Carballo & García, 2008)

Aunado a lo anterior, “junto a estos diferentes usos de la tierra productiva, considera cinco categorías de consumo: alimentación, hogar, transporte, bienes de consumo y servicios. La huella ecológica sería el resultado de entrecruzar todos estos elementos” (Carballo & García, 2008, p. 9):

Tabla 2. *Categorías de consumo*

<b>Materia</b>	<b>Producto</b>
Alimentación	Áreas necesarias para la producción de alimentación vegetal o animal, incluyendo los costes energéticos asociados a su producción.
Edificaciones de vivienda, industria y servicios.	Áreas demandadas por el sector doméstico, industrial y de servicios, sea en forma de energía o de terrenos ocupados.
Uso del transporte	Áreas asociadas al consumo energético y terrenos ocupados por el transporte.
Consumo de papel	Áreas para la producción de papel y disposición final de residuos sólidos. Incluye los bosques necesarios para la captación de CO <sub>2</sub> . Los terrenos ocupados directamente para la actividad industrial se incluirán en la huella ecológica para edificaciones.

Fuente: (Carballo & García, 2008)

### 7.3. Huella de carbono

La huella de carbono, por otro lado, representa la emisión total de Gases de Efecto Invernadero (GEI) al medio ambiente, a lo largo de un periodo de tiempo particular, por una persona o una organización. Esta tiene en cuenta la cantidad de GEI emitidos en equivalentes de CO<sub>2</sub>, lo que aporta una idea sobre cuál es el impacto generado en el planeta por la quema de combustibles fósiles. La huella de carbono es el componente de más rápido crecimiento en comparación con la huella ecológica global (se tiene que la huella ecológica es del 54%); sin embargo, esto no hace referencia al esfuerzo que se requiere para compensar el efecto de los GEI una vez liberados en la atmósfera. Por ello, el objetivo principal del cálculo es que las personas reduzcan su producción de carbono, al

aumentar su eficiencia energética y al quemar menos combustibles fósiles para realizar sus actividades cotidianas (Granada, 2012).

“La huella de carbono está compuesta por la suma de dos partes: la huella primaria, medida por las emisiones directas de CO<sub>2</sub>, las cuales se clasifican de esta forma por tener la posibilidad de controlarlas, como son el transporte y consumo de energías. La huella secundaria, que es la medida de las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>, de la totalidad del ciclo de vida de un producto o servicio” (Gallardo & López, 2010, p. 135).

Lo mencionado en la cita anterior se refiere a las emisiones generadas por actividades propias, las cuales de no ser controladas por la organización pueden tener tres tipos de alcances que se presentan a continuación:

- Alcance 1: “Emisiones directas de GEI. Las emisiones directas se generan de fuentes que están controladas o son propiedad de la entidad. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc.” (PIGA, 2015, p. 15).
- Alcance 2: “Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad. Emisiones producto de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa (se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa)” (PIGA, 2015, p. 15).
- Alcance 3: las emisiones de este tipo de alcance “son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no están controladas, ni son de su propiedad. Algunos ejemplos de actividades son la extracción y producción de materiales adquiridos, el transporte de combustibles, el uso de productos y servicios vendidos”. (PIGA, 2015, p. 15)

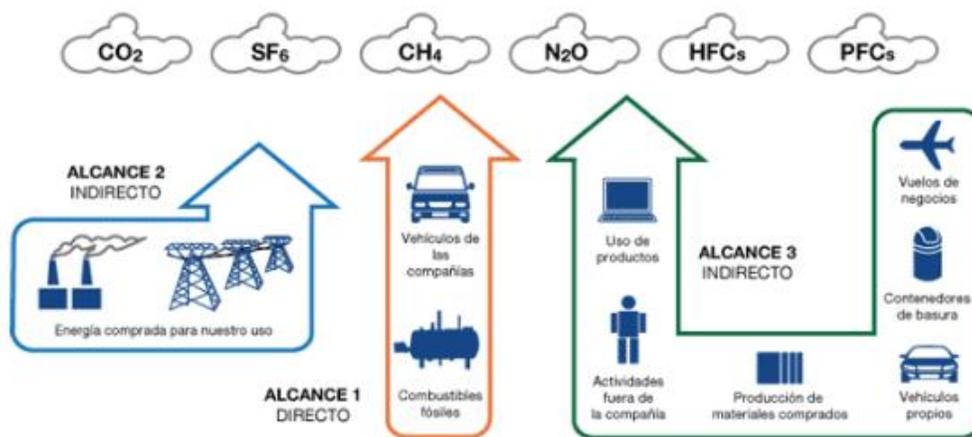


Figura 1. Descripción grafica de los alcances y emisiones tomado del documento

Fuente: (Ambrós et al., 2012)

#### 7.4. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural por el cual la Tierra experimenta un calentamiento debido a su atmósfera. Algunos gases permiten que la radiación solar pase a través de la atmósfera y caliente la superficie terrestre evitando que la radiación que refleja la Tierra se escape al espacio. Esto hace que la atmósfera y también la Tierra se mantengan calientes, contribuyendo a la existencia de vida sobre nuestro planeta. El aumento desproporcionado de gases por la polución ha hecho que el efecto invernadero aumente, lo que nos lleva al incremento constante de la temperatura de la Tierra. (Martínez, 2016, párr. 18)

En este contexto será importante anotar la contribución que generan las actividades humanas, las cuales “están cambiando las concentraciones y distribuciones atmosféricas de los GEI y aerosoles. Estos cambios pueden producir un forzamiento radiactivo que pueden cambiar la reflexión o absorción de la radiación solar o la emisión y absorción de radiación terrestre” (Parra, 2010, p.54).

Varios de los gases emitidos por actividades humanas son denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (NO<sub>x</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), algunos halocarbonos como los CFCs, HCFCs, HFCs y los PFCs), son buenos absorbentes de la radiación infrarroja y específicamente los halocarbonos porque muchos de ellos absorben energía en la región de longitudes de onda donde la energía no es absorbida por el dióxido de carbono ni el vapor de agua (región denominada como ventana atmosférica”. (Parra, 2010, p. 40)

Ahora bien, se tiene que entre los gases emitidos referidos en la cita anterior:

El CO<sub>2</sub> es el que más ha contribuido al forzamiento radiactivo positivo seguido por el CH<sub>4</sub>, el ozono troposférico, el N<sub>2</sub>O y algunos halocarbonos. El forzamiento radiactivo del CO<sub>2</sub> se ha incrementado en un 20% durante los últimos 10 años, siendo el cambio más grande observado para una década en los últimos 200 años. El efecto radioactivo del CO<sub>2</sub> y el vapor de agua es calentar el clima superficial y enfriar la estratosfera, mientras que el efecto radioactivo de los halocarbonos es calentar la troposfera y la estratosfera debido a su absorción en la ventana atmosférica. (Parra, 2010, p. 32)

Tabla 3. *Contribuciones al forzamiento radioactivo positivo de algunos GEI*

Dióxido de C	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	25
Óxido nitroso	NO <sub>2</sub>	298
Sustancias controladas según el Protocolo de Montreal		
CFC-11	CCI3F	4.750
CFC-12	CCI2F2	10.900
CFC-13	CCIF3	14.400
CFC-113	CCI2FCCIF2	6.130
CFC-114	CCIF2CCIF2	10.000
CFS-115	CCIF2CF3	7.370

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

Halon-1301	CBrF3	7.140
Halón- 1211	CBrClF2	1.890
Halon-2402	CBrF2CBrF2	1.640
Tetracloruro de carbono	CCl4	1.400
Bromuro de metilo	CH3Br	5
Metilcloroformo	CH3CCl3	146
HdCFC-22	CHdClF2	1.810
HdCFC-123	CHdCl2CF3	77
HdCFC-124	CHdClFClF3	609
HdCFC-141b	CH3CCl2F	725
PFC-3-1-10	C4F10	8.860
PFC-4-1-12	C5F12	9.160
PFC-5-1-14	C6F14	9.300
PFC-9-1-18	C10F18	>7.500
HdCFC-142b	CH3CClF2	2.310
HdCFC-225ca	CHdCl2CF2CF3	122
HdCFC-225cb	CHdClFClF2CClF2	595
HFC-23	CHF3	14.800
HCF-32	CH2F2	675
HCF-125	CHF2CF3	3.500
HCF-134 <sup>a</sup>	CH2FCF3	1.430
HCF-143 <sup>a</sup>	CH3CF3	4.470
HCF-152 <sup>a</sup>	CH3CHF2	124
HCF-227ea	CF3CHFCHF3	3.220
HCF-236fa	CF3CG2CF3	9.810
HFC-245fa	CHF2CH2CF3	1.030
HFC-365mfc	CH3CF2CH2CF3	794
HFC-43-10 mee	CF3CHFCHFCF2CF3	1.640
Compuestos perfluorados		
Hexafluoruro de S	SF6	22.800
Tetrafluoruro de N <sub>2</sub>	NF3	17.200
PFC-14	CF4	7.390
PFC-116	C2F6	12.200
PCF-218	C3F8	8.830
PCF-318	o-C4F8	10.300
Trifluorometil pentafluoruro de S	SF5CF3	17.700
Éteres fluorados		
HFE-125	CHF2OCF3	14.900
HFE-134	CHF2OCHF2	6.320
HFE-143 <sup>a</sup>	CH3OCF3	756
HdCFE-235da2	CHF2OCHdClCF3	350
HFE-245cb2	CH3OCF2CHF2	708
HFE-245fa2	CHF2OCH2CF3	659
HFE-357mcc3	CH3OCF2CHF2	359
HFE-347mcc3	CH3OCF2CF2CF3	575
HFE-347pcf2	CHF2CF2OCH2CF3	580
HEF-356pcc3	CH3OCF2-CF2CHF2	110
HFE-449si (HFE- 7100)	C4F9OCH3	297

HFE.569sf2 (HFE- 7200)	C4F9OC2H5	59
HFE-43-10-pccc124(H-Galden 1040x)	CHF2OCF2O C2F4OCHF2	1.870
HFE-236ca12 (HG-10)	CH2OCF2-OCHF2	2.800
HFE-338 pcc13 (HG-01)	CHF2OCF2CF2OCHF2	1.500
Perfluoropolieters		
PFFPMIECF3OCF (CF3) CF2OCF2OCF3		10.300
Hidrocarburos compuestos		
Dimetileter	CH3OCH3	1
Cloruro de metileno	CH2CI2	8.7
Cloruro de metilo	CH3CI	13

Fuente: (Espíndola & Valderrama, 2012)

### 7.5. Variabilidad climática

El concepto de variabilidad climática logra ser definido en función de términos temporales o espaciales (desviaciones temporales o espaciales de las variables con respecto a los promedios considerados). En la escala temporal y más allá del orden de la escala sinóptica (varios días) se puede hablar, por ejemplo, de variabilidad estacional, del ciclo anual o interanual, para caracterizar las señales o elementos que distinguen las condiciones de un área o región con respecto a sus promedios sobre el periodo elegido. En el aspecto espacial, el ejemplo más utilizado de esta variabilidad es la clasificación climática por zonas, cada una de ellas relativamente homogénea en espacio y tiempo con respecto a las variables consideradas, durante periodos de tiempo previamente establecidos. (Amador & Alfaro, 2009, p. 40)

### 7.6. IPCC

“El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés) fue fundado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Se trata de un grupo abierto a todos los miembros de las Naciones Unidas y de la OMM” (Benavides & León, 2007, p. 15).

Cabe resaltar que una de las principales actividades del IPCC es realizar una evaluación periódica de los conocimientos sobre el cambio climático:

El IPCC “elabora, asimismo, Informes Especiales y Documentos Técnicos sobre temas en los que se consideran necesarios la información y el asesoramiento científicos e independientes, y respalda la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero”. (Benavides & León, 2007, p. 16)

## **8. Marco teórico**

### **8.1. Calentamiento global**

De acuerdo con lo mencionado por el IPCC en su nueva evaluación, se señala lo siguiente:

Con ventajas claras para la gente y ecosistemas naturales, el informe encontró que la limitación del calentamiento global a 1.5 °C comparado con 2 °C podría ir de la mano con el compromiso de asegurar una sociedad más sostenible y equitativa. Mientras estimaciones previas se enfocan en determinar el daño que se ocasionarían si la temperatura media llegará a los 2 °C, este informe establece que muchos de los impactos adversos del cambio climático se producirían ya en los 1.5 °C.

El informe expone que limitar el calentamiento global a 1.5 °C requeriría transiciones “rápidas” en la tierra, la energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades. Las emisiones netas mundiales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de origen humano tendrían que reducirse en un 45 por ciento (sic) para 2030 con respecto a los niveles de 2010, y seguir disminuyendo hasta alcanzar el "cero netos" aproximadamente en 2050. Esto significa que se debería compensar cualquier emisión remanente eliminando el CO<sub>2</sub> de la atmósfera. (Hoegh et al., 2018, p. 86)

### **8.2 Gases Efecto Invernadero**

Las alteraciones climáticas son procesos naturales que a lo largo de 4 600 millones de años han ocasionado una serie de fluctuaciones climáticas en el planeta, como el aumento de la temperatura en la era mesozoica y las glaciaciones producidas en el Pleistoceno. Estas modificaciones obedecieron a procesos naturales de la Tierra; sin embargo, en el último siglo se evidencia que las variaciones climáticas se han desarrollado debido a la sobreacumulación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Colque & Sánchez, 2007).

Los GEI son compuestos, que, aunque están presentes en la atmósfera en concentraciones muy pequeñas, aumentan significativamente la temperatura de la baja atmósfera. Esto se debe a su capacidad para absorber y emitir radiación infrarroja. Aproximadamente tres cuartas partes del efecto invernadero natural se deben al vapor de agua. La rapidez de los procesos físicos químicos y biológicos que remueven cada GEI determinan su tiempo de vida, el cual puede ser largo o corto. (IDEAM, PNUD, MADS & DNP, 2015, p. 22)

El problema que hoy se evidencia se ha generado por la excesiva presencia de los GEI, lo cual ocasiona el aumento de la temperatura del aire y de la superficie terrestre, llegando a registrar unos niveles más altos de los normales. Los GEI se han incrementado significativamente, de acuerdo con el IDEAM et al. (2015):

El Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), tiene un tiempo mayor a 100 años, el CH<sub>4</sub> (12 años), NO<sub>2</sub> (121 años) y clorofluorocarbonados (CFCs entre 45 y 1020 años. La mayoría de estos gases son creados por la acción humana, otros tienen un origen natural; en conjunto contribuyen a la formación del efecto invernadero. (p. 22)

En la tabla que se presenta a continuación, se hace una descripción de los GEI, así como también de sus fuentes y las actividades que los producen.

Tabla 4. *Fuentes de los Gases Efecto Invernadero*

<b>Gases de Efecto Invernadero</b>	<b>Fuente</b>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Gas de invernadero producido por uso de combustible fósil (petróleo, gas, carbón, etc.) y por el cambio de uso de la tierra (deforestación). Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la Tierra, sin embargo, en la actualidad, es el responsable de casi el 76% del calentamiento global previsto para los próximos años.
Metano (CH <sub>4</sub> )	Al igual que el CO <sub>2</sub> , también es producido por la combustión de combustible fósil, asimismo, se produce en los pozos de petróleo, minas de carbón al aire libre, cultivos de arroz, y por la por la digestión alimenticia de los animales.
Óxido nitroso N <sub>2</sub> O	Es liberado por la combustión de vehículos motorizados diésel, así como por el empleo de fertilizantes nitrogenados.
Vapor de agua (H <sub>2</sub> O)	Por evaporación, ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo.
Ozono (O <sub>3</sub> )	Presente en la estratosfera y en la troposfera.
Hidrofluorocarbonos o HFC	Es usado por el hombre como disolvente para los aerosoles, refrigerantes y dispersores de espuma de uso industrial y doméstico.
Perfluorocarbonos o PFC	Es provocado por la acción del hombre, debido a la producción de aluminio por electrólisis.
Hexafluoruro de azufre o SF <sub>6</sub>	Provocado por la acción del hombre en la producción de magnesio.

Fuente: (Colque & Sánchez, 2007)

Estos impactos se presentarán paulatinamente y Colombia será uno de los países afectados de una manera importante. Al respecto el IDEAM estima lo siguiente:

[En] el 2050 habrá desaparecido el 80% del área glaciaria del país y el 60% del área de páramos estará altamente degradada debido a la magnitud del cambio climático y sus impactos dependerá totalmente de las decisiones políticas que los grandes emisores de Gases Efecto Invernadero.

Los escenarios de emisiones futuras avalados por el IPCC muestran que, si no se imponen controles efectivos a la emisión de Gases Efecto Invernadero, para el año 2100 el aumento de la temperatura promedio puede llegar a ser de tres grados y medio, el nivel promedio del mar puede subir hasta 60 centímetros. Por otra parte, las lluvias se distribuirán; en general, las zonas áridas y secas serán más áridas y secas aumentando los desiertos y zonas inhabitables. (Posada, 2007, p. 25)

### 8.3. Cambio climático

El IPCC plantea que sin lugar a dudas el sistema climático se está calentando desde 1950 y que es clara la influencia humana debido a que las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de los últimos siglos han producido un forzamiento radioactivo positivo (para el 2011 fue mayor en un 43% respecto el 2005), lo que se ha traducido en un aumento de la absorción de energía en el sistema climático y se evidencia en el aumento de las temperaturas. (Cuartas & Méndez, 2016, p.430)

En la temperatura de la atmósfera se ha descubierto una tendencia de calentamiento de 0.85 °C en promedio entre 1880-2012, y en los océanos se ha acumulado el 90% de la energía incrementada entre 1971 y 2010. De igual forma existe certeza que el nivel del mar se ha incrementado 1.7 mm entre 1900-2010, también se ha aumentado el carbono antropogénico y está disminuyendo la extensión de los mantos de hielo y los glaciares. (Cuartas & Méndez, 2016, p.430)

Asimismo, existe la posibilidad de que en algunas zonas del planeta las precipitaciones intensas se acrecienten; mientras que en otras áreas tal vez disminuyan. En términos de eventos extremos con un nivel de confianza medio, se espera para la región de Suramérica un aumento de los días y las noches cálidas; y, por consiguiente, una disminución de los días y las noches frías, en tanto que se espera un aumento de eventos de precipitaciones extremas con variaciones espaciales. (Cuartas & Méndez, 2016, p.430)

Para Colombia se estima un aumento en la temperatura que podría ser de 2.14 °C para 2100, relacionado con el consecuente incremento del nivel del mar, la modificación de la línea de costa, el derretimiento de los picos nevados y la retracción del sistema de páramos en Colombia. En tanto a las precipitaciones se espera una reducción entre el 10-30% en departamentos como Amazonas, Vaupés, sur del Caquetá, San Andrés y Providencia, Bolívar, Magdalena, Sucre y norte del Cesar, mientras tanto en otros departamentos se espera un incremento en igual rango en Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Eje Cafetero, occidente de Antioquia, norte de Cundinamarca, Bogotá y centro de Boyacá. (Cuartas & Méndez, 2016, p. 430)

Charles Keeling usaba la tecnología más avanzada para producir curvas de concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico en la Antártida y Mauna Loa, estas curvas han sido una de las señales y pruebas más grandes sobre el calentamiento de la Tierra, estas curvas muestran una tendencia de disminución de las temperaturas registradas entre los años 1940 a 1970, al mismo tiempo investigación sobre los sedimentos oceánicos muestra que han existido no menos de 32 ciclos de calor-frío en los últimos 2.5 millones de años en lugar de solo cuatro como se pensaba. De

esta manera se comienza la alarma de que una nueva edad de hielo está cerca. Los medios de comunicación y muchos científicos ignoran los datos científicos de entre 1950 y 1960 a favor de un enfriamiento global. (Bautista, 2012, p. 66)

Los hallazgos de Keeling tuvieron un particular impacto en la comunidad científica internacional, que para entonces consideraba que los océanos y la vegetación eran capaces de absorber todos los gases producidos en el planeta. Sus pronósticos se confirmaron una década después, ya que los niveles de CO<sub>2</sub> se incrementaron de forma sostenida.

En la siguiente tabla se presenta una síntesis cronológica de los eventos más significativos y de sus aportes.

Tabla 5. *Síntesis cronológica de las conferencias sobre el cambio climático*

<b>Año</b>	<b>Conferencia</b>	<b>Descripción</b>
1972	Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, o Conferencia de Estocolmo.	El cambio climático no era un tema de gran interés, pero a partir de entonces los líderes mundiales deciden reunirse cada 10 años para evaluar el estado del medio ambiente en el mundo entero, analizando el impacto del desarrollo económico en la ecología global.
1979	Ginebra: primera Conferencia Mundial sobre el Clima.	Por primera vez se identifica el cambio climático como un ultimátum real para el planeta. La conferencia produjo una declaración, la cual impulsaba a los gobiernos del mundo entero a prever y evitar los posibles cambios en el clima provocados por la industrialización.
1988	IPCC	La Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente crean el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), creado por la Organización Meteorológica, que plantea la necesidad de aplicar fuertes medidas para detener las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. El grupo produjo diversos informes como resultado de sus labores de monitoreo.
1992	Río de Janeiro, Brasil: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	Los líderes mundiales adoptaron el plan Agenda 21, un programa de acción para el desarrollo sostenible a nivel global. Sus líneas de acción fueron la lucha contra el cambio climático, la protección de la biodiversidad y la eliminación de las

	(CNUMAD) o Cumbre para la Tierra.	sustancias tóxicas emitidas. Entró en vigor en el año 1994, después de haber recibido el número de ratificaciones necesario.
1997	Protocolo de Kioto.	Los países industrializados suscribieron compromisos concretos y un calendario de actuación. Durante los años 2008 y 2012, con respecto a 1990, se redujeron en un 5.2% las emisiones de los seis gases con más incidencia en el efecto invernadero, lo cual fue un indicador positivo para el planeta.
2002	Johannesburgo	Se involucra a la sociedad civil.
2007	Bali	Los compromisos de Kioto no fueron suficientes para lograr las metas planteadas. En Bali se fijó una hoja de ruta (Bali Road Map) para posibilitar la implementación plena, efectiva y sustentada de la convención, centrándose en el logro de una visión común, mitigación, adaptación, tecnología y financiamiento de diversas estrategias y acuerdos globales de protección del medio ambiente.
2010	Conferencia de Cancún	Entre los ejes logrados en los acuerdos de esta conferencia resalta la creación del Fondo Verde para el Clima, que obliga a los Estados Parte altamente industrializados a proveer financiamiento a proyectos y actividades en países en desarrollo. También se acordó la operacionalización, hasta el año 2012, de mecanismos tecnológicos que promuevan la innovación, el desarrollo y la difusión de tecnologías amigables con el clima.
2011	XVII Conferencia sobre el Cambio Climático Durban.	La resolución aprobada en esta conferencia impone a los principales emisores de Gases de Efecto Invernadero –como EE. UU., China o Japón– iniciar un proceso que concluirá con un acuerdo legalmente vinculante de protección climática.
2015	La Cumbre del Clima de París (COP21).	Fue adoptado por 197 países y su firma se inició oficialmente el 22 de abril de 2016, el Día de la Tierra; su aplicación se iniciará en el año 2020. Por medio del Acuerdo de París se contempla la limitación del aumento de la temperatura mundial a 2° C mediante la disminución de emisiones de GEI, provocadas por combustibles fósiles como el

petróleo, el gas y el carbón, los cuales liberan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera al quemarse. Todo ello incrementa el efecto invernadero, causa del calentamiento global y del cambio climático, y genera consecuencias como la intensificación de las temperaturas mundiales y fenómenos catastróficos que son capaces de poner en peligro de extinción a muchas especies que habitan la Tierra.

Fuente: (Hernández & Peña, 2017)

### 8.4 Herramientas de medición de la huella de CO<sub>2</sub>

Las diferentes metodologías que se presentan a continuación hacen referencia al cálculo de inventarios de emisiones y huellas de carbono, tanto para organizaciones como para productos o servicios en particular, con diferencias en cuanto a su alcance, a los gases contemplados o escala a la cual se aplica. En la siguiente tabla se resumen las principales características de cada una con el objetivo de clarificar las semejanzas y las diferencias que existen entre ellas, de esta manera se facilitará la elección de una u otra en función de las características propias de cada organización, actividad o producto (ver Tabla 6 donde se ofrece una introducción a cada una de las metodologías).

Tabla 6. *Comparativa entre las diferentes metodologías para el cálculo de la huella de carbono*

Nombre herramienta	GHG Protocol	Bilan Carbone	PAS 2050	PAS 2060	GHG Indicator
Diseñador	WBCSDTWRI	ADEME	Carbón Trust British Standart Institute	Carbón Trust British Standart Institute	PNUE
Objetivo	Establecer lineamientos y herramientas para la contabilización de emisiones de GEI.	Proveer herramientas de medición de la huella de carbono.	Proveer herramientas de medición de la huella de carbono.	Proveer herramientas de medición de la huella de carbono y de compensación de emisiones no reductibles.	Inventario emisiones GEI
Conformidad	ISO 14064/14065	ISO 14064/14065, GHG Protocol.	ISO 14064/14065, GHG Protocol.	ISO 14064/14065, GHG Protocol.	GHG Protocol
Contabilización de las remociones de GEI	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Reducción	Poco	Sí	No	Sí	No
Compensación	No	No	No	Sí	No
Otros impactos ambientales	No	No	No	No	No
Gases considerados	Seis incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ,	Todos GEI	Todos GEI	Todos GEI	Seis incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> ,

	N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> ).				CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> ).
Escala	Sitio / territorio / producto.	Sitio / territorio / producto.	Producto	Sitio/ territorio	Sitio
Alcance	Directas + indirectas	Directas + indirectas	Directas + indirectas	Directas + indirectas	Directas + indirectas
<b>Nombre herramientas</b>	<b>Greenware's Greenhouse</b>	<b>CARROT</b>	<b>Umberto</b>	<b>Carbone Impact</b>	<b>Greenhouse Gas Suite</b>
Diseñador	Greenware Environmental System Inc.	Estado de California	Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH.	Inotti	Environmental Software Providers.
Objetivo	Inventario y monitoreo emisiones GEI.	Ayudar a empresas y organizaciones a fijar un año de referencia, realizar el inventario de GEI y proponer soluciones de reducción.	Análisis de focos de emisiones.	Huella de carbono de importación/exportación.	Inventario + gestión en bolsas de carbono.
Conformidad	GHG Protocol	Inspirado en GHG Protocol	Todas	Inspirado en Bilan Carbone	ISO 14001, EU ETS, US 1605b, GRI.
Contabilización de las remociones de GEI	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Reducción	No	Sí	Sí	Sí	No
Compensación	No	No	No	No	Sí
Otros impactos ambientales	No	No	Sí	No	No
Gases considerados	CO <sub>2</sub>	Seis incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> ).	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFC, PHFC	CO <sub>2</sub>	Seis incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> ).
Escala	Sitio	Sitio / territorio	Sitio / territorio / producto	Transporte	Sitio
Alcance	Directas + indirectas	Directas + indirectas	Directas + indirectas	Directas + indirectas	Directas + indirectas

Fuente: (CEPAL, 2010)

## 8.5 GHG Protocol

La iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) es una alianza formada por diversas empresas, organizaciones no gubernamentales, entidades gubernamentales y otros agentes, reunidas bajo la coordinación del World Resources Institute (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). La alianza fue formada en el año 1998, cuyo objetivo es desarrollar estándares de contabilidad y reporte para empresas, aceptados de forma internacional; así como también se encarga de promover la adopción de estas herramientas (Ihobe, 2013).

El Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI ofrece estándares y aproximaciones metodológicas para el desarrollo de inventarios de emisiones. Como herramienta, este cubre la contabilidad de los seis gases previstos por el Protocolo de Kioto, y fue diseñado con el objetivo de aportar una herramienta a las empresas para que estas puedan gestionar la contabilidad de sus emisiones reales (Ihobe, 2013).

“La metodología presenta tres alcances de implementación (alcance 1, 2 y 3) que responde a la tipología de emisiones consideradas dentro del cálculo (directas, indirectas de generación y otras indirectas). Los alcances 1 y 2 (con un enfoque más próximo al inventario de emisiones); y por otro el alcance 3 (con un enfoque más propio de cálculo de huella de carbono” (Ihobe, 2013).

“La existencia de una metodología como esta simplifica la necesidad de diseñar protocolos de recopilación y cálculo de las emisiones para las organizaciones ofreciéndoles la posibilidad de que puedan plantear estrategias de reducción de emisiones, así como facilitar su participación en programas de reducción de GEI”. (Ihobe, 2013, p.17)

En la actualidad esta herramienta se utiliza para el cumplimiento de los requerimientos de contabilidad y reporte en diversas áreas, entre las cuales se incluyen: programas voluntarios de reducción de emisiones, registros de GEI, programas de comercio de GEI nacionales o protocolos sectoriales de reducción de emisiones. Las pautas de la metodología del GHG Protocol han sido utilizadas para el desarrollo de otros sistemas de estandarización en el cálculo de emisiones como los casos del Bilan Carbone o la PAS 2050:2008. (Ihobe, 2013, p.18)

## 8.6. ISO 14064-1-2

“La primera parte, ISO 14064-1, contiene la especificación para la cuantificación e informe de las emisiones y remociones de GEI para organizaciones. Es decir, determina como diseñar y desarrollar un inventario de GEI para una organización. Este apartado detalla básicamente” (Ambrós et al., 2012, p.16)

Lo siguiente:

1. “Para desarrollar un inventario de GEI será obligatorio, en primer lugar, definir los límites de la organización, y dentro de estos delimitar las operaciones que van a ser incluidas en el estudio, identificando y cuantificando las emisiones (directas e indirectas) dentro de estos límites, expresadas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes” (Ambrós et al., 2012, p.16).
2. “Se definirá un año base, identificando y cuantificando sus emisiones y remociones de GEI correspondientes para poder comparar posteriormente con el inventario de GEI” (Ambrós et al., 2012, p.16).
3. “Tras la realización del inventario, la organización deberá crear un informe de GEI para facilitar la verificación de su inventario, la participación en un programa de GEI o el informe a usuarios internos o externos” (Ambrós et al., 2012, p.16).

La segunda parte, ISO 14064-2, contiene la especificación para la cuantificación, así como para el seguimiento e informe de la reducción de emisiones o el aumento de remociones de GEI a nivel de proyecto, y se divide fundamentalmente en dos partes Ambrós et al., (2012) a saber:

1. “Planificación: se realizará una descripción de esta y el escenario que vamos a tomar de línea base para poder evaluar la mejora alcanzada. Posteriormente se identificarán las fuentes, sumideros y reservorios controlados, relacionadas o afectadas por el proyecto, y se seleccionarán aquellas que se utilizarán para el seguimiento y estimación regular de las emisiones y/o remociones de GEI” (pp.17-18).
2. “Será necesario establecer procedimientos para poder cuantificar, hacer el seguimiento e informar sobre las emisiones y remociones del proyecto, así como también para identificar el desempeño del proyecto en cuanto al escenario base” (pp.17-18).
3. “Para implementar el proyecto la organización deberá desarrollar e implementar las actividades del proyecto, aplicando los criterios y procedimientos definidos en la fase de planificación. En esta fase es de gran importancia la verificación de las reducciones de emisiones y el aumento de remociones” (pp.17-18).

## 8.7. Propuestas socioambientales

Para el presente documento se entiende por propuesta socioambiental lo establecido en el Decreto 2041 de 2014 en su artículo 1, el cual cita lo siguiente:

Propuestas socioambientales: es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

El IPCC define la mitigación como la aplicación de políticas dirigidas a reducir la emisión de GEI y mejorar los sumideros. Estas políticas pueden ser aplicadas en diferentes escalas como países, regiones, ciudades u organizaciones; la mitigación implica el uso de tecnologías limpias, energías renovables, mejoramiento de sumideros de carbono (suelo, océanos y bosques), y propuestas que transformen los hábitos de vida de las personas. Dichas acciones de mitigación también pueden generar beneficios económicos, y se pueden aplicar en sectores como el de la construcción, el energético, el de transporte, de industria, agropecuario y el de manejo de residuos domiciliarios e industriales (Aponte, 2017).

“En el contexto de la mitigación, Colombia es el cuarto país de Latinoamérica en número de proyectos MDL registrados y onceavo en el mundo” (MAVDT, 2011). Para el segundo semestre de 2010, Colombia contaba con 161 proyectos en mecanismos de desarrollo limpio MDL, con un potencial anual de reducción de emisiones de GEI de 21.743.499 Ton eCO<sub>2</sub>/año”. (MAVDT, 2011)

“Pero más allá de la evidencia científica, dado que este fenómeno se origina por causas sociales antropogénicas” (Estenssoro, 2010, p.61). Ahora bien, de acuerdo con el objetivo que guía el

desarrollo del presente trabajo, se plantean propuestas socioambientales que podrán ser consideradas para el municipio de Leticia.

### 9. Marco normativo

El marco legal normativo que se presenta a continuación, está dirigido hacia la temática principal de la presente investigación, es decir, al cambio climático en Colombia. Es así que en este apartado se exponen cuáles son las herramientas normativas aplicadas en el país (ver Tabla 7).

Tabla 7. *Marco legal cambio climático*

<b>Norma legal</b>	<b>Emisor</b>	<b>Descripción</b>
Ley 9 de 1993	Congreso de la República de Colombia	Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental SINA, institucionalidad independiente para manejar el tema ambiental.
Ley 29 de 1992 – Aprobación del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono.	Congreso de la República de Colombia	Por medio de esta ley se debe evitar el uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), las cuales fueron catalogadas como controladas según los compromisos establecidos por el Protocolo de Montreal.
Ley 164 de 1994 – Adopción de la Convención Marco sobre Cambio Climático.	Congreso de la República de Colombia	La ratificación de esta norma implica el cumplimiento por parte del país con los compromisos adquiridos en la convención, donde se busca llevar a cabo acciones para afrontar la problemática del cambio climático. La propuesta planteada en esta investigación hace parte del marco de acciones por parte de la alcaldía del municipio de Leticia para el manejo de sus GEI.
Resolución No. 454 de 2004 – Aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Esta resolución tiene por objetivo adoptar principios, requisitos y criterios, y, asimismo, establecer el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
Conpes 3700 – Estrategia	República de Colombia y	Esta estrategia busca facilitar y fomentar la formulación e

Institucional para la Articulación de Acciones en Materia de Cambio Climático.

Departamento Nacional de Planeación.

implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, de esa manera logran la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo. También establece la necesidad de crear el Sistema Nacional de Cambio Climático (Sisclima).

Ley 629 de 2000. Adopción del Protocolo de Kioto.

Congreso de la República de Colombia

Mediante esta ley se aprueba el Protocolo de Kioto en Colombia, donde se establecieron las causas del cambio climático, y se determinan los seis gases que potenciaban el efecto invernadero; por consiguiente, se tiene que es una de las bases bibliográficas de la propuesta y la guía para la medición de la huella de carbono.

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. NTS-TS 001-1, 2006. Destinos Turísticos de Colombia. Requisitos de Sostenibilidad.

Departamento Nacional de Planeación (DPN).

Se priorizan estrategias que estén encaminadas a abordar de forma integral la problemática del cambio climático a nivel nacional, así, le otorga el nivel de importancia que merece la problemática y le da soporte a este proyecto.

Icontec

Norma sujeta a actualizaciones, enfocada a los temas referentes al turismo sostenible. En ella se especifican los requisitos de sostenibilidad ambiental, sociocultural y económica, aplicables a los hoteles. Dentro de esta norma se encuentra el requisito de manejo de la contaminación atmosférica, por medio de la gestión de emisión de GEI y la gestión de emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), los cuales serán la base del proyecto a realizar.

NTS-TS 001-2, 2006.	Icontec	Esta norma enfatiza en los requisitos, los criterios, los principios y la guía para las organizaciones que llevan a cabo la validación y la verificación de los datos de GEI. La norma describe un proceso para proporcionar seguridad a los potenciales clientes de una organización o de un proyecto de GEI (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normalización [Icontec], 2006).
Ley 1715 de 2014. Por la cual se regula la integración de energías renovables al país.	Congreso de la República de Colombia	Busca promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente de carácter renovable, entre los cuales se encuentran los paneles solares.
Ley 697 del 2001. Por la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía.	Congreso de la República de Colombia	Mediante esta ley se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, y, asimismo, se promueve la utilización de energías alternativas, por ende, se tiene que es un pilar fundamental en el proyecto a desarrollar.
Resolución 2120 de 2006. Por la cual se prohíbe la importación de SAO.	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.	Por medio de esta resolución se prohíbe la importación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono relacionadas en los grupos II y III del Anexo C del Protocolo de Montreal; además, se establecieron medidas para controlar las importaciones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, listadas en el Grupo I del Anexo C del Protocolo de Montreal.
Ley 1715 de 2014 que regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema	Congreso de la República de Colombia	Todos los proyectos de generación eléctrica con Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) podrán obtener los siguientes cuatro beneficios, antes mencionados, a partir de febrero del año 2016: reducción de la renta (C3. Art. 11), exclusión del IVA

energético nacional.

Política Nacional del Cambio Climático (2017)

Ministerio de Ambiente

(C3. Art. 12), exención arancelaria (C3. Art. 13), y depreciación acelerada de activos (C3. Art. 14).

Este documento es fruto del trabajo conjunto del arreglo institucional que el país ha conformado para tomar decisiones en torno a esta problemática: el Sistema Nacional de Cambio Climático (Sisclima), que se constituye como un hito en el camino que Colombia recorre hacia la resiliencia y un desarrollo bajo en carbono.

Ley 1844 de 2017. Por medio de la cual se aprueba el “Acuerdo de París”.

Congreso de la República de Colombia

Este acuerdo –al mejorar la aplicación de la convención, incluido el logro de su objetivo– tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

---

Nota: elaboración propia con base en normas legales sobre los Gases Efecto Invernadero (GEI), los cuales contribuyen con el cambio climático.

## 10. Marco geográfico

El departamento del Amazonas está situado en la parte sur del país a los 00°07'08'' de latitud Norte y los 04°13'19'' latitud Sur y los 69°39'41'' y 74°23'21'' de longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 109.665 km<sup>2</sup> lo que representa el 9.6% del territorio nacional y 27.2% de la Amazonia colombiana. Limita por el Norte con el departamento de Caquetá y el río Apaporis, que lo separa del departamento del Vaupés; por el Este con la República de Brasil; por el Sur con los ríos Putumayo y Amazonas, que lo separa de la República del Perú y por el Oeste con la República del Perú, República de Ecuador y el departamento del Putumayo. (Colombiamania, 2017, párr.1)

El departamento del Amazonas posee dos municipios, Leticia y Puerto Nariño. Además, cuenta con nueve corregimientos departamentales.

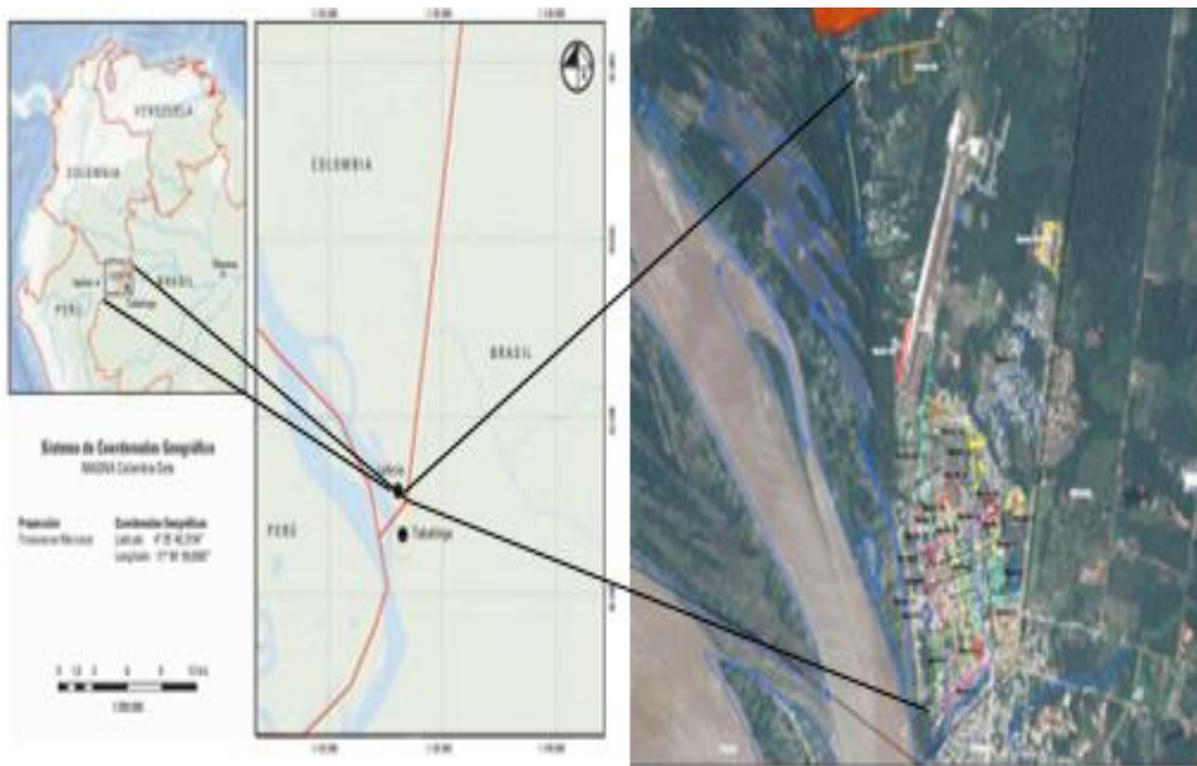


Figura 2. Mapa ubicación de Leticia

Fuente: (Aponte J. , 2017)

El municipio de Leticia, está situado sobre la margen izquierda del río Amazonas en el sur del país, junto a la ciudad de Tabatinga (Brasil). El municipio de Leticia limita por el Norte con el corregimiento de Tarapacá, al Este con la República de Brasil (estado de Amazonas, municipio de Tabatinga), por el Sur con la República de Perú (provincia de Iquitos, municipio de Santa Rosa) y por Oeste con el municipio de Puerto Nariño. (Alcaldía de Leticia, 2019, párr.6)



Figura 3. Localización del municipio de leticia elaborado por la Universidad Nacional de Colombia sede Amazónica

La economía del municipio se basa en la producción de cultivos como son el arroz, plátano, maíz y yuca; extracción de maderas, pesca, turismo y comercio fronterizo. Su población es multicultural, donde priman los habitantes indígenas provenientes de distintos grupos (Huitotos, Yaguas, Tucanos, Ticunas, Camsás, etc).

El río Amazonas posee una longitud de 6800 km, siendo el río más largo y caudaloso del mundo, convirtiéndose en una fuente hídrica de gran importancia a nivel nacional e internacional por su ubicación estratégica a lo largo de la selva Amazónica compartida por los países: Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia siendo de esta manera la cuenca del Amazonas de mayor superficie del planeta la cual sustenta la selva amazónica y gran biodiversidad. (Alcaldía de Leticia, s.f., párr.2)

## 11. Marco institucional

En la Tabla 8 se presentan de manera resumida las entidades relacionadas con los sectores privados y públicos del municipio de Leticia, Amazonas.

Tabla 8. *Entidades de relevancia encontradas en el municipio de Leticia*

<b>Relación con el sector turístico</b>	<b>Nombre</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Relación</b>	<b>Público</b>	<b>Privado</b>	<b>Sociedad civil</b>
Relación directa	Gobernación Amazonas, alcaldía.	de Fomento del sector turístico, contribuye a la inversión y generación de entidades para la planificación y la gestión del sector.	Promoción departamental y apoyo institucional al sector.	X		
	Cámara Comercio	de Fomento empresarial, contribuye a la legalidad de los establecimientos y garantiza mejores servicios prestados a los turistas.	Actualiza el RNT y contribuye con la legalidad del sector.		X	
	Instituto Investigación Alexander Humboldt	de Promover, coordinar y realizar investigaciones que contribuyan al conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana.	La información proporcionada servirá para adoptar unos usos más responsables del territorio.			X
	Ecodestinos	Operador y mayorista	Promociona el destino en los diferentes canales.		X	
	Corpoamazonia	Disminuir los conflictos ambientales, fortalecer el papel de autoridad ambiental a través de la participación institucional, y orientar procesos que aporten mejoras a la calidad de vida de las	Fomenta iniciativas en el sector y guías del desarrollo turístico.	X		

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

	comunidades de la región.		
Departamento Administrativo de Fomento del Ecoturismo (DAFE)	Orienta el proceso ecoturístico de acuerdo con los objetivos y propósitos de la nación y la región, enmarcados dentro de los planes de desarrollo. También consolida y rescata la lengua propia, las creencias, las costumbres y las tradiciones autóctonas, para la convivencia y la diversidad cultural de los pueblos indígenas.	Promociona el turismo y se dedica a realizarlo de manera responsable con el entorno.	X
Oficinas de Turismo de Leticia y Puerto Nariño			X
Instituto Amazónico de Investigación Científica SINCHI	Entidad de investigación científica y tecnológica de alto nivel. Se encarga de la difusión de información sobre la realidad biológica, social y ecológica de la región Amazónica, de manera que satisface oportunamente las necesidades y expectativas de las comunidades.	La información proporcionada servirá para adoptar usos más responsables del territorio, asimismo, para profundizar las estadísticas y los inventarios de flora y fauna.	X
SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)	El SENA Regional Amazonas imparte formación a los habitantes de todos los municipios del departamento, a través de sus diferentes Centros de Formación Profesional. La infraestructura con cual cuenta el SENA en el Amazonas le permite fortalecer todos los sectores económicos de las		X

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

Universidad Amazonas	diferentes subregiones del departamento. Formar los recursos humanos, técnicos, científicos y culturales indispensables para el desarrollo socioeconómico, político y cultural de la región a Amazónica.	X
Universidad Nacional	La Universidad Nacional realiza investigaciones de alta calidad y relevancia, que contribuyen a la resolución de los problemas y a la satisfacción de las necesidades regionales, para ello toma en cuenta tanto los contextos locales como los nacionales e internacionales.	X
Policía de Turismo	Brinda apoyo y seguridad a los turistas que visitan el departamento.	Acompañamiento de turistas o grupos de turistas. X

---

Fuente: elaboración propia con base en Ministerio de Comercio, Industria y Turismo del municipio de Leticia.

## 12. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se propusieron tres objetivos específicos, los cuales consisten en identificar los GEI, calcular las huellas de carbono y ecológica, y, finalmente, proponer estrategias socioambientales en el municipio de Leticia. Con el propósito de desarrollar el segundo objetivo se consideró la metodología para el cálculo de la huella de carbono, con el documento “Diseño de una Propuesta de Manejo de las Principales Emisiones de GEI con base en la estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia” elaborada por (Campos , 2014); por otra parte, para el cálculo de la huella ecológica se tuvo en cuenta el documento “Cálculo de la huella ecológica de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas” elaborado por (Leiva, Rodríguez, & Quintana, 2011). En cada objetivo se determinaron unas actividades específicas, las cuales permiten entender el desarrollo del trabajo que se llevó a cabo en el transcurso del semestre, con el fin de cumplir el objetivo general.

### 12.1 Enfoque del estudio

La metodología de la presente investigación es mixta, dado que tiene componentes tanto cuantitativos como cualitativos. El enfoque cualitativo permitió identificar las fuentes de generación de GEI; en este se trabajó directamente con la comunidad para determinar cuáles son sus actividades económicas, para lo cual se emplearon encuestas y entrevistas; además, se formularon estrategias para la reducción de las huellas de carbono y ecológica generadas en el municipio de Leticia, Amazonas.

El enfoque cuantitativo se justifica porque es necesario determinar las variables: transporte terrestre, transporte fluvial, refrigerantes, gas propano, consumo de energía, generación de residuos sólidos y transporte aéreo (datos numéricos); asimismo, porque se realizan mediciones, para lo cual se utilizan métodos estadísticos como el RStudio que permite la estimación o cálculo de la huella de carbono y ecológica del destino turístico de Leticia (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2004).

### 12.2 Alcances del estudio

Los alcances del proyecto son de tipo descriptivo, correlacional y aplicativo. En primer lugar, el alcance es descriptivo, porque se busca especificar las características y los perfiles de instituciones privadas y públicas, así como también de comunidades, de manera que se puedan analizar, en este caso, para describir las principales fuentes generadoras de GEI. En otras palabras, porque con este tipo de alcance únicamente se pretende medir y recoger información de manera independiente sobre las variables, a saber: transporte terrestre, transporte fluvial, refrigerantes, gas propano, consumo de energía, generación de residuos sólidos y transporte aéreo, para así identificar las principales fuentes de generación de GEI (Sampieri et al., 2004).

El alcance también es correlacional, dado que la utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar una variable en el proyecto. Para el presente trabajo se buscará conocer el comportamiento de otras variables como transporte terrestre, transporte fluvial,

refrigerantes, gas propano, consumo de energía, generación de residuos sólidos y transporte aéreo, las cuales se encuentran vinculadas; se intentará predecir el valor aproximado que tendrá cada variable, a partir de la recolección de los principales GEI y el valor que poseen en las variables relacionadas, para así estimar la cantidad que consume cada variable identificada en el municipio de Leticia (Sampieri et al., 2004).

En cuanto al alcance explicativo se tiene lo siguiente:

“Los estudios explicativos van más allá de fenómenos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables”. (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2004, p.84)

Por lo anterior, el alcance de este estudio también es de tipo explicativo, pues por medio de encuestas, entrevistas, interacción y observación con los involucrados se indagó sobre el tema de las fuentes generadoras de GEI, y, asimismo, sobre cuáles son las variables que generan mayor cantidad de GEI. Con la información ya recolectada fue posible plantear las propuestas socioambientales que tienen como pretensión mitigar los impactos.

### 12.3 Diseño del estudio

Para el diseño de la investigación se consideraron los autores Schneider y Samaniego (2009) como se citó en Espíndola y Valderrama (2012), quienes señalaron que:

En el caso de los países en vía de desarrollo (como la mayoría de los países latinoamericanos), las exigencias climáticas frente a la instalación de un concepto económico que considera la reducción de las emisiones contaminantes, requieren que los sectores productivos efectúen avances inmediatos en los procesos de cuantificación de sus emisiones y de disminución de los efectos climáticos, con el fin de resguardar su actual posición competitiva. Sin embargo, es claro que previo a la cuantificación, se requiere explorar las complejidades metodológicas de los principales enfoques para determinar las huellas de carbono y ecológicas, con el objetivo de reducir la incertidumbre del cálculo y precisar su validez en la determinación de los reales impactos ambientales. (p.164)

### 12.4 Metodología del estudio descripción

La metodología del presente estudio se aplicó por objetivos. Así, se tiene que en primera medida el principal objetivo de la investigación fue identificar las fuentes de generación de GEI y sus consumos en Leticia, Amazonas.

Tabla 9. *Metodología de la investigación*

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividad	Técnica	Instrumentos de registro	Resultado esperado
------------------	-----------------------	-----------	---------	--------------------------	--------------------

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica, que se generan en el municipio de Leticia, Amazonas.	Identificar las fuentes de generación de GEI y sus consumos.	Levantamiento de la información de las actividades económicas de Leticia.	Consulta fuentes externas	Digital, bibliografía, Data Estatal	Bosquejo de la zona
		Identificación de las fuentes de emisión de Leticia.	Consulta fuentes digitales	Digital (Maps), DANE	Caracterización de la zona
		Recolección de datos de emisiones.	Muestreo simple en campo, consultas directas.	Encuesta, (Digital Survey), GCloud) Manual	Data lista para procesamiento
	Calcular las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia.	Estimación de las huellas de carbono y ecológicas. Análisis de resultados.	Extrapolación de datos procesados estadísticamente con apoyo de software. Contrastación con estudios análogos pasados.	R, Excel  R, estadística, bibliografía.	Indicador de huella de carbono.  Confianza en el resultado, relación del resultado con la realidad y descripción de la situación.
		Evaluación de las áreas con mayor cantidad de emisiones.	Sectorización de resultados muestreo.	GMaps, DANE, fuentes sector económico.	Caracterización de los resultados.
	Formular estrategias en la reducción de las huellas de carbono y ecológica generadas en el municipio Leticia GEI.	Análisis de estrategias socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica.	Identificación de factores con mayor peso.	Bibliografía	Caracterización del problema y las causas.
		Descripción de las estrategias socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica.	Contrastación con protocolos e innovación que responda a los factores principales de contaminación.	Bibliografía	Propuestas de planeación para el municipio.

Fuente: (Hernández et al., 2004)

En la Tabla 9 se puede observar que en primera medida se realizó el diagnóstico de la zona de estudio como línea base, para lo cual se revisó la bibliografía de las principales fuentes de emisión generadas en el municipio de Leticia, además de otros proyectos realizados previamente en la zona por diferentes autores institucionales. Luego, se elaboraron las preguntas para realizar las encuestas, las cuales se encuentran en el archivo adjunto “Encuesta-Preguntas.pdf”, se aplicaron a la comunidad y a entidades públicas y privadas del municipio de Leticia, Amazonas.

Durante las salidas de campo se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio, la cual se dividió en dos partes, a saber, casco urbano y rural, y destino turístico de Leticia (hoteles). Además, se tomaron registros topográficos, y se solicitó información realizando oficios a las siguientes entidades administrativas: Inspección Municipal de Tránsito y Regulación Vial de Leticia; Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías (INVIAS); Cámara de Comercio; Aeronáutica Civil; Capitanía de Puerto; Secretaría de Competitividad, Medio Ambiente y Turismo; el DANE; la Alcaldía de Leticia; Terpel; y la hidroeléctrica ENAM. Como resultado se obtuvieron las encuestas, el mapa topográfico y la respuesta de los oficios por parte de las instituciones; cabe anotar que la hidroeléctrica ENAM y la Capitanía de Puerto no brindaron la información que se solicitaba.

Posteriormente, se escogió la metodología por medio de la matriz de herramientas (ver Tabla 6), entre las cuales se determinó que la más adecuada para esta investigación era el Protocolo GHG. Según Pandey, Agrawal y Pandey (2010) es el método estadístico más recomendado, pues da pautas de trabajo para la determinación de herramientas (software) de cálculo de emisiones de GEI; además, ha logrado tener un alto nivel de reconocimiento a escala mundial, y aparece como la principal referencia junto con los estándares ISO 14064 (1-2 y 3).

Finalmente, se establecieron las propuestas socioambientales. Las propuestas se presentaron a modo de fichas, por medio de las cuales se hará la descripción de las propuestas socioambientales.

## **12.5 Metodología por objetivo específicos**

12.5.1 Objetivo específico 1: identificar las fuentes de generación de GEI y sus consumos.

La primera actividad fue el levantamiento de información de las actividades económicas en el municipio de Leticia.

La segunda actividad fue la identificación de las fuentes de emisión de Leticia. Para ello, primero, de manera gráfica se dividió la zona en rural y urbana (ver Anexo 3); luego, de una manera descriptiva se dividieron en tres categorías, a saber:

- Estacionarias o fijas: incluyen la recolección de datos de emisión que se encuentran en la ciudad de Leticia, las casas o edificios, los negocios y las oficinas en los cuales se tiene que la contaminación proviene del quemado de combustibles, para la cocción de alimento y la calefacción; y, eventualmente, algún pequeño motor a explosión.

- Fuentes móviles: se produce por la quema de combustibles fósiles utilizados por el automotor, puesto que los vehículos automotores son los principales emisores de contaminantes como óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles.
- Emisiones: indirectas y directas.

La tercera actividad fue la recolección de datos, la cual se llevó a cabo por medio de dos procesos. El primero, a través de oficios a diferentes entidades como la hidroeléctrica central ENAM; la Inspección Municipal de Tránsito y Regulación Vial de Leticia; el Ministerio de Transporte; el Instituto Nacional de Vías (INVIAS); la Cámara de Comercio; la Aeronáutica Civil; la Capitanía de Puerto; la Secretaría de Competitividad, Medio Ambiente y Turismo; el DANE; la Alcaldía de Leticia; y Terpel. El segundo proceso se realizó en campo, se llegó a cada uno de los lugares donde se preguntó por los consumos energéticos, los consumos de combustibles fósiles, entre otros, a una muestra representativa de cada sector (hotelero, residencial y comercial).

12.5.2 Objetivo específico 2: calcular las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia.

Para desarrollar el segundo objetivo se tuvo en cuenta la delimitación del destino turístico (hoteles) y el casco urbano para la obtención de los datos; y se optó por llevar a cabo los siguientes alcances:

Tabla 10. *Mediciones de la huella de carbono*

<b>Casco urbano y rural en el municipio de Leticia, Amazonas</b>		
Alcance	Descripción	Variable
Alcance 1	Emisiones o reducciones directas provenientes de las instalaciones dentro de la organización.	Transporte terrestre
		Transporte fluvial
		Refrigerantes
		Gas propano
Alcance 2	Emisiones o reducciones indirectas por energía, provenientes de generación de electricidad, calor o vapor de agua de origen externo.	Consumo de energía
Alcance 3	Otras emisiones o reducciones indirectas según el uso previsto del inventario de GEI.	Generación de residuos sólidos Transporte aéreo

Fuente: elaboración propia con base en Cely (2015)

Para la primera actividad se realizaron las encuestas a través de la plataforma de Google Survey, lo cual permitió cubrir, dentro de los alcances, las variables que se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Alcances encuestados en el municipio de Leticia

Alcances	Figura
Transporte terrestre	
Transporte fluvial	
Consumo de energía	
Consumo de gas propano	

Nota: elaboración propia con base en las encuestas realizadas en campo.

A partir de estas, tras recolectar la información, dicha data se descargó en un archivo de Excel, el cual se utilizó en la técnica de extrapolación, para ello se usaron los datos que se recolectaron en las encuestas y fueron procesados estadísticamente con apoyo del software RStudio.

El software RStudio es un entorno de desarrollo integrado para el lenguaje de programación R, el cual se escogió dado que es un lenguaje de programación especializado en el tratamiento de data, visualización y trabajo estadístico. RStudio permite construir un *script* que seguirá las instrucciones impuestas para realizar un trabajo más eficiente con la información, la cual es voluminosa; además, al ser un código que recibe la data como *inputs*, se tiene que en un nuevo estudio este mismo código funcionará igual y permitirá comparar dichos datos; también cuenta con otras ventajas como la exactitud y la eliminación de error por cálculos humanos no replicables, al contrastarse los resultados de este estudio con la data siempre serán repetibles y el *script* funciona de igual forma (RStudio Team, 2015).

Este script utilizó ciertas librerías que permitieron optimizar el trabajo, las cuales se presentan a continuación:

- Readxl y XLSX: permiten trabajar con archivos de Excel.
- Dplyr: facilita el tratamiento de la data.
- Ggplot2: visualización.

Respecto a las tareas que este realiza se tienen las siguientes:

- Data wrangling: dado que el archivo original de las encuestas estaba en un formato de difícil tratamiento, la información se limpió (datos mal introducidos, inconsistentes, etc.), y los datos se filtraron y separaron en diferentes tablas según los diferentes alcances.
- Estadística descriptiva: una vez filtrada la información, se calcularon los valores representativos que permitían modelarla para, posteriormente, poder realizar los cálculos.
- Visualización: se generaron tablas y las gráficas correspondientes de toda la data que resumía la información representativa.
- Extrapolación e intervalos de confianza: con la información del análisis descriptivo fue posible estimar los valores del consumo global con sus respectivos errores (teoría estadística), y el *script* se encargó de generar los mismos.
- Sumario: adicionalmente, las variables de los alcances que no fueron obtenidos a través de la encuesta también se agregaron al *script*, de modo que toda la información del estudio pudiera ser visualizada, así como para realizar los cálculos totales. Por esta razón, los números se pueden encontrar dentro del mismo.

El *script* posee comentarios de títulos para que al revisarse se pueda observar qué tareas cumple cada sección de código en el proceso de la obtención de la huella de carbono.

### **Factores de emisión y de conversión**

El factor de emisión se define como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera, con una actividad asociada a la emisión del contaminante. Estos factores usualmente son expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración. (EPA, 2015 como se citó en Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias, s.f., párr.1)

Por ello se deben establecer los factores de emisión y de conversión a nivel municipal; cabe anotar que para este caso se utilizarán diferentes fuentes.

### **Gases refrigerantes**

De acuerdo con Campos y Gutiérrez (2015) para calcular los gases refrigerantes es indispensable establecer los poderes caloríficos de cada uno. En este caso se plantearon los poderes caloríficos de todos los GEI presentes en el destino turístico de Leticia (ver Tabla 12).

Tabla 12. *Poderes caloríficos de los GEI*

<b>GEI</b>	<b>Poder calorífico</b>	<b>Fuente</b>
------------	-------------------------	---------------

CO <sub>2</sub>	1	Espíndola, C Valderrama, J., 2012
NO <sub>2</sub>	298	ASHRAE
CH <sub>4</sub>	25	Standard 34
R-410A	1.725	PAS 2050, 2008
R-22	1.810	

Fuente: (Campos & Gutiérrez, 2015)

## Combustible

Los factores de emisión de carbono son los combustibles más comunes que están presentes en el destino turístico de Leticia, los cuales se pueden detallar en la Tabla 13, diseñada por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN, 2003):

Tabla 13. Factores de emisión y CO<sub>2</sub> por combustible (kg/GJ)

Combustible	Estado	Factor de emisión (kg C/GJ) <sup>a</sup>	Factores de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ) <sup>b</sup>
Gasolina	Líquido	18.9	69.25
Gas propano	Gas	17.2	63.02

Nota: (ACCEFYN, 2003)

Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> en litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos, que presenta la “Guía práctica para el cálculo de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)” (Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, 2011) se pueden encontrar en la Tabla 14 que se muestra a continuación.

Tabla 14. Factores de emisión de kg de CO<sub>2</sub>/litro

Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos	
Datos disponibles	Metodología del cálculo y factor de emisión Cálculo de las emisiones de CO <sub>2</sub> a partir de los siguientes factores de emisión:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gasolina 95 o 98: 2.38 kg de CO<sub>2</sub>/litro = 9.01 kg de CO<sub>2</sub>/gal.</li> <li>Diesel_ 2.61 kg de CO<sub>2</sub>/litro.</li> <li>Bioetanol 2.38 kg de CO<sub>2</sub>/litro - % bioetanol.</li> </ul>
Consumo de combustible (litros diésel o gasolina)	Si se utiliza bioetanol 5, el combustible tiene un 5% de bioetanol (y un 95% de gasolina 95) y las emisiones asociadas son de 2.38 – (0.05 x 2.38) = 2.26 kg de CO <sub>2</sub> /litro.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biodiésel: 2.61 kg de CO<sub>2</sub>/litro - % biodiésel.</li> </ul>

Si se utiliza biodiésel-30, significa que tiene un 30% de biodiésel (y un 70% de diésel) y las emisiones asociadas son =  $2.61 - (0.3 \times 2.61) = 1.83$  kg de CO<sub>2</sub> /litro.

Fuente: (CAIB, 2011)

El porcentaje de bioetanol del combustible puede ser del 5%, 10% u 85%. Si no se dispone de este dato, se considera por defecto un 5%, dado que el bioetanol 5% es válido para todos los vehículos con motor de gasolina, sin necesidad de cambios en el motor. (CAIB, 2011, p.19)

Tabla 15. Factores de conversión por combustible

Combustible/ actividad	Factor de emisión			Unidades	Fuente de información
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>		
Diésel genérico	74.01	--	--	kg CO <sub>2</sub> eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Gasolina genérica	69.25	--	--	kg CO <sub>2</sub> eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Queroseno	71.45	--	--	kg CO <sub>2</sub> eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Gas propano (GLP)	63.02	--	--	kg CO <sub>2</sub> eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Generación eléctrica	1.2282	--	--	kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	UPME, 2009.
Factor de emisión de MO	--	--	0.003	m <sup>3</sup> /kg	Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, 2008

Fuente: (Campos & Gutiérrez, 2015)

### Generación y consumo de energía

El factor de emisión para la hidroeléctrica de Leticia no se encuentra establecido. Por esa razón fue tomado del documento “Diseño de una Propuesta de Manejo de las Principales Emisiones de GEI con base en la estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia”, realizada por Daniela Bonilla en el año 2014, en la cual se tuvieron en cuenta los factores de emisión de las centrales hidroeléctricas nacionales, y se eligió el factor más alto entre ellas, cuyo valor fue de 1.2282 kg de CO<sub>2</sub> equivalente.

Tabla 16. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> por KWh de las centrales hidroeléctricas nacionales

Central	F.E kg CO <sub>2</sub> eq/Kwh
---------	-------------------------------

Termodorada 1	0.5669
Termoemcali 1	0.4111
Termoflores Genera	0.4554
Termoguajira 1	1.1590
Zipa Bogotá 2 Gen	1.2282
Zipa Bogotá 3 Gen	0.9240
Zipa Isa 4 Generador	0.8672

Fuente: (Campos & Gutiérrez, 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, 2015)

Para la investigación del proyecto se escogieron tres alcances, a saber:

1. Alcance 1: se realiza el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de combustible por fuentes móviles como carros, motocarro, motocicletas, taxis y microbuses (gasolina o diésel). Posteriormente, se realiza el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de combustible por fuentes fluviales como chalupa, deslizador, lancha y motocanoa. Por último, se calcularon las emisiones generadas por el consumo de gas propano.
2. Alcance 2: se realizó el cálculo de las emisiones generadas por el uso de refrigerantes en aires acondicionadores, y se identificó qué tipo de refrigerante era como, por ejemplo, R22 o R134. Posteriormente, se realizó el cálculo de las emisiones generadas por la hidroeléctrica ENAM con la información que esta brindó.
3. Alcance 3: se realizó el cálculo de las emisiones para el transporte aéreo por trayectoria del pasajero, pues la organización no brindó la información del consumo del kerosene. Posteriormente, se realizó el cálculo de las emisiones generadas por los residuos sólidos a partir de las siguientes fórmulas:

Tabla 17. Ecuaciones factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono

N°	Alcance	Indicador	Variabes
1	Transporte terrestre	$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = G \times FE \times FC$	Donde: G: galones consumidos de gasolina. FE: factor de emisión del combustible. FC: factor de conversión.
2	Gas propano	$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = CON_{gp} \times \frac{(FE_{gp} * FC_{gp})}{1000}$	Donde: CON <sub>gp</sub> : consumo anual del gas propano (m <sup>3</sup> /año). FE <sub>gp</sub> : factor de emisión del gas propano. FC <sub>gp</sub> : factor de conversión del gas propano.
3	Transporte fluvial	$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = G \times FE \times FC$	Donde: G: galones consumidos de gasolina. FE: factor de emisión del combustible.

4	Gases refrigerantes: en aires acondicionados	$Emisiones = (P * GWP * (CF))$	<p>FC: factor de conversión.                  Donde:                  P: suma de todos los refrigerantes adquiridos durante el año.                  GWP: potencial de calentamiento global de refrigerantes.                  CF: 1kg/1000g para realizar la conversión de gramos a kilogramos.</p> <p><b>Variables</b></p>
5	<b>Alcance 2</b> Energía eléctrica	<p style="text-align: center;"><b>Fórmulas</b></p> $Emisiones\ de\ CO_{2eq} = Datos\ de\ la\ actividad\ (KWh) * Factor\ de\ emision\ de\ CO_2$	
6	<b>Alcance 3</b> Residuos sólidos	<p style="text-align: center;"><b>Indicador</b></p> $Emisiones = RES * CF * MO * FEres * Dmet * \frac{PCG}{1000}$	<p><b>Variables</b></p> <p>Donde:                  RES: cantidad de residuos producidos al año.                  CF: 1000 kg/1 tonelada. Para realizar la conversión de toneladas a kilogramos.                  MO. Contenido de materia orgánica por kg de residuos: 0.55.                  FEreso: factor de emisión de materia orgánica.                  Dmet. Densidad del metano: 0.668 kg/m<sup>3</sup>                  PCG: potencial del calentamiento global del GEI (metano).</p>
7	Transporte aéreo	$Emisiones\ de\ CO_{2eq} = [(C * P)]$	<p>Donde:                  C: cálculo medio de emisiones de CO<sub>2</sub> durante el vuelo por pasajero.                  P: número de pasajeros anual.</p>

Fuente: (Campos & Gutiérrez, 2015)

Posteriormente, se calcula la huella ecológica.

Los alcances como el transporte terrestre, el transporte fluvial, el consumo de gas, el uso de refrigerantes, la electricidad, la generación de residuos sólidos y el transporte aéreo, obtenidos al

calcular la huella de carbono, serán utilizados en el cálculo de la huella ecológica, para lo cual se consideró el documento titulado: “Calculo de la huella ecológica de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas” elaborado por (Leiva et al., 2011), donde se utilizó la siguiente ecuación:

$$Huella \left( \frac{Ha}{año} \right) = \frac{emisiones(tonCO_2)}{C, fijación \left( \frac{Ha}{año} \right)} + superficie$$

Donde:

**Emisiones (ton CO<sub>2</sub>):** cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en el periodo de evaluación.

**C. Fijación:** fijación media para un terreno forestal, que se acumula en biomasa y suelo.

Para la segunda actividad, en el caso de la contrastación, se tuvo en cuenta la tesis realizada por Campos Bonilla (2014). Se comparó el valor de la huella de carbono obtenida y se observó la variación respecto a la del año en curso, 2019, de manera que se pudo conocer la tasa de crecimiento y la discusión de las causas que explican por qué el crecimiento de la misma.

Por otra parte, para la tercera actividad –al obtener los resultados– se pudo caracterizar la contaminación según los alcances (ver Tabla 10), y el factor de mayor impacto de emisiones en el municipio de Leticia.

12.5.3 Objetivo específico 3: formular estrategias socioambientales que permitan la reducción de las huellas de carbono y ecológica, generadas en el destino turístico de Leticia.

La primera actividad fue el análisis de las estrategias socioambientales que reducen las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia. Y la segunda actividad fue la descripción de las estrategias socioambientales que reducen las huellas de carbono y ecológica; estas estrategias se realizaron con fichas, y en ellas se escribieron las estrategias socioambientales a desarrollar para los factores de emisión con mayor consumo y generación de GEI.

## 12.6 Esquema metodológico

De acuerdo con los objetivos específicos propuestos, en la Figura 4 se esquematiza la estructura metodológica que se abordará para la realización del presente trabajo. Con la finalidad de que el municipio de Leticia implemente los índices huella de carbono y huella ecológica, primero se elige la metodología de cálculo para cada indicador, la cual brindará las pautas y los lineamientos para definir los límites que se deben incluir en el cálculo. Una vez establecidos los límites, se procederá a identificar las fuentes que emiten Gases de Efecto Invernadero en el municipio de Leticia. Después de identificar las fuentes y clasificarlas como lo exige la metodología escogida, se adelantará el proceso de recolección de información requerida para el cálculo, y se calcularán las huellas de carbono y ecológica, para lo cual se utilizará una herramienta de cálculo que se escoge según la revisión. A partir de los resultados que se obtienen de las huellas se definen las propuestas socioambientales, las cuales se harán a modo de fichas, donde se describirá la propuesta.

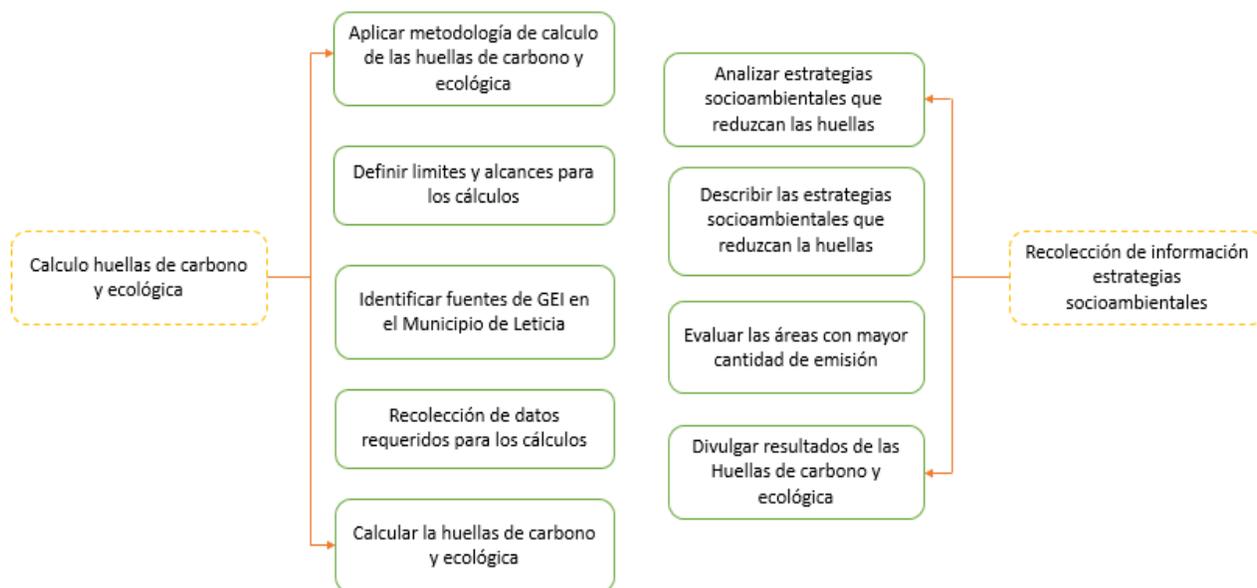


Figura 4. Esquema metodológico elaboración propia a partir de la ISO 14064 1 y 2

### 13. Plan de trabajo

#### 13.1 Cronograma de actividades

A continuación, se presenta la matriz con los objetivos, las actividades, el tiempo de ejecución, los participantes y los roles, el costo de la actividad y el resultado a conseguir con cada actividad. Organigrama, cronograma y presupuesto, una tabla cada uno en caso de requerirse.

Tabla 18. *Cronograma de actividades*

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Cuantificar la generación de GEI para proponer estrategias socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica, que se generan en el municipio de Leticia, Amazonas.	Identificar las fuentes de generación de GEI y sus consumos.	Revisión bibliográfica sobre las huellas de carbono y ecológica.													
		Identificar las actividades relacionadas con la generación de GEI del sector urbano y rural de Leticia.													
		Elegir el título de la investigación.													
		Realización del objetivo general y objetivos específicos.													
		Diseñar las encuestas para la recolección de datos.													
	Calcular las huellas de carbono y ecológicas en el	Desarrollo de trabajo en campo.													
		Recolección y análisis de información de los datos obtenidos.													
		Cálculo de las huellas de carbono y ecológica													



Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

Imprevistos	Invitaciones	5	100 000	500 000
	Tiquetes de avión	2	600 000	2 400 000
	Hospedaje extra	2	350 000	700 000
Total, del proyecto				22 826 000

---

Fuente: elaboración propia

## **14. Resultados y análisis**

### **14.1 Objetivo específico 1: identificación de las fuentes de generación de GEI y sus consumos.**

Este objetivo permitió actualizar la información de actividades económicas en el municipio de Leticia, e identificar los principales GEI.

La primera actividad consistió en hacer el levantamiento de la información de las actividades económicas que se realizan Leticia como destino turístico sostenible, para lo cual se aplicó la norma NTS-TS-001-1 (ver Tabla 5). La segunda actividad consistió en identificar cuáles son las zonas con mayor comercio, para así poder realizar la delimitación geográfica en el municipio, y de igual forma, identificar las fuentes de emisión de GEI.

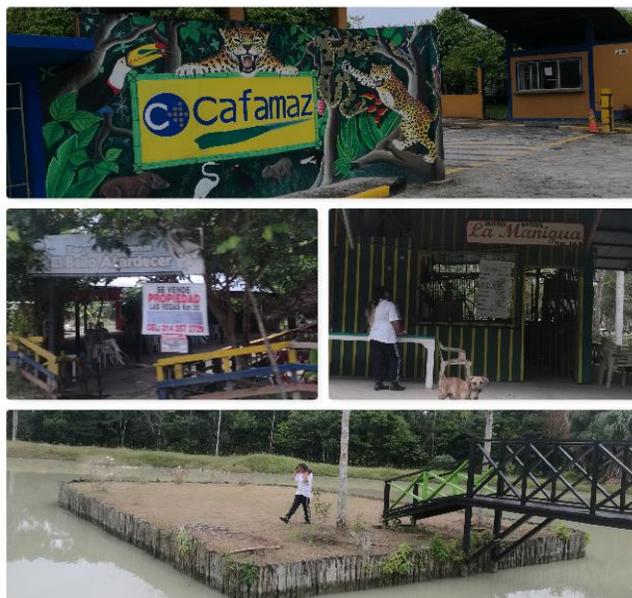
La zona rural se identificó como la vía Tarapacá, localizada sobre la unidad de la llanura Amazónica, el cual es un corregimiento departamental que se encuentra a 100 msnm; también se le conoce con el nombre de vía “Los Lagos” que consta de 22 km.

Respecto a la delimitación, se estableció llegar hasta el kilómetro 19 de la vía Tarapacá. Es así que se llevó a cabo el recorrido, en el kilómetro 2 se visitó a la comunidad de indígenas de San Sebastián, la cual cuenta con una población de 475 habitantes; en el kilómetro 6 se visitó a las comunidades indígenas San José, la cual cuenta con una población de 578 habitantes; y en el kilómetro 11 se visitó a las comunidades indígenas tacana, la cual cuenta con 197 habitantes. En la mayoría del recorrido se encuentran hoteles, restaurantes, colegios, reservas naturales, fincas y reservas privadas, centros recreacionales y balnearios; “en el km 17+200 metros vía Tarapacá está el basurero de Leticia el cual cuenta con dos piscinas de tamaños desproporcionados que acogen todos los desechos de la ciudad” (Rodas, 2015, párr.2).

Tabla 20. *Actividades económicas casco rural*

Lugar	Descripción	Figura
Reservas	Reservas naturales y parques ecológicos designados principalmente a la conservación de la biodiversidad y a la prestación de servicios ecoturísticos.	
Relleno sanitario	El relleno sanitario del km 17 + 200 metros vía Tarapacá de la ciudad de Leticia entró en operaciones en octubre de 2014.	

Otros terrenos      fincas privadas, estaderos y balnearios.



Nota: elaboración con base en inmersión de campo rural en el municipio de Leticia, Amazonas

La zona urbana de Leticia comprende dos vías principales, a saber, las carreras 10 y 11, las cuales hacen parte del complejo turístico, comercial y hotelero. Además, se encuentran entidades administrativas del municipio como la policía, el Instituto SINCHI, el DANE, etc.; también se encuentra el Hospital San Rafael, el muelle, la hidroeléctrica ENAM y la comunidad residencial; y, por último, el aeropuerto Alfredo Vásquez Cobo.

Tabla 21. *Actividades económicas casco urbano*

Lugar	Descripción	Figura
Comercial	Droguerías, artesanías, restaurantes, locales de ropa, entre otros.	

Hotelero Hoteles Waira, Decamerón y Anaconda.



Entidades administrativas Entidades del Estado, oficina públicas y privadas, y entidades bancarias.



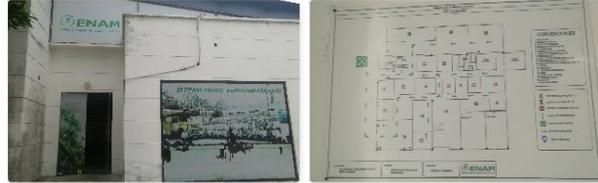
Salud Centro de atención médica: Hospital San Rafael, Clínica Leticia, centros odontológicos y la Cruz Roja.



Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

ENAM Empresa de energía para Amazonas,  
Información:



Transporte terrestre Carros, motos, motocarros, taxis y microbuses.



Transporte fluvial

Muelle transporte de carga, y el malecón como sitio turístico para que aborden los pasajeros.



Transporte aéreo

Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo: transporte de carga y de pasajeros, y nuevo aeropuerto.



Comunidad residencial

Casas y edificios (apartamentos).



Educativo

Colegios, jardines, bibliotecas y universidades.



Venta de gas      Venta de gas colombiano y brasilero.



Venta de refrigerantes      Venta de refrigerantes, se cuenta con tres proveedores principales: Frio Centro Leticia, ElectroJapón, y Servifrío.



Fuente: elaboración con base en inmersión de campo urbano en el municipio de Leticia, Amazonas.

La segunda actividad consistió en identificar las fuentes de emisión de Leticia:

Tabla 22. Fuentes fijas del municipio de Leticia

Sector	Emisiones directas Alcance 1	Emisiones indirectas Alcance 2	Justificación
Sector residencial	Consumo de combustibles para la zona de la cocina: gas propano. Uso de gases refrigerantes como R22, R134A, R404A,	Consumo de energía eléctrica dentro de la vivienda como equipos eléctricos e iluminación artificial.	Sí, puesto que presentan todos los tipos de consumos.

	R407C, R410A, R413A, R422D, R507A, R141B, R125 y R409A, los cuales generan emisiones a la atmósfera.		
Sector comercial	Consumo de combustibles para la zona de la cocina: gas propano. Uso de gases refrigerantes como R22, R134A, R404A, R407C, R410A, R413A, R422D, R507A, R141B, R125 y R409A, que generan emisiones a la atmósfera.	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos eléctricos, iluminación, motobomba, etc.).	Sí, dado que presentan todos los tipos de consumos.
Sector hotelero	Consumo de combustibles para la zona de la cocina: gas propano. Uso de gases refrigerantes como R22 y R134A, que generan emisiones a la atmósfera.	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos eléctricos, iluminación, motobomba, etc.).	Sí, dado que presentan todos los tipos de consumos.
Sector salud	Consumo de combustibles para la zona de la cocina: gas propano. Uso de gases refrigerantes como R22, R134A, R404A, R407C, R410A, R413A, R422D, R507A, R141B, R125 y R409A, que generan emisiones a la atmósfera.	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones.	No, debido a la baja presencia se incluyó dentro de administrativos sin generarle una categoría independiente en la encuesta.
Sector educativo	Consumo de combustibles para la zona de la cocina: gas propano. Uso de gases refrigerantes como R22, R134A, R404A y R407C, que generan emisiones a la atmósfera.	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos eléctricos, iluminación, motobomba, etc.).	No, debido a la baja presencia se incluyó dentro de administrativos sin generarle una categoría independiente en la encuesta.
Sector industrial	Consumo de combustibles fósiles (diésel) en maquinaria industrial de forma estacionaria (termoeléctrica). Uso de gases refrigerantes como R22, R134A, R404A, R407C, R410A, R413A,	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos eléctricos, iluminación, motobomba, etc.).	No, debido a la baja presencia se incluyó dentro de industriales sin generarle una categoría independiente en la encuesta.

Zonas de reserva	R422D, R507A, R141B, R125 y R409A, los cuales generan emisiones a la atmósfera. Consumo de combustibles para la zona de la cocina: gas propano.	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos eléctricos, iluminación, motobomba, etc.).	Sí, incluido dentro de residenciales.
Edificios administrativos	Consumo de combustibles fósiles (diésel) en maquinaria industrial de forma estacionaria (termoeléctrica). Uso de gases refrigerantes como R22, R134A, R404A, R407C, R410A, R413A, R422D, R507A, R141B, R125 y R409A, que generan emisiones a la atmósfera.	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos eléctricos, iluminación, motobomba, etc.).	Sí, dado que presentan todos los tipos de consumos.

Nota: elaboración propia a partir de inmersión en campo casco urbano y rural en el municipio de Leticia.

Tabla 23. Fuentes móviles identificadas en el municipio de Leticia

Sector	Emisiones directas Alcance 1 y 3
Transporte terrestre	Consumo de combustible en vehículos que circulan dentro de Leticia.
Transporte fluvial	Consumo de combustible por transporte fluvial que se origina en Leticia y fuera de Leticia.
Transporte aéreo	Consumo de Jet A1 en viajes aéreos de Bogotá-Leticia al Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo.

Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes móviles en el municipio de Leticia.

## 14.2 Objetivo específico 2: calcular las huellas de carbono y ecológica en el municipio de Leticia.

Se desarrollaron dos procesos de recolección. Primero se elaboraron las preguntas para realizar las encuestas, para lo cual se utilizó el servicio de Google Surveys. La encuesta se puede observar en el Anexo 19.7 con su respectivo enlace, y, adicionalmente, se encuentra en el Anexo 18.7 “Encuesta-Preguntas”; esta encuesta genera el archivo “Encuesta (respuestas). xlsx”, el cual posee una data originalmente poco legible por una persona, pero a través del código del archivo “Script.R” –que procesa dicha información– se obtiene toda la estadística descriptiva de la misma. Este proceso se

realizó en campo, puerta a puerta, se encuestó sobre consumos energéticos, consumos de combustibles fósiles, entre otros, a una muestra representativa de cada sector (hotelero, residencial y comercial).

El segundo proceso de recolección se realizó a través de oficios a diferentes entidades (ver Anexo 1. Oficios dirigidos a distintas entidades públicas y privadas de Leticia) como la hidroeléctrica central ENAM; la Inspección Municipal de Tránsito y Regulación Vial de Leticia; el Ministerio de Transporte; el Instituto Nacional de Vías (INVIAS); la Cámara de Comercio; la Aeronáutica Civil; la Capitanía de Puerto; la Secretaría de Competitividad, Medio Ambiente y Turismo; el DANE; la Alcaldía de Leticia y Terpel.

Resultado obtenido de los *outputs* del archivo “Script.R”.

Se logró hacer la recolección de los alcances obtenidos por medio de las encuestas; asimismo, se obtuvieron los consumos respectivos por cada encuestado por intervalo de tiempo, cabe anotar que de acuerdo con el caso la variable cambia, pero toda tabla posee la siguiente información:

- Tipo: cada variable del alcance tenía sus propias subcategorías, las cuales describen la población, de modo que el grupo se pudiese considerar como un conjunto uniforme, así, por ejemplo, uno de los tipos en el transporte terrestre son las motocicletas, y de esa manera las otras variables estadísticas fuesen representativas.
- Tamaño muestra (N): es el número de encuestas de cada tipo que se logró recolectar.
- Media: corresponde al promedio aritmético de los datos recolectados para el tipo, según sea el caso, cuya fórmula es:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde:

$\bar{x}$ : el promedio

N: el tamaño de la muestra

$x_i$ : el valor de cada una de las variables encuestadas de dicho tipo.

- Desviación estándar: la medida de dispersión de la variable cuya fórmula es:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Cuyos términos son los mismos de la fórmula de promedio.

A continuación, se muestran los resultados según los alcances.

### 14.3 Consumo electricidad

En la encuesta se recolectó el consumo de electricidad mensual, el cual fue medido en kilovatios.

Tabla 24. *Consumo de electricidad KWh/mes*

Tipo inmueble	N	Promedio KWh/mes	Desviación estándar
Comercial	36	595.83333	583.67023
Residencial	10	139.30000	116.53807
Hotel	13	3.508.92308	6.256.71332
Administrativo	1	293.00000	-

Fuente: elaboración propia con base en programa RStudio.

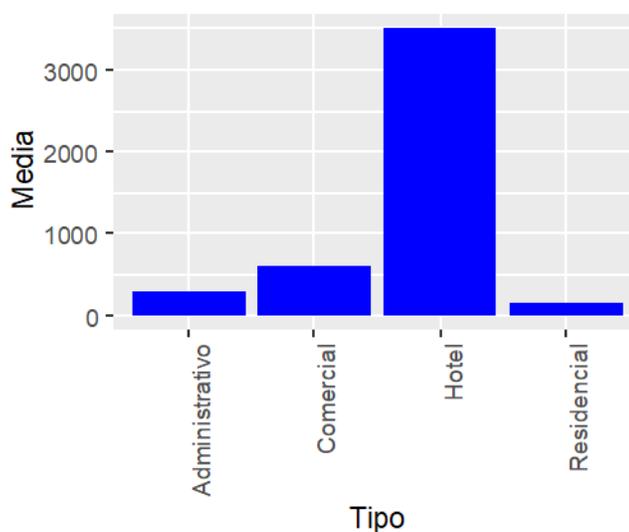


Figura 5. Consumo de electricidad KWh/mes elaborado por medio del programa RStudio

### 14.4 Consumo gas

Para esta encuesta se preguntó cuál es la masa de gas que se adquiere y el tiempo promedio de duración, con el propósito de obtener el consumo de gas por día en kg/día.

Tabla 25. *Consumo de gas propano en kg/día*

Tipo inmueble	N	Promedio kg/día	Desviación estándar
Residencial	14	0.36369	0.22417
Comercial	34	3.19755	3.21713
Hotel	15	3.12112	3.00689

Nota: elaboración propia con base en el programa RStudio.

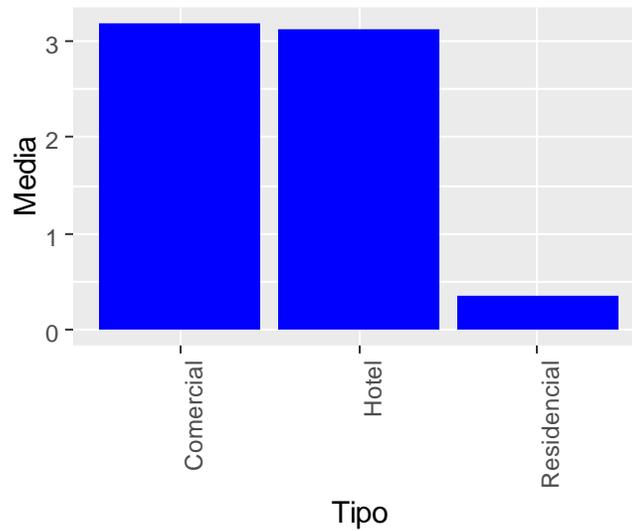


Figura 6. Consumo de gas por día en kg/día elaborado a partir del programa RStudio

#### 14.5 Consumo gasolina automotores terrestres

Para esta encuesta se consultó cuánto es el consumo promedio diario de los automotores, con el propósito de obtener el consumo en gal/día.

Tabla 26. Consumo de gasolina automotriz terrestre en gal/día

Tipo automotor	N	Promedio gal/día	Desviación estándar
Taxis	13	2.5385	0.9674
Motocarro	30	3.0833	7.9308
Microbuses	13	10.5385	4.7021
Motocicletas	27	1.4815	0.7000
Carro	7	5.2857	1.9760

Nota: elaboración propia con base en el programa RStudio.

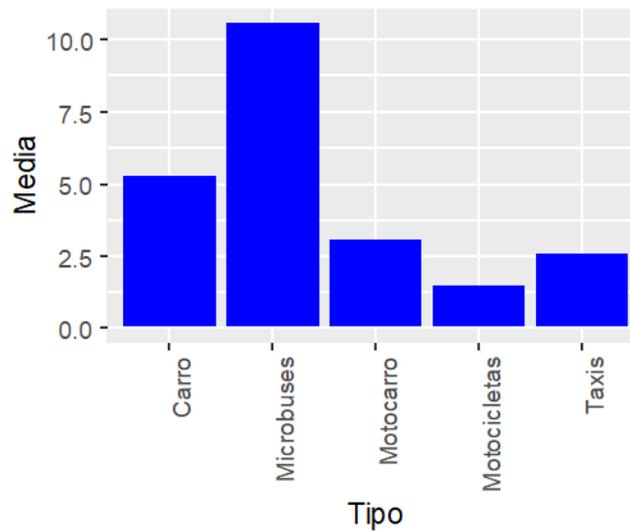


Figura 7. Consumo de gasolina en automotores terrestres en gal/día elaborado a partir del programa RStudio

#### 14.6 Consumo gasolina automotores fluviales

En esta encuesta se consultó cuánto es el consumo promedio diario de los automotores para obtener el consumo en gal/día.

Tabla 27. Consumo gasolina automotriz fluvial en gal/día

Tipo automotor	N	Promedio gal/día	Desviación estándar
Motocanoa	21	2.54762	1.59613
Deslizador	6	35.16667	39.85181
Chalupa	3	25.66667	30.43572
Lancha	9	17.22222	23.33869

Fuente: elaboración propia con base en el programa RStudio.

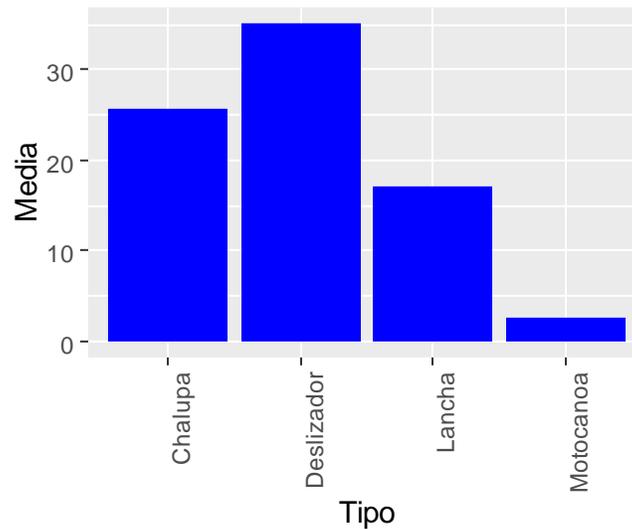


Figura 8. Consumo de gasolina automotores fluviales en gal/día elaborado a partir del programa RStudio

### 14.7. Extrapolación

Los datos recogidos por medio de las encuestas corresponden a aquellos valores totales de la población a los cuales no era posible acceder. Por ello se utiliza una extrapolación estadística en la cual –por medio de intervalos de confianza– se podrá predecir el valor real y en qué rango se encontrará.

### 14.8. Intervalo de confianza

Tras obtener determinada información de la muestra (la descrita en las tablas anteriores), por medio de un intervalo de confianza estadístico se pueden conocer las características de la población entera. De forma que los rangos que se obtienen son aquellos entre los cuales se debe encontrar la media de toda la población; esto se debe a que estadísticamente solo se pueden hallar intervalos, pues obtener una estimación exacta es imposible dado que se parte del desconocimiento del universo muestral, donde, para este trabajo se asume que existe un comportamiento “normal”, que es el estándar con el cual se puede trabajar cuando se desconoce que existen sesgos o tendencias en la población.

Para el presente trabajo se escogió una confianza del 80%, dados los altos valores de dispersión de las variables, lo cual se exhibe, a su vez, por los altos valores de desviación estándar en comparación con la media; y, puesto que, 80% es el valor mínimo se considera el más indicado, porque con él es posible trabajar normalmente en un estudio estadístico. Ahora bien, de acuerdo con la teoría, dicho valor corresponde con un  $\alpha/2 = 0.1$ , lo cual significa que con un 80% de certeza, el valor del promedio de la variable estudiada real de las poblaciones encuestadas se va a hallar dentro del intervalo de confianza encontrado.

Adicionalmente, por el número de encuestas que se logró realizar, la modelación estadística que se sigue corresponde al test de Student, que para muestras no tan grandes sigue aproximadamente el comportamiento de una distribución normal.

Por lo tanto, el intervalo de confianza se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{x} - t_{\alpha/2, n-1} * \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{\alpha/2, n-1} * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

$\mu$ : el promedio real de la población.

$\bar{x}$ : el valor promedio de la muestra encuestada.

$t_{\alpha/2, n-1}$ : el valor estadístico que sigue la distribución t-Student, y que depende de la confianza escogida, así como del tamaño de la muestra (estos valores son obtenidos por el código, pero se corresponden con los valores estándar de tablas estadísticas).

S: desviación estándar.

n: tamaño de la muestra.

#### 14.9. Extrapolaciones encuesta de consumo anual

En esta sección se realizaron las extrapolaciones para los alcances correspondientes. Ello de acuerdo con los datos que se obtuvieron de los tamaños reales de la población, y los cuales fueron proyectados en un periodo de tiempo de un año para poder hallar los intervalos de confianza en conformidad con lo establecido en la sección anterior.

Para el caso de los inmuebles, al no contar con información actualizada del DANE, se utilizaron los datos de Daniela Bonilla (2014). Se considera que la relación entre desarrollo urbanista y masa demográfica es directa, por lo tanto, el factor de crecimiento de inmuebles correspondería –de acuerdo con las proyecciones demográficas del mismo DANE– a lo siguiente:

$$\frac{42956}{41326} = 1.039442$$

De esa manera se obtuvo la población proyectada (ver Tabla 28) desde el año 2014 al 2019, para lo cual se realizaron los cálculos que se muestran a continuación:

Tabla 28. Población de Leticia proyectada al año 2019

Tipo	Población 2014	Población 2019
Comercial	432	432*1.04 = 450
Residencial	673	673*1.04 = 700
Hotel	15	15*1.04 = 16



Taxis	35
Motocarro	427
Microbuses gasolina	105
Motocicletas	22167
Carro	268

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de la Inspección Municipal de Tránsito y Regulación Vial de Leticia.

Para los automotores fluviales se tuvo en cuenta la cantidad de estos que están matriculados, los cuales son en total 1 350, aunque no están categorizados. Pero, al considerar que la encuesta se realizó con una muestra representativa y uniforme respecto a la población, se siguieron las proporciones de las encuestas para realizar la proyección, lo cual dio como resultado:

Tabla 32. *Proyecciones automotrices fluvial*

<b>Tipo</b>	<b>Población</b>
Motocanoa	726
Deslizador	207
Chalupa	103
Lancha	311

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, con la información que brindó Terpel se conoce que el consumo total mensual de gasolina es de 271506 galones.

De acuerdo con lo anterior, se proyecta a 12 meses y se consideran los consumos diarios de la Tabla 25 junto con la Tabla 30, para ponderar el aporte de cada tipo de automotor al total, así se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 33. *Consumo de gasolina en gal/año automotrices terrestres y fluviales*

<b>Tipo automotor</b>	<b>N</b>	<b>Promedio gal/día</b>	<b>Promedio * N</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Consumo mensual</b>	<b>Consumo anual</b>
Taxis	13	2.5385	33	4%	10717.34	128608.1
Motocarro	30	3.0833	92.5	11%	30041.03	560492.4
Microbuses	13	10.5385	137	16%	44493.21	533918.5
Motocicletas	27	1.4815	40	5%	12990.72	155888.6
Carro	7	5.2857	37	4%	12016.41	144197
Motocanoa	21	2.54762	53.5	6%	17375.08	208501
Deslizador	6	35.16667	211	25%	68526.04	822312.4
Chalupa	3	25.66667	77	9%	25007.13	300085.6
Lancha	9	17.22222	155	19%	50339.03	604068.4

Fuente: elaboración propia con base en las encuestas realizadas en campo para automotrices terrestres y fluviales.

### 14.10 Extrapolaciones huella de carbono anual

De acuerdo con los datos de consumo que se hallaron en la sección precedente, y al considerar las ecuaciones para la huella de carbono (ver Tabla 16), se tiene que las tablas de intervalos han de multiplicarse por los valores acordes con la siguiente tabla.

Tabla 34. *Cálculo coeficiente de la huella de carbono*

<b>Ecuaciones Tabla 16</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cálculo coeficientes</b>	<b>Total</b>
5	Electricidad	1.2282	1.2282 kg CO <sub>2</sub> /KWh
4	Gas	63.02*0.0039	0.245778 kg CO <sub>2</sub> /kg
1 y 3	Gasolina	9.01	9.01 kg CO <sub>2</sub> /gal

Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se obtuvieron los resultados para la huella de carbono en kilogramos de cada alcance. En cuanto a las gráficas, se tuvieron intervalos para cada tipo, además, se tomó el punto medio de dicho intervalo.

#### 14.10.1 Huella carbono por consumo eléctrico

Para ello se toman los intervalos de la Tabla 28, y se multiplican por su respectivo coeficiente de la Tabla 34, ecuación número 5 (ver Tabla 16).

Tabla 35. *Cálculo coeficiente del consumo eléctrico kg CO<sub>2</sub>/KWh*

<b>Tipo</b>	<b>Límites mín. del intervalo</b>	<b>Límites máx. del intervalo</b>
Comercial	2.531.343*1.2282 = 3.108.995	3.903.657*1.2282 = 4.794.472
Residencial	741.987*1.2282 = 911.309	1.598.253*1.2282 = 1.962.974
Hotel	221.852*1.2282 = 272.479	1.125.574*1.2282 = 1.382.431
Administrativo	246.120*1.2282 = 302.285	246.120*1.2282 = 302.285

Fuente: elaboración propia

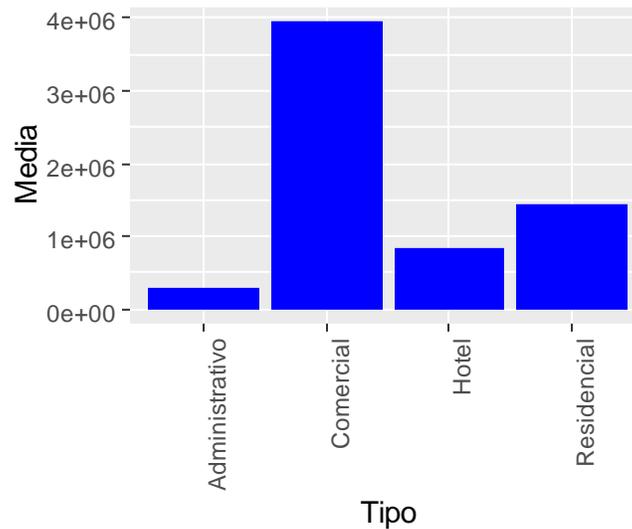


Figura 9. Coeficiente del consumo eléctrico kg CO<sub>2</sub>/KWh elaborado a partir del programa RStudio

#### 14.10.2 Huella carbono por consumo gas

Para este se toman los intervalos de la Tabla 2, y se multiplican por su respectivo coeficiente de la Tabla 34, ecuación número 2 (ver Tabla 16).

Tabla 36. Cálculo coeficiente del consumo de gas en kg CO<sub>2</sub>/kg

Tipo	Límite mín. del intervalo	Límite máx. del intervalo
Residencial	$46449.7453564558 * 0.245778 = 11416.325514219$	$73022.5760721156 * 0.245778 = 17947.3427018524$
Comercial	$632624.6579248 * 0.245778 = 155485.223175441$	$1001322.89109481 * 0.245778 = 246103.1375275$
Hotel	$12128.9523628227 * 0.245778 = 2981.02965382984$	$24325.7799123096 * 0.245778 = 5978.74153528763$

Nota: elaboración propia

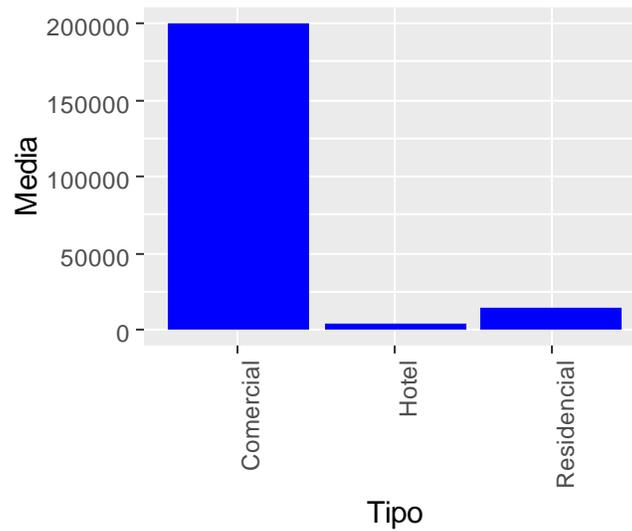


Figura 10. Coeficiente del consumo gas kg CO<sub>2</sub>/kg elaborado por el programa RStudio

#### 14.10.3 Huella carbono por consumo gasolina automotores terrestres y fluviales

Para este se toman los valores Tabla 33, y se multiplican por su respectivo coeficiente de la Tabla 34, ecuación número 1 (ver Tabla 16).

Tabla 37. Cálculo coeficiente del consumo gasolina automotriz terrestre y fluvial en kg CO<sub>2</sub>/gal

Tipo automotor	Huella de carbono
taxis	1158666
Motocarro	3247776
Microbuses	4810219
Motocicletas	1404444
Carro	1299110
Motocanoa	1878443
Deslizador	7408439
Chalupa	2703554
Lancha	5442219

Fuente: elaboración propia

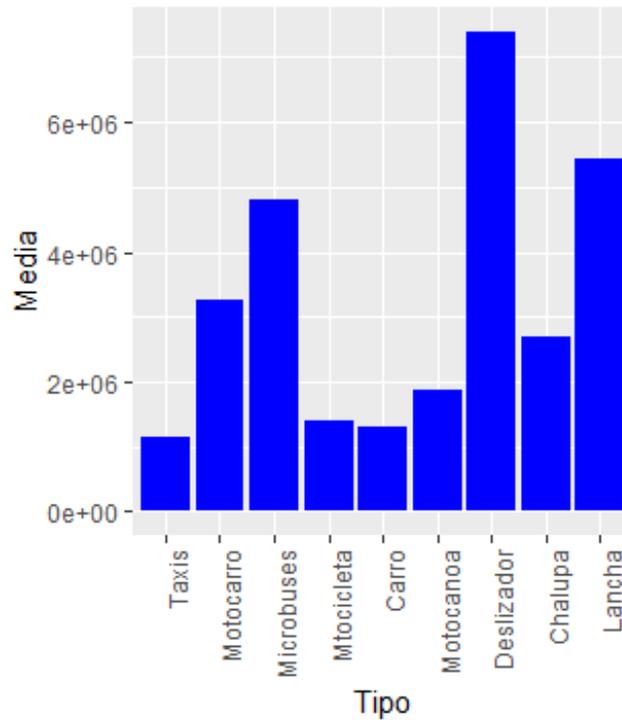


Figura 11. Coeficiente del consumo de gasolina automotriz terrestre y fluvial en kg CO<sub>2</sub>/gal elaborado por el programa RStudio

Fuente: elaboración propia con base en RStudio

### 14.11 Huella calculada por valores directos

Para aquellos alcances de los cuales es posible acceder a los valores totales, a continuación, se muestran las respectivas huellas de carbono.

#### 14.11.1 Huella carbono de refrigerantes

En la ciudad de Leticia únicamente existen tres proveedores de refrigerantes, estos son: Servifrío, ElectroJapón y Frio Centro Leticia, los cuales proporcionaron la información correspondiente al refrigerante total, según el tipo que venden anualmente. La información es presentada a continuación.

Tabla 38. Tipos de refrigerantes en masa año/kg

Tipo	Masa anual kg
R134a	50.5
R22	615
R410a	605.2

M049	77.25
R402a	90
R404	69.5
R600a	24.2

Fuente: elaboración propia con base en la información de proveedores de refrigerantes en Leticia.

De acuerdo con las tablas de GPW, para los refrigerantes que se manejan en la ciudad se tienen los siguientes valores:

Tabla 39. *Coefficiente de refrigerantes en CO<sub>2</sub>*

Tipo	Coefficiente
R134a	1300
R22	1810
R410a	2088
M049	2053
R402a	2788
R404	3900
R600a	5

Nota: (Newsom, Nichols, & Blumenfeld, 2019)

Por lo tanto, al multiplicar los valores de masa de cada refrigerante con sus coeficientes, de acuerdo con la fórmula número 4 de la Tabla 16:

$$50.5 \cdot 1300 + 615 \cdot 1810 + 605.2 \cdot 2088 + 77.25 \cdot 2053 + 90 \cdot 2788 + 69.5 \cdot 3900 + 24.2 \cdot 5$$

Se obtiene un valor total de 3.123.143 kg de CO<sub>2</sub> al año.

#### 14.11.2 Huella carbono residuos sólidos

En lo que respecta a los residuos sólidos, se tuvo acceso a información que proporcionó un trabajador (conductor de los vehículos de recolección) (ver Anexo 6) de la alcaldía, la encargada de gestionar el manejo de desechos. A continuación, se resume la información de recolección diaria para una ciudad pequeña.

Tabla 40. *Cantidad de residuos sólidos recogidos al día*

Tipo	Número de vehículos	Toneladas	Viajes
Carro compactador	2	5	3
Volqueta	1	2	4

Fuente: elaboración propia con base en trabajador de la unidad de servicios públicos de la Alcaldía de Leticia.

Se obtuvo un valor de 38 toneladas de desechos producidos al día, las cuales, proyectadas a 365 días, suman 13870 toneladas de desechos producidos. Así, de acuerdo con la fórmula para el cálculo de huella de carbono se tiene lo siguiente:

$$13870\text{ton} \cdot 1000\text{kg}/1\text{ton} \cdot 0.55 \cdot 0.0668\text{kg}/\text{m}^3 \cdot 0.101 \cdot 211/1000$$

Lo cual da como resultado que la huella de carbono producida por desechos es de 10859.4 kg de CO<sub>2</sub>.

### 14.11.3 Huella carbono de vuelos

De acuerdo con la información provista por la Aeronáutica Civil, para el caso del aeropuerto de Leticia, donde se encuentran registrados los vuelos de la ruta Bogotá-Leticia, se tiene un total de 84 858 pasajeros en el primer semestre del año 2019, este valor proyectado a dos semestres da un total de 169 716. Adicionalmente, para el cálculo de emisiones se utiliza la “Carbon Emission Calculator” de la ICAO, la cual se puede encontrar en el link: <https://applications.icao.int/icec>. Mediante esta se obtuvo que el valor promedio de emisiones, debidas a cada pasajero por la quema de combustible, corresponde en esta ruta a 109.2 kg CO<sub>2</sub>/Pas, de lo cual resulta una huella de carbono anual de 18532987 kg de CO<sub>2</sub>.

### 14.12 Huella de carbono total

Una vez se obtienen estos resultados, se pueden establecer los aportes de huellas de carbono anuales para cada uno de los alcances, para lo cual también se consideran los errores estadísticos de aquellos que lo tienen (ver Tabla 41).

Tabla 41. *Consumo total de los alcances anual*

<b>Tipo consumo</b>	<b>Huella kg</b>	<b>Porcentaje</b>
Eléctrico	6518614	11.2860%
Gas	219956	0.3808%
Gasolina	29352869	50.8201%
Refrigerantes	3123143	5.4073%
Desechos	10860	0.0188%
Vuelos	18532987	32.0871%
<b>Total</b>	<b>57758429</b>	<b>100.0000%</b>

Fuente: elaboración propia

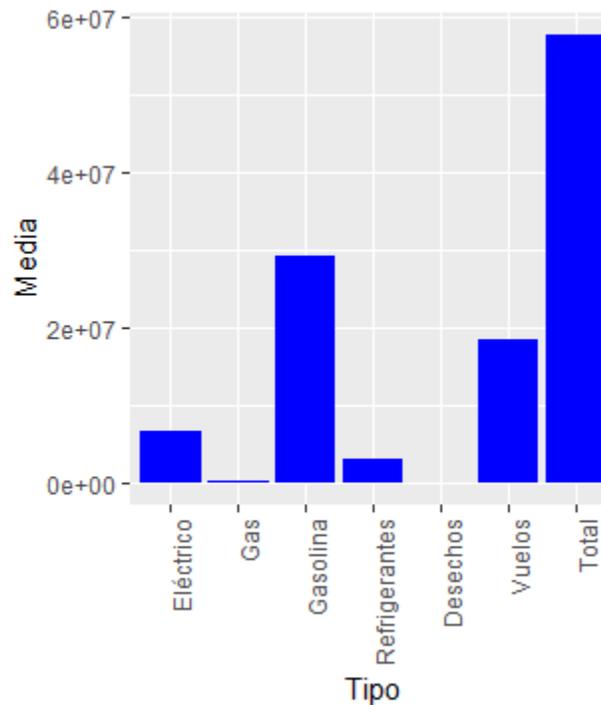


Figura 12. Consumo total de los alcances anual elaborado a partir del programa RStudio

Por lo tanto, se tiene que la huella total de carbono producida por Leticia es:

$$(5.7758429 \pm 1.973620) \cdot 10^7 \text{ kg CO}_2$$

Lo cual implica un error relativo del 34.170251%

Para la segunda actividad se realizó el análisis de resultados, que se contrastaron con otros estudios análogos previos. A continuación, se presenta la contrastación con el estudio del año 2014 realizado por Campos Bonilla.

De acuerdo con el estudio referido, en el año 2014 la huella de carbono ascendía a  $6.0339653 \times 10^7$  kg de CO<sub>2</sub>. Al considerar el valor que se obtuvo anteriormente:

$$(5.7758429 \times 10^7 \text{ kg CO}_2) / (6.0339653 \times 10^7 \text{ kg CO}_2) = 0.9572$$

Se tiene que en los últimos cinco años la huella de carbono producida en la ciudad de Leticia ha disminuido un 0.4278%. Esto se debe principalmente a que la proyección de consumo eléctrico obtenida en este estudio es inferior a la del estudio anterior, donde sí se tuvo acceso a información directa de la hidroeléctrica correspondiente. Los demás alcances sí exhiben un crecimiento de la huella de carbono producida.

Para la tercera actividad, esto es, la evaluación de las áreas con mayor cantidad de emisiones, sectorización de resultados muestreo. Se tiene que respecto a los alcances, estos impactos se encuentran ordenados de mayor a menor de la siguiente manera:

1. Consumo gasolina
2. Consumo combustible de vuelos
3. Consumo eléctrico
4. Refrigerantes
5. Consumo gas
6. Residuos sólidos

### 14.13. Cálculo huella ecológica

El cálculo de la huella ecológica se halló a través de su definición. Donde, para los valores necesarios se utilizó el valor de la huella de carbono en toneladas encontrada en este trabajo; y para el coeficiente de fijación –el cual corresponde a la masa de CO<sub>2</sub> que es capaz de absorber el bosque o la selva por unidad de área– se utilizó el coeficiente del artículo de Marta Abreu “Cálculo de la huella ecológica de la Universidad Central” (p. 63). Este coeficiente es de 5.06 <sup>ton CO<sub>2</sub>/Ha</sup>, que corresponde para el caso de Cuba, pero se utiliza porque resulta cercano al valor de Leticia, debido a que es selva tropical, además, por la escasez de estudios para encontrar dichas constantes medidas en la región.

$$Huella = \frac{57758.429 \text{ ton CO}_2}{5.06 \text{ ton CO}_2/\text{Ha}} + 583200 = 594614,7 \text{ Ha}$$

### 14.14 Objetivo específico 3: formular estrategias socioambientales que permitan la reducción de las huellas de carbono y ecológica, generadas en el destino turístico de Leticia.

El crecimiento económico del municipio de Leticia principalmente se debe a la actividad turística, la cual ha producido un impacto, tanto positivo como negativo, sobre el municipio. En la actualidad, se encuentran varios locales de comercio, restaurantes y hoteles; en cuanto al transporte fluvial, se tiene que incrementó el uso de embarcaciones para los turistas, al igual que el número de vuelos. Respecto al transporte terrestre en el municipio, se encuentra que este ha crecido debido a que los motocarros, las motos, los taxis, entre otros, se utilizan como transporte público, tanto por parte de la población como de los turistas, lo cual indica que la infraestructura de servicios turísticos se fortalece, no obstante, estos servicios generan una mayor cantidad de fuentes de emisión de GEI.

En cuanto a la actividad comercial y hotelera en Leticia, esta ha incrementado debido a la gran variedad de biodiversidad y vida silvestre del municipio. Por lo tanto, si no se toman las medidas necesarias para controlar el impacto negativo que genera el desarrollo de estas actividades, la biodiversidad se verá afectada, y, asimismo, la calidad de vida de los habitantes del municipio.

Por lo anterior, se presentan las siguientes propuestas socioambientales para mitigar las fuentes de emisión de GEI, las cuales se resumirán con los alcances, estrategias, roles institucionales y acciones ambientales, y metas para el desarrollo de estas propuestas, para los distintos sectores emisores. Se asume que cada factor debe reducir en un 30% su intensidad de emisión de GEI para el año 2030 respecto al año 2019.

---

### **Estrategias socioambientales Alcance 1**

---

#### **Alcance**

Consumo gas propano (pipeta)

#### **Estrategias**

- Implementar el uso de baterías de cocina con materiales más conductores, para que el calor se concentre más rápido y los alimentos estén en menos tiempo.
- Capacitar por medio de alianzas con el SENA para que se realicen platillos que requieran menos tiempo de cocción; además, si van a utilizar granos, estos se dejen en un periodo de germinación para que el tiempo de uso de gas sea muy corto.
- Fomentar en las empresas la disminución de precios, de tal forma que las familias puedan adquirir pipetas más grandes, y la distribución requiera menor contaminación al disminuir los viajes en rutas de suministro.
- Contar con estufas bien calibradas para evitar pérdida de gas.

#### **Acciones ambientales**

Reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por esta fuente.

#### **Metas**

Disminución de viajes en un 30% para el transporte del gas.

---

Fuente: elaboración propia

---

### **Estrategias socioambientales Alcance 1**

---

#### **Alcance**

Consumo gasolina

#### **Estrategias**

- Implementar planes de fomento para el uso de bicicletas, así como de motocicletas eléctricas, en sustitución de los transportes a base de crudo.
- Concientizar a los conductores para que no sobre revolucionen los vehículos al momento de arrancar en los semáforos.
- Utilizar vehículos con motores más pequeños y de modelos actualizados, dado que consumen menos que un vehículo antiguo.
- Apagar el motor durante el tiempo que dure el semáforo, pues con ello se reduce el consumo de gasolina.
- Incentivar a la población para que solo utilice sus vehículos cuando se recorran largas distancias.
- Fomentar energías limpias por medio de patinetas dentro del casco urbano.
- Reemplazo de motocicletas dos tiempos a cuatro tiempos con certificado EURO.
- Establecer convenios entre todas las entidades fluviales (Dimar, empresas de flotas fluviales, etc.) para la protección del medio ambiente, e impartir capacitaciones sobre las buenas prácticas ambientales para el servicio de transporte de carga y pasajeros.

#### **Acciones ambientales**

Alcaldía:

- Fomento de planes que atraigan empresas con incentivos, de manera que los precios de dichos vehículos sean accesibles y atractivos para los ciudadanos.

- Las mejoras a la infraestructura del transporte no motorizado atraerán más turistas a la zona de la carretera y al centro de la ciudad, lo cual generará mayores ingresos a comerciantes y a artesanos, dado que actualmente los bicitours tienen lugar en Tabatinga, Brasil.
- Las verificaciones de las emisiones, el uso de combustibles limpios y el cambio de motores mejorará la eficiencia energética de los medios de transporte, y prolongará la vida útil de los mismos.

### **Metas**

Sustitución de los vehículos 30% (principalmente motocicletas).

Fuente: elaboración propia

---

## **Estrategias socioambientales Alcance 1**

---

### **Alcance**

Refrigerantes

### **Estrategias**

- Cambio de aires acondicionados: al asumir que la mayoría de los equipos refrigerantes en las instalaciones como las viviendas, los hoteles y los locales son equipos antiguos, se tiene que estos requieren de una mayor carga de gases refrigerantes, y la mayoría contienen el R-22, un HCFC que al contener cloro afecta la capa de ozono, y cuya fabricación se encuentra descontinuada desde el año 2010. Por ello se sugieren equipos que contengan HFC como el R134a que a pesar de que tienen un factor de emisión igual o mayor que el R-22 no debilitan la capa de ozono, son más eficientes y requieren mayor tiempo de recarga.
- Mejorar los sistemas de ventilación: evaluar los espacios de las viviendas, los hoteles y los locales y, de ser posible, realizar una reestructuración de las instalaciones con el fin de colocar ventiladores y reducir el uso de equipos refrigerantes. Asimismo, reparar y realizar el mantenimiento de los aires que presenten fallas para mejorar su eficiencia.

### **Acciones ambientales**

Alcaldía:

- Seguimiento del cumplimiento de la norma ambiental.
- Disminución de las emisiones de cloro e hidrógeno a la capa de ozono.
- Ahorro de energía.
- Disminución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y sustancias agotadoras del ozono.

### **Metas**

Sustitución completa del uso de refrigerantes, por al menos R134a para todos los casos.

Fuente: elaboración propia

---

## **Estrategias socioambientales Alcance 2**

---

### **Alcance**

Consumo electricidad

### **Estrategias**

- Implementación de paneles solares: la estrategia consistiría en contar con un sistema de innovación en las instalaciones del municipio, el cual es uno de los pioneros en el uso de energías limpias que generan beneficios ambientales y económicos. Se pretende realizar la instalación de paneles solares en las viviendas, los hoteles y los locales.
- Concientización sobre la importancia de las medidas de ahorro por medio de afiches informativos, donde se muestre la importancia de apagar las luces, los ventiladores, los acondicionadores de aire y los televisores cuando se salga de la habitación o cuando no se utilicen.

### **Acciones ambientales**

- La alcaldía y la hidroeléctrica crean grupos pedagógicos para enseñar a optimizar el uso de la electricidad, tanto en hogares como en establecimientos privados y públicos.
- Ahorros beneficiosos para la economía.
- Reducción en la emisión de GEI.

### **Metas**

Disminución de consumo en un 30%.

Fuente: elaboración propia

---

## **Estrategias socioambientales Alcance 3**

---

### **Alcance**

Vuelos

### **Estrategias**

- Agencias de viajes: aumentar la integración de esta con plataformas tecnológicas que permitan maximizar el número de pasajeros por viaje, para que el número de vuelos se aproveche en mayor medida.
- Procura hacer teleconferencias, además, dejar de contribuir con las emisiones de los aviones que quedan alto en la atmósfera, los cuales representan el 15% de las emisiones por transportación.
- Solicitar como destino turístico que los aviones que ingresan al aeropuerto sean de última tecnología y eficientes para el destino turístico

### **Acciones ambientales**

Mayor reducción porcentual a largo plazo en los GEI de las aeronaves, y así mismo en la proximidad del aeropuerto, reduciendo la contaminación atmosférica.

### **Metas**

Disminución en el número de vuelos sin afectar el volumen de turistas.

Fuente: elaboración propia

---

## **Estrategias socioambientales Alcance 3**

---

### **Alcance**

Desechos sólidos

### **Estrategias**

- Fomentar el análisis del ciclo de la vida de los residuos.
- Implementar el sistema de separación en la fuente.
- Sustitución de materiales como el plástico y el icopor.
- Evitar los productos de un solo uso.
  
- Campañas de reciclaje dirigidas a los turistas.
- Diseñar afiches ilustrativos donde se especifique la separación de los residuos sólidos a los turistas.
- Garantizar la calidad de los productos no envasados para que sean reemplazados por productos de envase de un solo uso.

#### **Roles institucionales y acciones ambientales**

- Alcaldía y aeropuerto: aumentar la educación y la información proporcionada a los turistas una vez que estos llegan a Leticia.
- Reducción de olores y beneficios para la salud pública (disminución de enfermedades).
- Fomento de proyectos rentables e innovadores.
- Reducir de forma notable la cantidad de recursos naturales utilizados como materia prima, para evitar el agotamiento de determinados recursos naturales.

#### **Metas**

Ecoturismo eficiente con el medio ambiente.

---

Fuente: elaboración propia

## **15. Conclusiones**

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los márgenes esperados. Así, además de corroborar lo que se esperaba, sirve como una guía a futuro para tomar estos valores como referenciales dentro del estudio del problema climático, pues se tiene que aún las bases de datos en el país del seguimiento de este problema se hallan en una fase temprana.

Leticia es una ciudad pequeña, cuya economía está basada en el turismo, aun así, se percibe que el impacto ecológico que tiene el ser humano es bastante alto. Por lo tanto, se resalta que estos trabajos no deben considerar solo las recolecciones académicas, sino que además deben tener un mayor impacto social, dado que evidencian la problemática actual que presenta el planeta.

Ahora bien, este reconocimiento del estado actual da una alerta temprana, por lo cual los planes estatales a implementar deben ser efectivos. Pues se evidencia que como, por ejemplo, en el caso de las motos no se ha dado un seguimiento apropiado a las mismas, y los planes de crecimiento de las ciudades han de contar con un seguimiento adecuado para permitir un desarrollo sostenible.

Finalmente, cabe anotar que la funcionalidad de este trabajo se halla relacionada con otros trabajos, en los cuales se validan las técnicas de medición actuales de estas variables ecológicas. Asimismo, ponen de manifiesto la importancia de la implementación tecnológica y el refinamiento de las técnicas de recolección de datos, pues existe se necesitan formas que a futuro automaticen la obtención de estos valores, de manera que se pueda tener un monitoreo más fiable y en tiempo real, que permita reaccionar más eficientemente a la problemática ambiental

## **16. Recomendaciones**

Es importante tener en cuenta este proyecto para el desarrollo de posibles implementaciones de estrategias socioambientales en un futuro para el municipio de Leticia. Ello permitirá encaminar el municipio a un cambio significativo, y a poder convertirse en un destino turístico sustentable, para lo cual se requiere un monitoreo continuo. Por consiguiente, se recomienda llevar a cabo estos seguimientos, dado que los indicadores como las huellas de carbono y ecológica sirven para concientizar a la población sobre qué factor genera mayor contaminación y, además, cómo ello se puede solucionar con la implementación de prácticas de movilidad alternativas, así como también de buenas prácticas de mantenimiento y operación en sistemas de consumo energético.

## 17. Bibliografía

- ACCEFYN. (2003). *Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos*. Bogotá: UPME. Obtenido de <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1285/18/17%20Factores%20de%20emision%20de%20combustibles.pdf>
- Acuña, I. T. (2008). *Huella Ecológica y Biocapacidad: Indicadores Biofísicos*. Manizales: Revista Luna Azul.
- Alcaldía de Leticia. (2019). *Alcaldía de Leticia "pensando en grande"*. Obtenido de <http://www.alcaldialeticia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Alcaldía de Leticia. (s.f.). *Ecología*. Obtenido de <http://alcaldialeticia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Ecologia.aspx>
- Alcantara, V., & Padilla, E. (2005). *Análisis de las emisiones de Co2 y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo*. Obtenido de [http://revistaeconomiacritica.org/sites/default/files/revistas/n4/2\\_analisis\\_emisiones.pdf](http://revistaeconomiacritica.org/sites/default/files/revistas/n4/2_analisis_emisiones.pdf)
- Álvarez, N. (2007). *Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades*. Cumbre del desarrollo sostenible: Universidad de Santiago de Compostela.
- Amador, J., & Alfaro, E. (2009). Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 11, 39-52.
- Ambrós, L., Calabria, I., Ripoll, O., & Román, E. (2012). *Criterios de selección de un estándar para la medida de huella de carbono*. Madrid: Escuela de organización industrial.
- Aponte, A. (2017). *Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los campus norte y sur de la universidad de ciencias aplicadas y ambientales de U.D.C.A*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.
- Aponte, H. (2017). *Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los campus norte y sur de la universidad de ciencias aplicadas y ambientales U.D.C.A en los años 2014-2015*. Bogotá: Universidad de ciencias aplicadas y ambientales U.D.C.A.
- Aponte, J. (2017). Leticia para turistas: imaginarios, narrativas y representaciones de una ciudad amazónica. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 26(2.59210), 93-111.
- Arroyo, A. (2013). *Cambio Climático*. Mexico: D. R. © Academia Mexicana de Ciencias, A. C.
- Badii, M., Guillen, O., & Serrato, J. (2017). Huella ecológica y sustentabilidad. *Deana: Internacional journal of good conscience*, 12(3), 26-41.
- Batres, M., Herrera, R., Ronquillo, K., & López, D. (2015). *Sistematización del Trabajo Académico y de Grupos Expertos de Energías Renovables del Estado de Chihuahua*. 110–119: Cultura Científica y Tecnológica, 12(55). Obtenido de Retrieved from <http://ezproxy.utadeo.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=117276690&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Bautista, Á. (2012). *Necesidades de un proyecto de ley de cambio climático para la Amazonia del Estado Plurinacional de Bolivia*. La Paz- Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Bernal, R., Martínez, L., & Jiménez, J. (2015). Biocombustibles, ambiente y sociedad. Una mirada desde la perspectiva bioética. *Revista infociencia*, 19(4), 19(4), 1-12. Obtenido de <http://www.infocienciass.cu/index.php/infociencia/article/view/149/208>
- Bremauntz, J. M. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. México .
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático*. Mexico: Revista Digital Universitaria.
- CAIB. (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. Obtenido de <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>
- Campos, D. (2014). *Diseño de una propuesta de manejo de las principales emisiones de GEI con base en la estimación de la huella de carbono del destino turístico de Leticia*. Colombia: Universidad el Bosque.
- Campos, D., & Gutiérrez, L. (2015). 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. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 11(1), 2-15.
- Carballo, A., & García, M. (julio de 2008). Hacia el desarrollo sostenible de organizaciones y empresas: la huella ecológica corporativa y su aplicación a un productor de mejillón en Galicia. *Revista Luna Azul*, 27, 27, 8-26.
- Cardona, A. (2009). *Mapeo Institucional: Actores relacionados con el abordaje del cambio climático en Colombia*. Bogotá D.C: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD.
- Cely, D. (2015). *Cálculo de la huella de carbono de la Secretaría Distrital de Integración Social de Bogotá, mediante la metodología del protocolo GHG*. Colombia: Universidad el Bosque.
- Centro UC. (s.f.). *Glosario*. Obtenido de <https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/recursos/glosario>
- CEPAL. (2010). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. Francia : CEPAL con el apoyo de Clément y Pierre Lenne. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Metodolog%EDas\\_calculo\\_HC\\_AL.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Metodolog%EDas_calculo_HC_AL.pdf?sequence=1)
- CEPAL. (2010). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. CEPAL.
- CEPAL. (2014). *Evaluación del Desempeño Ambiental*. Colombia: CEPAL, OCDE, Naciones Unidas. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36663/1/lcl3768\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36663/1/lcl3768_es.pdf)
- CEPAL. (2019). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>
- Cepal y Patrimonio Natural. (2013). *Amazonia posible y sostenible*. Bogotá: Cepal, Patrimonio Natural y Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- Colombiamania. (2017). *Departamento del Amazonas*. Obtenido de <http://www.colombiamania.com/departamentos/amazonas.html>
- Colque, M., & Sánchez, V. (2007). *Los Gases de Efecto Invernadero ¿Por qué se produce el calentamiento global?* Lima - Peru: Asociación Civil Labor / Amigos de la Tierra - Perú.
- Coy, D. (2017). *Propuesta de plan de acción para mitigar la huella ecológica corporativa de la planta de producción xxxxxxxxxx, Tocancipá Cundinamarca*. Bogotá D.C: Universidad el Bosque.

- Cuartas, D., & Méndez, F. (2016). Cambio climático y salud: retos para Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 48(4), 428-435.
- Daniela Campos Bonilla, L. F. (2015). 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. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 3-6.
- De Murieta, E., Neumann, M., & Markandya, A. (2014). *Quinto informe de evaluación (ar5) del gt-ii del IPCC: aumentando el espacio de las soluciones*. Edición Especial - 01/ [www.bc3research.org](http://www.bc3research.org).
- Delgado, L. (2015). *La huella ecológica como herramienta en la gestión ambiental*. Cuba: Santiago.
- DNP, M. &. (2002). *Lineamientos de política de cambio Climático*. Bogota D.C: Ministerio de Medio Ambiente, Departameto Nacional de Planificacion.
- EPA. (2015). *Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias*. Obtenido de Factores de Emision : <http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). *Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas*. La Serena-Chile: Información Tecnológica, 23(1).
- Estenssoro, F. (2010). *Crisis Ambiental y Cambio Climático en la Política Global. Un Tema Crecientemente Complejo Para América Latina*. Chile: Universum (Talca), 25(2), 57-77. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-23762010000200005](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-23762010000200005)
- Estenssoro, F. (2010). Crisis ambiental y camvio climatico en la politica global: un tema crecientemente complejo para america latina. *Universum*, 25(2), 59-62.
- Estévez, R. (2011). La metodología para el cálculo de la huella ecológica. *Eco Inteligencia*. Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2011/03/calculo-huella-ecologica/>
- Fernández, J. (2013). El Cambio Climático: Sus causas y efectos medio ambientales. 50, 71-98.
- Ferraro, R. (2013). *Aportes para la estimación de la huella de carbono en los grandes asentamientos urbanos de Argentina*. Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata.
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). *Huella de Carbono, Exportaciones y Estrategias Empresariales Frente al Cambio Climático*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, (CEPAL). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4101/6/S2013998rev1.pdf>
- Gallardo, C., & López, L. (2010). *Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Justificación de la Implantación y Aceptación de la Huella de Carbono y Medidas Variantes*. España: Universidad de la Rioja.
- García, M., Carvajal, Y., & Jiménez, H. (2007). *La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático*. Cali - Colombia: Universidad del Valle.
- Geisse, G. (1993). *10 años de debate ambiental*. California: CIPMA, 1993.
- Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio climático. (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. Barcelona: Oficina Catalana del canvi climatic.
- GIZ. (2011). *¿Un pie grande en un planeta pequeño? Haciendo cuentas con la huella ecológica*. Dutschlan: Colección La sostenibilidad tiene muchos rostros.
- Granada, V. (2012). *Medicion de Huella de Carbono y Eficiencia Energetica en Emoresa Papelera Colombiana*. Santiago de Cali: Universidad Autonoma de Occidente.
- GreenFacts. (2019). *GreenFacts facts on Health and The Enviroment*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>

- GREENHOUSE. (2019). *PROTOCOLO DE GASES GREENHOUSE*. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/about-us>
- Guerra, J., & Rincón, I. (2018). *Cálculo de la huella ecológica campus de la universidad central de venezuela*. Venezuela: Luna Azul ISSN 1909-2474.
- Guzmán, J. (2010). *Plan de gestión de los gases efecto invernadero – GEI para reducir la huella de carbono generada por interconexión eléctrica s.a e.s.p. en colombia*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Hernández, D., & Peña, V. (2017). *Análisis sobre parámetros ambientales de la parroquia Sangolquí para la identificación y prevención de enfermedades tropicales mediante herramientas geo-informáticas*. Sangolquí - Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Herrán, C. (2012). El cambio climático y sus consecuencias para América Latina. *Bolsa de Comercio de Rosario*.
- Hoegh, O., Jacob, T., Bindi, S., Brown, I., Camilloni, A., Diedhiou, R., . . . Zhou, G. (2018). *Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems*. IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-3/>
- Huertas, P., & Chávez, Á. (2010). *Plan de manejo para reducir la huella ecológica de los residentes del conjunto Portal de Villa Magdala de Bogotá D.C*. Bogotá: Universidad Militar.
- IDEAM. (2014). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de Cambio Climático: <http://www.cambioclimatico.gov.co/otras-iniciativas>
- IDEAM, PNUD, MADS & DNP. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*. Colombia: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia.
- Ihobe. (2013). *7 metodologías para el cálculo de misiones de gases efecto invernadero*. Bilbao: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- IPCC. (2002). *Cambio climático y biodiversidad*. Documento técnico del IPCC. PNUMA.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007 The Physical Science Basis*. Printed in Canada by Friesens: IPCC Working Group I. Obtenido de [https://wg1.ipcc.ch/publications/wg1-ar4/faq/docs/AR4WG1\\_FAQ-Brochure\\_LoRes.pdf](https://wg1.ipcc.ch/publications/wg1-ar4/faq/docs/AR4WG1_FAQ-Brochure_LoRes.pdf)
- IPCC. (2013). *Quinto Informe de Evaluación: "Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Reino Unido y Nueva York, EEUU: Cambridge University Press,. Obtenido de <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC. (2017). *EL IPCC Y EL SEXTO CICLO DE EVALUACION*. Ginebra - Suiza : secretaria IPCC.
- Jumilla, F. (2017). *Huella de Carbono : Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*. Obtenido de Geo Innova : <https://geoinnova.org/blog-territorio/protocolo-de-gases-de-efecto-invernadero/>
- Lastra, S., López, M., & López, S. (2008). Tendencia del cambio climático global y los eventos extremos asociados. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 4(3), 625- 633.
- Leiva, J., Rodríguez, I., & Quintana, C. (2011). Cálculo de la huella ecológica de la universidad central "Marta Abreu" de las Villas. *RTQ*, 31(1), 31(1), 60-67. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852011000100006&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000100006&lng=es&tlng=es).
- Marín, P. (2009). *Ficha cambio climático en Colombia*. Programa de cambio climático y energía: PNUMD.
- Martín, L., Rivera, J., & Castizo, R. (2018). *Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica*. Iberoamérica.

- Martínez, A. (2017). *Ecosistema*. Obtenido de <https://www.climaindex.com/2017/12/29/ecosistema-ecosystem/>
- Martínez, A. G. (2015). *TODACOLOMBIA*. Obtenido de TODACOLOMBIA: <https://todacolombia.com/sitio.html>
- Martínez, F. (2016). *Investigando el aumento de efecto invernadero ¿Cómo pararlo?* Obtenido de Grupo Lentiscal de Didáctica de la Física y Química: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/lentiscal/1-CDQuimica-TIC/WebQuest/WebQuestEfectoInvernadero/WQefectoinvernadero.htm>
- Martínez, J., & Fernández, A. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. Mexico: Instituto Nacional de Ecología.
- Maslin, M. (2004). *Global Warming, a very short introduction*. Inglaterra: Oxford University Press.
- MAVDT. (2011). *Relación de emisión de CERs*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Mayorga, A. (2012). *Cambio Climático: estrategias de gestión Cambio Climático: estrategias de gestión*. Villavivncio: Orinoquia - Universidad de los Llanos.
- Millán, A., & Narváez, J. (2015). *Huella de Carbono*. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Ministerio de Ambiente . (2010). *Glosario*. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Segunda\\_comunicacion/4.\\_2%C2%AA\\_Comicaci%C3%B3n\\_Glosario.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Segunda_comunicacion/4._2%C2%AA_Comicaci%C3%B3n_Glosario.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (23 de septiembre de 2019). *Minambiente*. Obtenido de Causas del cambio climatico: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/370-plantilla-cambio-climatico-7>
- Montealegre, J. (2000). La Variabilidad Climática Interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña– Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorol. Colomb.*, 2, 7-21.
- Motta, J. (2017). Leticia para turistas: imaginarios, narrativas y representaciones de una ciudad amazónica. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 26 (2), 93-111.
- Murcia, F. (2010). *Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (Panorama 2011-2100)*. Bogota D.C: IDEAM.
- MVC Colombia. (2014). *Línea estratégica energía sostenible*. Obtenido de <http://www.caem.org.co/nueva/linea-estrategica-energia-sostenible/mvc-colombia/>
- Newsom, G., Nichols, M., & Blumenfeld, J. (Agosto de 2019). *California air resources board*. Obtenido de High-GWP Refrigerants: <https://ww2.arb.ca.gov/es/resources/documents/high-gwp-refrigerants>
- Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias. (s.f.). *Factores de emisión*. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/>
- Observatorio de Salud Mental de Bogotá. (2012). *Boletín informativo distrital impactos en la salud de los eventos climáticos extremos asociados a variabilidad climática*. Obtenido de [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/BOLETIN\\_CAMBIO\\_CLIMATICO\\_SEPT\\_%202012.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/BOLETIN_CAMBIO_CLIMATICO_SEPT_%202012.pdf)

- Olivera, A., & Cristóbal, S. (2014). *Gestión de la huella de carbono en turismo*. Uruguay: Departamento de Innovación y Desarrollo en Gestión, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU.
- OMM. (2018). *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- ONU. (23-27 de Junio de 1997). *Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm>
- Pabón, J. (2003). El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Revista Colombiana de Geografía*, 0(12), 111-119. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/10277>
- Pandey, D., Agrawal, J., & Pandey. (2010). *Carbon footprint: current methods of estimation*. Environmental Monitoring and Assessment.
- Pardo, Y., Andrade, M., & Cetina, S. (2018). *Estimación de la huella ecológica en estudiantes del programa de Administración de Empresas de la Universidad de la Amazonia*. Colombia: Sotavento MBA.
- Parra, J. (2010). *Crecimiento Ambiental de las organizaciones*. Cali: Universidad ICESI.
- Peñarete, R. S. (2017). *Cálculo de la huella ecológica corporativa como indicador de sostenibilidad en la empresa Tecniamsa, regional centro*. Bogotá D.C: Universidad el bosque.
- Phillips, J. F., Yepes, A. P., García, M. C., & Duque, Á. J. (2010). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea en los bosques naturales de Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios.
- PIGA. (2015). *Guía para el cálculo y reporte de Huella de carbono corporativa*. Colombia: Secretaría Distrital de Ambiente.
- Planton, S. (2013). *Glosario*. Obtenido de IPCC: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)
- PNUD, I. &. (2017). *IDEAM y PNUD entregan a Colombia y al mundo la información oficial más actualizada referente a cambio climático*. Colombia: PNUD.
- Posada, C. (2007). *La adaptación al cambio climático en Colombia*. Colombia: IDEAM.
- Presidencia de la República de Colombia. (2014). Decreto 2041 de 15 de octubre de 2014. Bogotá, Colombia.
- Ramírez, E. (2015). El calentamiento global y la ozonfera. *Integra Educativa*, 3.
- Rey, O., & Rivero, O. (2006). *El cambio Climático en América Latina y el Caribe*. ONU: PNUMA.
- Rivero, O., & Rey, O. (2006). *EL Cambio Climático en América Latina y el Caribe*. Cuba: PNUMA / ORPAL, SEMARNAT & CITMA.
- Robles, J. (2018). *Cambio Climático y desarrollo sostenible en Iberoamerica*. Huelva - America.
- Rodas, C. (2015). *Leticia Tiene un Serio Problema con sus Basuras*. Obtenido de VICE: [https://www.vice.com/es\\_co/article/dpb95m/leticia-protesta-por-mal-manejo-de-basuras](https://www.vice.com/es_co/article/dpb95m/leticia-protesta-por-mal-manejo-de-basuras)
- Rodríguez, A., & Gutiérrez, F. (2017). *Propuesta para la Reducción de la Huella de Carbono por Medio de la Implementación de un Sistema Fotovoltaico en el ANAIRA Hostel, LETICIA-AMAZONAS*. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Rodríguez, J. (2016). *Proceso Certificación C-Neutral de una Finca Ganadera en Costa Rica*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-10886.pdf>
- Rodríguez, M., Mance, H., Barrera, X., & García, C. (2015). *Cambio Climático lo que Esta en Juego*. Universidad de los Andes, WWF.
- RStudio Team. (2015). *RStudio*. Boston: Integrated Development for R. RStudio, Inc.

- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2004). *Metodología de la investigación sexta edición*. México D.F: McGraw-Hill.
- Sandoval, M. (2017). *Propuesta de alternativas para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, a partir de la estimación de la huella de carbono del sector institucional en el municipio de Suesca, Cundinamarca*. Colombia: Universidad el Bosque.
- Schijet, M. (2008). Límites del Crecimiento y Cambio Climático. *Siglo XXI Editores, México*, 352.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*.
- Scholze, M. (2014). *El Cambio Climático en la Región Amazónica*. Brasilia: German cooperation, GIZ. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos. (s.f.). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero*. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte.
- Semarnat. (2009). *Cambio climático ciencia, evidencia y acciones*. Mexico: SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.
- Tickell, O. (2009). *Kyoto 2. Cómo gestionar el efecto invernadero global*. Barcelona: Icaria.
- Udaondo, M. (2018). *AEC*. Obtenido de Asociación Española para la Calidad:  
<https://www.aec.es/web/guest/aec/quienes-somos>
- Vargas, S., Onatra, W., Osorno, L., Páez, E., & Sáenz. (2008). Pollution and respiratory effects on children, pregnant women and old aged people. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11 (1):, 31-45.
- WBCSD. (2001). *WBCSD*. Protocolo GHG.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). *A Definition of 'Carbon Footprint'*. Reino Unido: Research Report.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). *definition of 'carbon footprint'*. 1-11: Ecological economics research trends, 1.

## 18. Anexos

### 18.1 Anexo: Oficios dirigidos a distintas entidades públicas y privadas de Leticia

#### 1. Oficio dirigido al DANE



2. Oficio dirigido a la Alcaldía de Leticia

ALCALDÍA DE LETICIA  
**RECIBIDO**  
Fecha: 17/06/19 Hora: 9:47 P.m.  
Por: *Arístides A. P.*  
3037  
Medioambiente  
18-6-2019

 **UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE**

Leticia, 17 de junio de 2019

Señores  
Alcaldía  
Leticia Amazonas.

**ASUNTO: SOLICITUD DE INFORMACIÓN**

Cordial saludo

Mi nombre es Paola Andrea Caraballo Díaz soy estudiante de último semestre de Ingeniera Ambiental de la Universidad del Bosque en Bogotá, solicito información con fines académicos por lo cual pido de manera atenta la mayor colaboración y diligencia ya que solo estaré en Leticia hasta el 30 de junio del presente año.

De ante mano la información que me brinden debe estar acompañada de evidencia que permita afirmar el desarrollo de estas acciones, registros fotográficos y ejecución de indicadores entre otros.

En el marco de la implementación de la Norma técnica Sectorial Colombiana NTS-TS 001-01 Destinos turísticos de Colombia Requisitos de sostenibilidad, solicito muy amablemente información actualizada sobre los siguientes temas tratados en los requisitos ambientales que exige la norma:

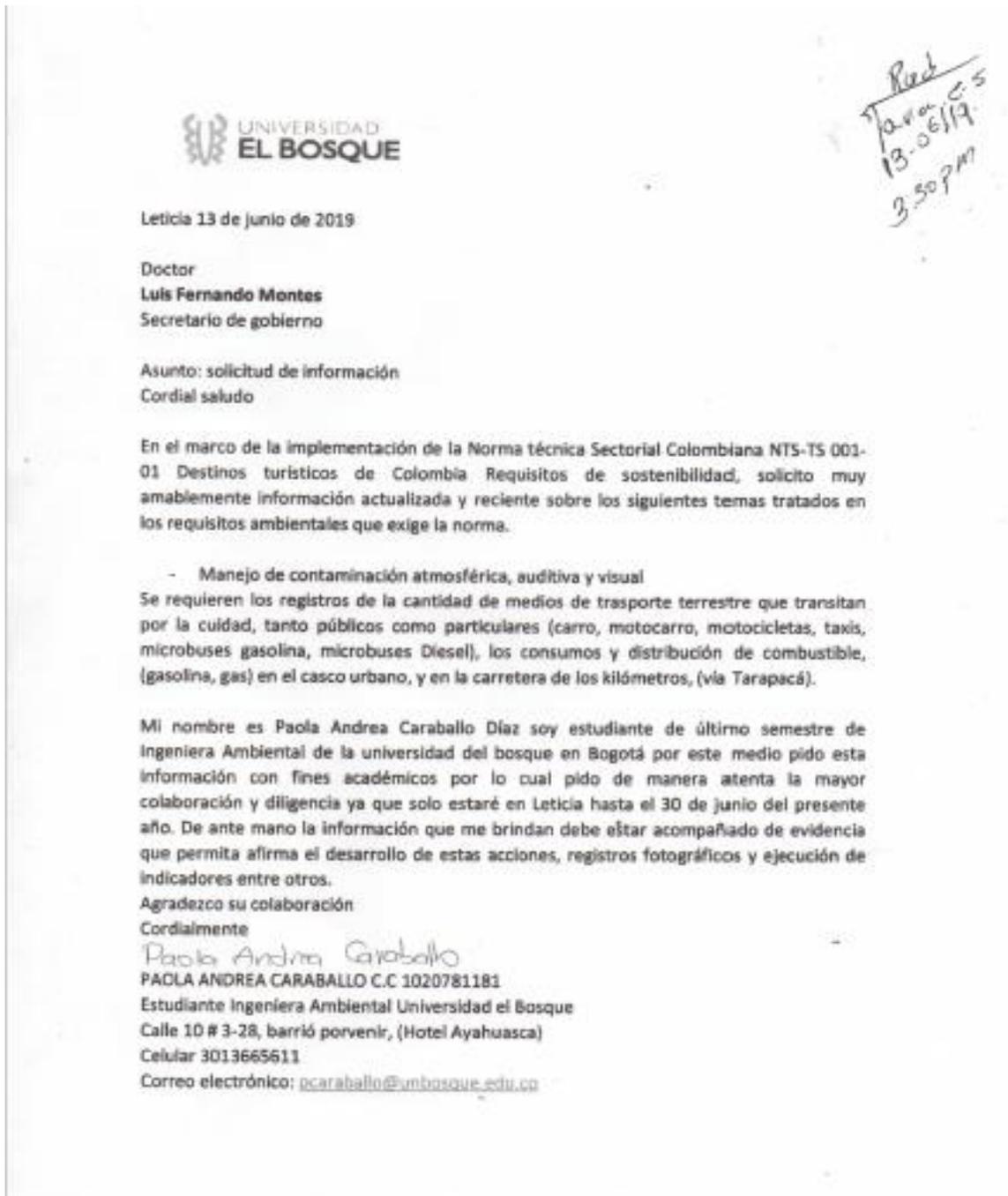
1. Manejo de contaminación Atmosférica, Auditiva y Visual.

Por lo anterior requiero los registros de la cantidad de toneladas de basura que ingresa al relleno sanitario de la Ciudad de Leticia por día y mensualmente desde el año 2018 a la fecha.

Agradezco su colaboración

*Paola Andrea Caraballo*  
**PAOLA ANDREA CARABALLO** C.C. 107078107  
Estudiante Ingeniera Ambiental  
Universidad el Bosque  
Celular 3013685611  
Correo electrónico: [pcaraballo@unbosque.edu.co](mailto:pcaraballo@unbosque.edu.co)

3. Oficio dirigido a la Secretaría de Tránsito y Transporte



4. Oficio dirigido a TERPEL



5. Oficio dirigido a la Cámara de Comercio de Leticia



6. Oficio dirigido a la Aeronáutica Civil



7. Oficio dirigido a la Capitanía de Puerto (DIMAR)

Leticia 13 de junio de 2019

Señores: Capitanía de Puerto (DIMAR) → transporte

En el marco de la implementación de la Norma técnica Sectorial Colombiana NTS-TS 001-01 Destinos turísticos de Colombia Requisitos de sostenibilidad, solicito muy amablemente información actualizada y reciente sobre los siguientes temas tratados en los requisitos ambientales que exige la norma.

- Manejo de contaminación atmosférica auditiva y visual

Se requieren los registros de la cantidad de la cantidad de medios de transporte fluvial que ingresan y salen de la ciudad (chalupa, deslizador, lancha, motocamoa, remolcador, las empresas encargadas, la cantidad de pasajeros mensualmente, y si destino. Además, la información relacionada con el consumo, tipo y manejo de combustible, y si existe algún proyecto sobre el seguimiento, control y monitoreo de las emisiones de este tipo de transporte.

Mi nombre es Paola Andrea Caraballo Díaz soy estudiante de último semestre de Ingeniería Ambiental de la universidad del bosque en Bogotá por este medio pido esta información con fines académicos por lo cual pido de manera atenta la mayor colaboración y diligencia ya que solo estaré en Leticia hasta el 30 de junio del presente año. De ante mano la información que me brindan debe estar acompañado de evidencia que permita afirmar el desarrollo de estas acciones, registros fotográficos y ejecución de indicadores entre otros.

Agradezco su colaboración

Cordialmente



PAOLA ANDREA CARABALLO

Estudiante Ingeniería Ambiental Universidad el Bosque

Celular 3013665611

Correo electrónico: [pcaraballo@unbosque.edu.co](mailto:pcaraballo@unbosque.edu.co)

8. Oficio dirigido a ENAM





## 18.2 Anexo: respuestas de oficios

### 1. Respuesta DANE



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

**\*20191510088811\***

contestar por favor cite estos datos:  
Radicado No.: 20191510088811  
Fecha: Martes 02 de Julio de 2019

Bogotá, D. C.

151

Señora

**PAOLA ANDREA CARABALLO DÍAZ**

[pcaraballo@unbosque.edu.co](mailto:pcaraballo@unbosque.edu.co)

Asunto: Información Leticia

Atento saludo:

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, es la entidad encargada de producir y comunicar información estadística, cumpliendo con estándares internacionales a través de la planeación, implementación y evaluación de procesos rigurosos, que contribuyan en la toma de decisiones públicas y privadas y la consolidación de un Estado Social de Derecho. Es así, que para facilitar el acceso a la información pública, el DANE tiene a su disposición el portal web [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

Respecto a su solicitud de información demográfica y de vivienda de la ciudad de Leticia – Amazonas - y de acuerdo a conversación telefónica, le manifiesto que las estadísticas disponibles corresponden a proyecciones de población y viviendas con base en el Censo General 2005. Los resultados puede consultarlos a partir de la siguiente ruta y enlaces:

[www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co) / Estadísticas por tema / Demografía y población / proyecciones de población:

Proyecciones por edad y sexo.

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Edades\\_Simples\\_1985-2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Edades_Simples_1985-2020.xls)

Proyecciones por área (Urbana y rural).

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Municipal\\_area\\_1985-2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls)

Proyecciones de viviendas. Se hace a nivel departamental

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Hoqares\\_viviendas\\_1985-2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Hoqares_viviendas_1985-2020.xls)

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA  
DIRECCIÓN TERRITORIAL CENTRO - BOGOTÁ  
Calle 64G # 92 - 56 Barrio Alamos  
Teléfono (571) 541 50 60 - 543 22 08  
[www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co) / [contacto@dane.gov.co](mailto:contacto@dane.gov.co)



El futuro  
es de todos

Gobierno  
de Colombia



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

**\*20191510088811\***

contestar por favor cite estos datos:  
Radicado No.: 20191510088811  
Fecha: Martes 02 de Julio de 2019

Proyecciones de grupos étnicos

<http://siqe.dane.gov.co:81/gruposEtnicos/index.phtml>

Puede consultar mapas en:

[https://geoportal.dane.gov.co/descargas/mgn\\_2017/MGN2017\\_91\\_AMAZONAS.rar](https://geoportal.dane.gov.co/descargas/mgn_2017/MGN2017_91_AMAZONAS.rar)

(Para abrirlo, debe usar Arcgis)

Los resultados del Censo Nacional de población y Vivienda 2018, se publicarán el 04 de julio de 2019

Por favor califiquenos en el siguiente link: [RESPONDER ENCUESTA](#)

Su opinión contribuye a la mejora continua de nuestro servicio

**FABIO BUITRAGO HOYOS**

Coordinador GIT – Información y Servicio al Ciudadano  
Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística - DIMCE  
Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE  
Tel: 5978300 – 5978398 Ext. 8500  
Bogotá D.C - Colombia  
[contacto@dane.gov.co](mailto:contacto@dane.gov.co)

Antecedentes: Rad. 20194290000702

Proyecto: Javier Raspe M.



## 2. Respuesta ENAM



Para respuesta o adiciones favor citar este N° Radicación: GC-AMZ-4886-2019

Leticia, Amazonas, diecisiete (17) de junio de 2019

Señora  
**PAOLA ANDREA CARABALLO DIAZ**  
Estudiante Ingeniería ambiental Universidad el Bosque  
Celular: 3013655611  
E-mail: pcaraballo@unbosque.edu.co  
Leticia

Asunto: Respuesta a oficio N° 2630 del 13 de junio de 2019

Cordial saludo,

Con relación al oficio radicado en la fecha del asunto, en donde solicita se indique la cantidad de combustible neto y bruto entre los periodos de junio de 2018 a febrero de 2019, los consumos de energía del mismo periodo de toda la central hidroeléctrica de Leticia, una relación de los usuarios activos entre las camera 11 y 10 desde la calle 3 hasta el aeropuerto y los usuarios hasta el kilómetro 19, así como información sobre el asao que se encuentra dentro de la factura del servicio, sin indicar la finalidad de dicha consulta, respecto del combustible, consumos y los usuarios del servicio de energía eléctrica de Leticia, informamos que tomando como precedente el artículo 24 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo, el cual establece:

**Artículo 24. Informaciones y documentos reservados.** Solo tendrán carácter reservado las informaciones y documentos expresamente sometidos a reserva por la Constitución Política o la ley, y en especial:

1. Los relacionados con la defensa o seguridad nacionales.
2. Las instrucciones en materia diplomática o sobre negociaciones reservadas.
3. Las que involucren derechos a la privacidad o intimidad de las personas, incluidas en los libros de vida, la historia laboral y los expedientes personales y demás registros de personal que obran en los archivos de las instituciones públicas o privadas, así como la historia clínica.
4. Los relativos a las condiciones financieras de las operaciones de crédito público y tesorería que realice la nación, así como a los estudios técnicos de valoración de los activos de la nación. Entre documentos e informaciones estarán sometidos a reserva por un término de seis (6) meses contados a partir de la realización de la respectiva operación.
5. Los datos referentes a la información financiera y comercial, en los términos de la Ley Estatutaria 1266 de 2008.
6. Los protegidos por el secreto comercial o industrial, así como los planes estadísticos de las empresas públicas de servicios públicos.
7. Los amparados por el secreto profesional.
8. Los datos genéticos humanos.

Parágrafo: Para efecto de la solicitud de información de carácter reservado, enunciada en los apartados 3, 5, 6 y 7 solo podrá ser solicitada por el titular de la información, por sus apoderados o por personas autorizadas con facultad expresa para acceder a esa información... (Subrayado fuera de texto)

Leticia - Amazonas - Colombia  
www.enam.com.co  
Carrera 11 # 2 - 110  
Tels.: 592 8263 - 592 6040

Página 1 de 3





Para respuesta o adiciones favor citar este N° Radicación: GC-AMZ-4866-2019

En este orden de ideas, frente a su solicitud de información sobre el servicio de saneamiento básico, le indicamos que la unidad de servicios públicos de Leticia (USPDL), tiene dispuesta una oficina de atención al cliente en la CALLE 10 10-47 a fin de recibir todas las peticiones quejas y recursos por facturación de alcantarillado y aseo.

En los anteriores términos esperamos haber atendido sus peticiones, y quedamos atentos a resolver cualquier inquietud que se ofrezca al respecto

Sin otro particular,

**ALEXANDER RODRÍGUEZ GUERRERO**  
Gerente General ENAM S.A. E.S.P

Redactó: LARN  
Revisó: EJBG



3. Respuesta Secretaría de Tránsito y Transporte



Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

4. Respuesta TERPEL

DATO		C	
DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / AGENTE		TOTAL CUPO (GLS)	TO
AMAZONAS		271,506	
	LA PEDRERA	12,787	
	LETICIA	258,719	
	BALSA EL CONDOR - 630258	41,695	
	ESTACION DE SERVICIO AVENIDA SENTA - 630261	79,413	
	ESTACION DE SERVICIO BALSA SAN JOSE - 630001	15,080	
	ESTACION DE SERVICIO DISTRIBUIDORA EL PORVENIR - 630258	48,754	
	ESTACION DE SERVICIO DISTRIBUIDORA LOS COMUNEROS - 630260	52,807	
	ESTACION DE SERVICIO FARO DEL SUR - 630002	0	
	ESTACION DE SERVICIO FLUVIAL BALSA JUNIN - 630257	10,970	

5. Respuesta Ministerio de Transporte inspección fluvial del Leticia (movimientos pasajeros)



**MINISTERIO DE TRANSPORTE  
INSPECCION FLUVIAL DE LETICIA AMAZONAS**

**MOVIMIENTO PASAJEROS  
LETICIA – PUERTO NARIÑO – LATICIA**

PRIMER SEMESTRE 2017											
ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO
12717	13292	7967	8507	8775	9394	10129	9719	7876	8984	12254	12953

ENTRARON: 59718     
 SALIERON: 62849     
 TOTAL: 122567

SEGUNDO SEMESTRE 2017											
JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO
11751	12721	11403	12406	8563	9415	10282	10428	10325	11382	11662	12554

ENTRARON: 63986     
 SALIERON: 68906     
 TOTAL: 132892

**TOTAL PASAJEROS 2017: 255459**

PRIMER SEMESTRE 2018											
ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO	ENTRO	SALIO
11749	12562	9273	9591	13054	14118	10024	11603	9912	11269	10356	12047

ENTRARON: 64368     
 SALIERON: 71190     
 TOTAL: 135558

Cuantificación de la generación de GEI para proponer estrategias Socioambientales que reduzcan las huellas de carbono y ecológica Que se generan en el municipio de Leticia – Amazonas

Paola Andrea Caraballo Díaz

Respuesta Ministerio de Transporte inspección fluvial del Leticia (movimiento portuario)

MINISTERIO DE TRANSPORTE  
INSPECCION FLUVIAL DE LETICIA - AMAZONAS  
MOVIMIENTO PORTUARIO

TIPO CARGA	AÑO 2010			AÑO 2011			AÑO 2012		
	ENTRO	SALIO	TOTAL	ENTRO	SALIO	TOTAL	ENTRO	SALIO	TOTAL
GENERAL	17008,16	321,59	17329,75	32820,14	632,45	33452,59	22588,97	2347,68	24936,65
HIDROCARBUROS	2106,44	41,52	2147,96	7909,63	238,55	8148,18	15798,09	716,45	16514,48
TOTAL CARGA	19114,6	363,11	19477,71	40729,77	871	41600,77	38387	3064,13	41451,13
PASAJEROS	18636	17664	36300	20828	20760	41588	30902	32978	63880
GANADO	0	0	0	0	0	0	100	0	100

TIPO CARGA	AÑO 2013			AÑO 2014			AÑO 2015		
	ENTRO	SALIO	TOTAL	ENTRO	SALIO	TOTAL	ENTRO	SALIO	TOTAL
GENERAL	34293,096	2934,184	37227,28	22954,091	2990,014	25944,045	20102,063	6117,278	26219,341
HIDROCARBUROS	17921,126	11444,41	29365,536	20232,061	1225,821	21457,882	18580,585	1156,314	19736,899
TOTAL CARGA	52214,222	14378,594	66592,816	43186,092	4215,835	47401,927	38682,648	7273,592	45956,24
PASAJEROS	31622	35520	67142	61344	66124	127468	90429	95283	185712
GANADO	382	0	382	4	0	4	475	0	475

TIPO CARGA	AÑO 2016			AÑO 2017			AÑO 2018		
	ENTRO	SALIO	TOTAL	ENTRO	SALIO	TOTAL	ENTRO	SALIO	TOTAL
GENERAL	31991,085	5824,81	37815,895	38012,732	8198,46	46211,192	26891,591	8220,169	35120,76
HIDROCARBUROS	22224,003	955,017	23179,02	22420,224	1328,244	23748,468	21227,471	1520,835	22748,306
TOTAL CARGA	54215,088	6779,827	60994,915	60432,956	9526,704	69959,66	48119,062	9750,004	57869,066
PASAJEROS	110423	117562	227985	123704	132755	256459	125346	136912	262258
GANADO	302	0	302	40	0	40	89	0	89

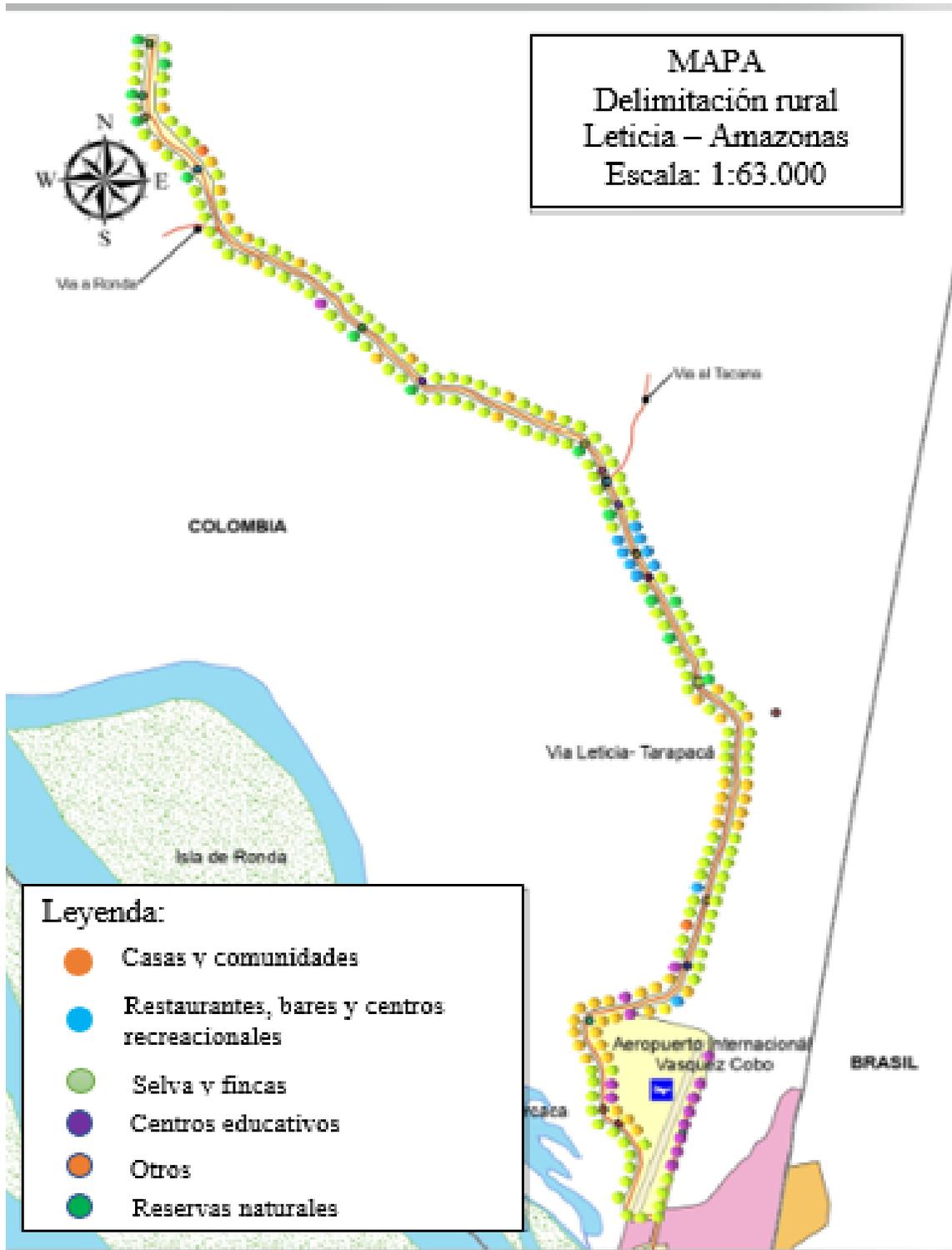
### 28.3 Anexo: mapas brindados por la Alcaldía de Leticia

#### 3.1 Fuente de emisión de GEI urbanas



Fuente: mapa de áreas suburbanas (Alcaldía Municipio de Leticia, & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 2019).

### 3.2 Fuentes de emisión de GEI rurales



Fuente: Fonturama, 2019

### 19.3 Anexo: evidencias *outputs* RStudio

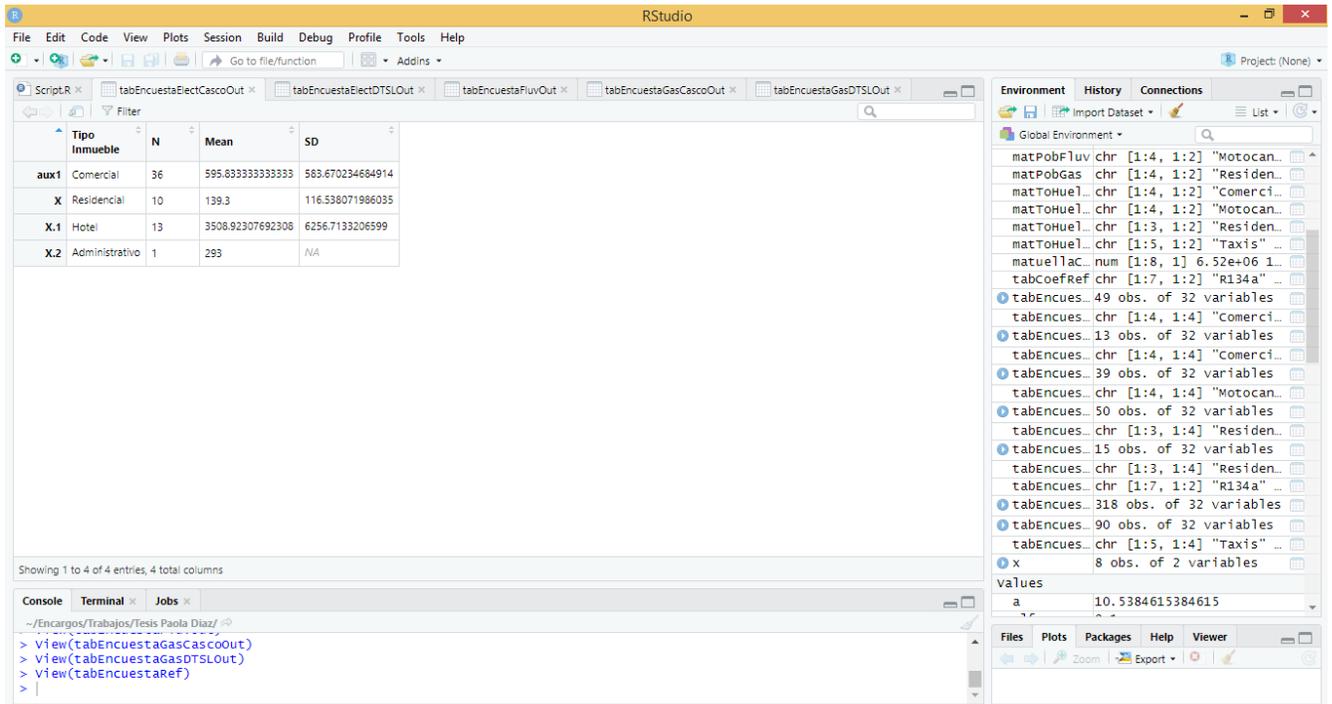


Figura: *outputs* Software  
 Fuente: RStudio

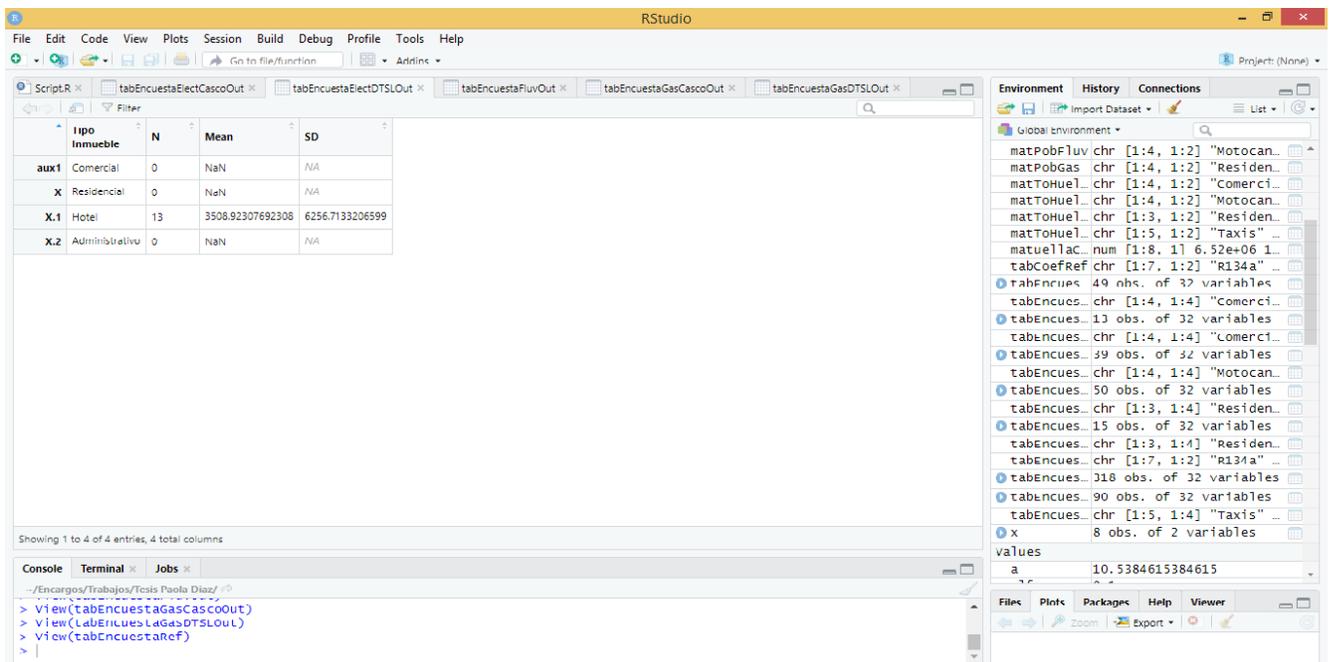


Figura: *outputs* Software  
 Fuente: RStudio

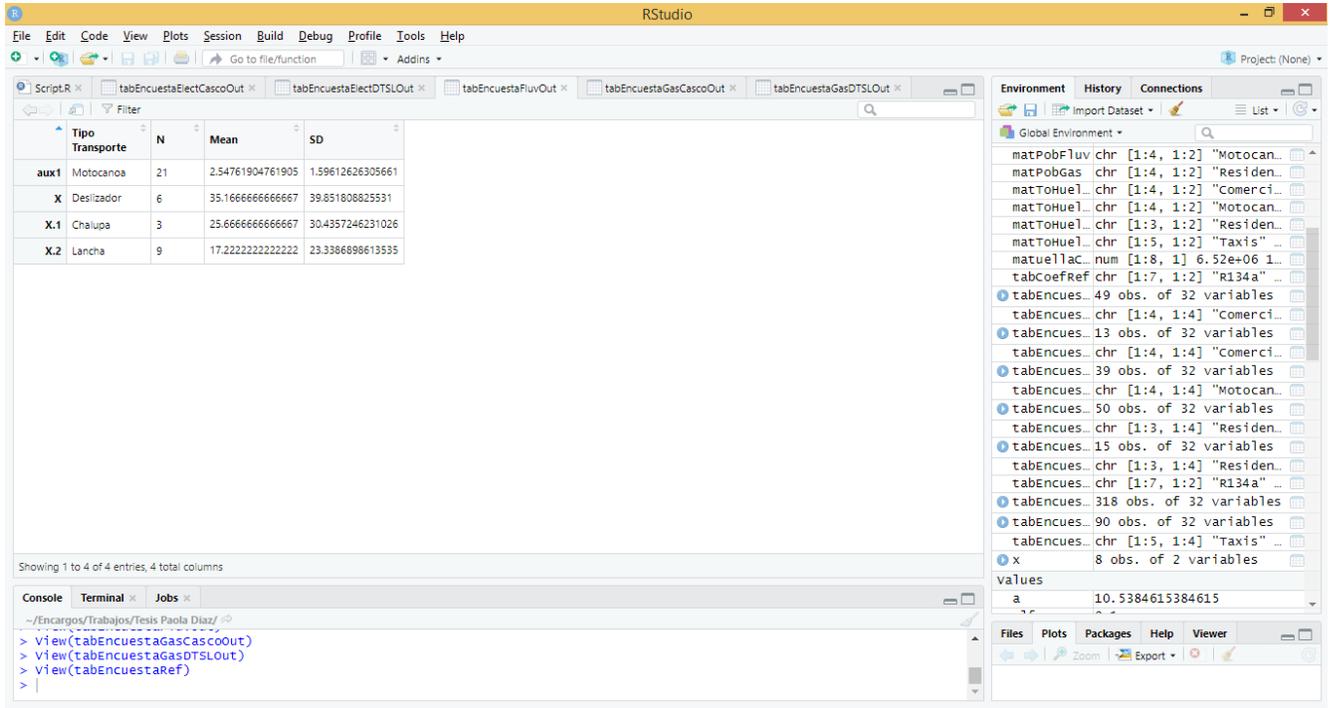


Figura: *outputs* Software  
 Fuente: RStudio

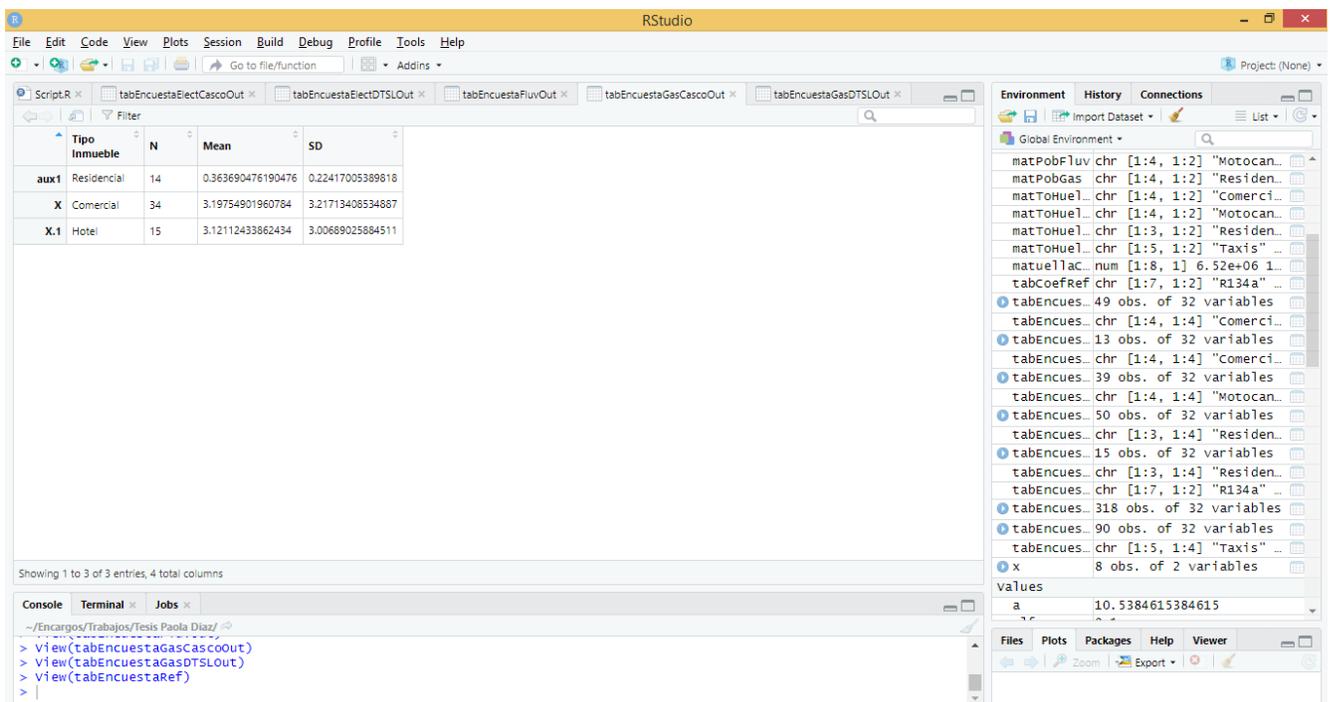


Figura: *outputs* Software  
 Fuente: RStudio

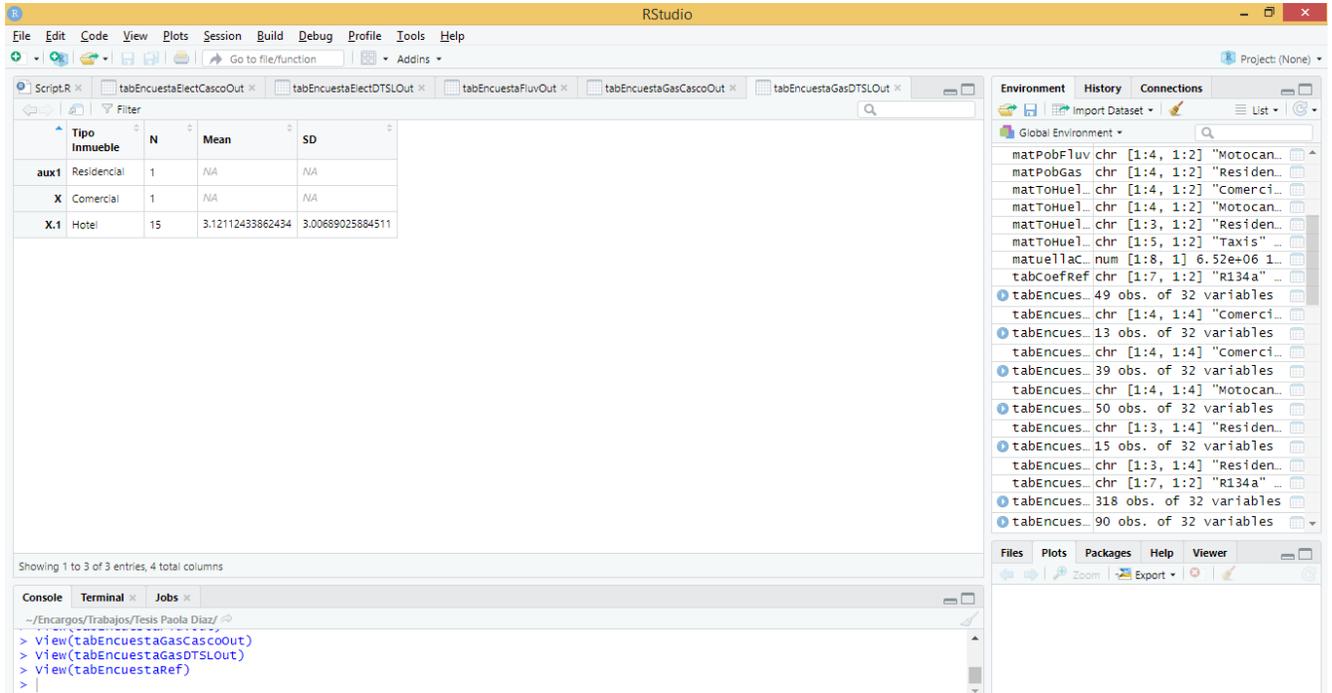


Figura: *outputs* Software  
 Fuente: RStudio

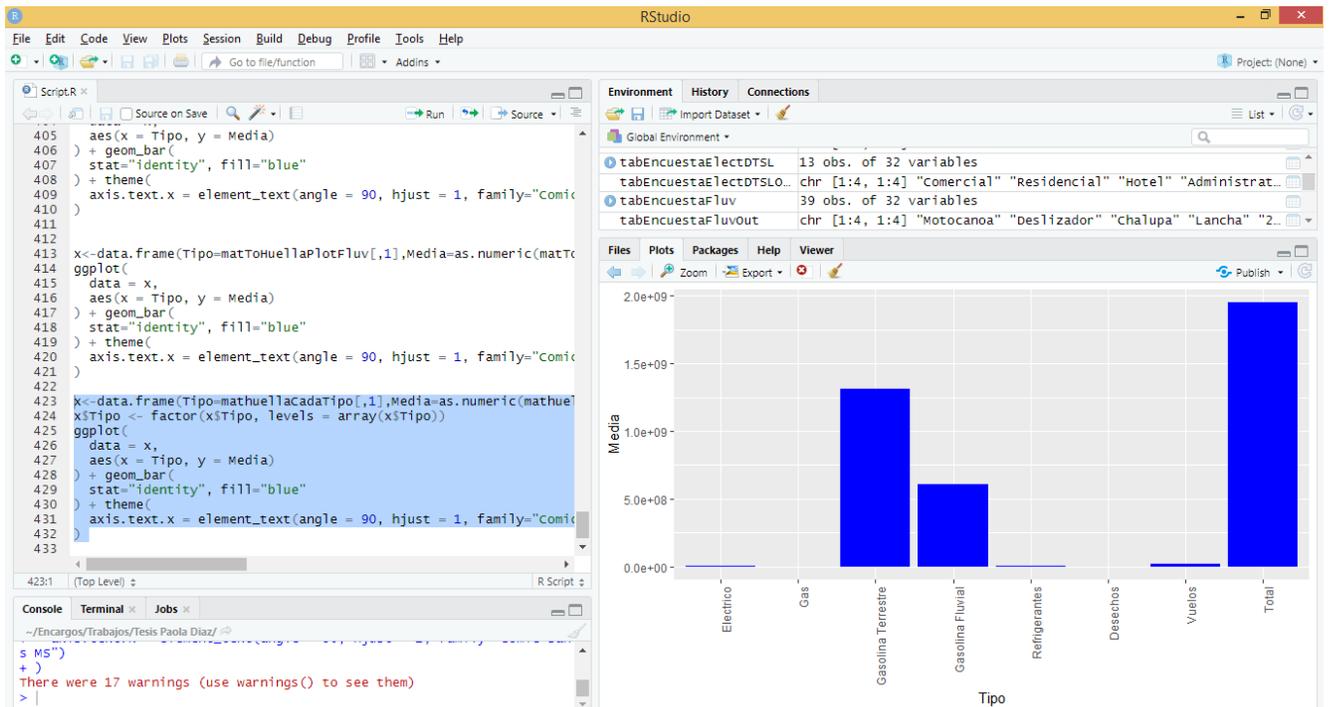


Figura: *outputs* Software  
Fuente: RStudio

#### 18.4 Anexo: entrevista al señor William Quintero miembro de la empresa de la Alcaldía de Leticia, Amazonas



Figura. Entrevista con el conductor William Quintero – Alcaldía de Leticia  
Fuente: Caraballo Díaz, 2019)

### 18.5 Anexo: evidencias de entrevistas con la comunidad casco urbano de Leticia

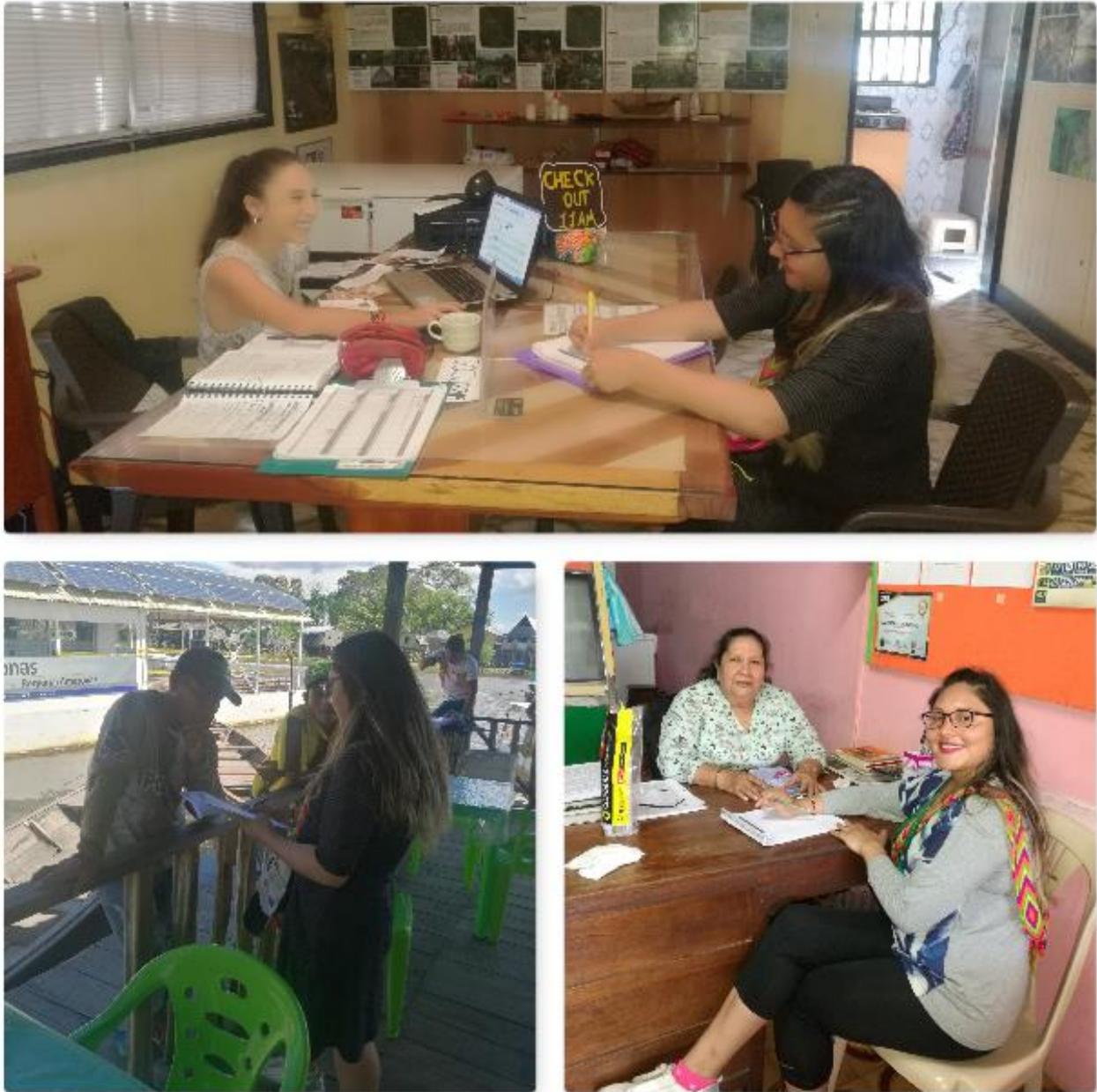


Figura: inmersión en campo urbano 1.

Fuente: Caraballo Díaz, 2019



Figura: inmersión en campo urbano 2.  
Fuente: Caraballo Díaz, 2019



Figura: inmersión en campo urbano 3.  
Fuente: Caraballo Díaz, 2019

### 18.6 Anexo: evidencias de entrevistas con la comunidad destino rural de Leticia



Figura: inmersión en campo destino turístico de Leticia 1.  
Fuente: Caraballo Díaz, 2019



Figura: inmersión en campo destino turístico de Leticia 2.  
Fuente: Caraballo Díaz, 2019



Figura: inmersión en campo destino turístico de Leticia 3.  
Fuente: Caraballo Díaz, 2019

## 18.7 Anexo: encuesta Google Survey

Encuesta

Página 1 de 5

### Encuesta

\*Obligatorio

1.

#### Tipo de Encuesta \*

Marca solo un óvalo.

- Transporte Terrestre *Pasa a la pregunta 2.*
- Transporte Fluvial *Pasa a la pregunta 6.*
- Gas Propano *Pasa a la pregunta 10.*
- Electricidad *Pasa a la pregunta 14.*
- Residuos *Pasa a la pregunta 17.*
- Refrigerante *Pasa a la pregunta 23.*

Deja de rellenar este formulario.

### Transporte Terrestre

2.

#### Tipo Automovil

Marca solo un óvalo.

- Carro
- Motocarro
- Motocicletas
- Taxis
- Microbuses Gasolina
- Microbuses Diesel

3.

Gal/día

---

4.

Km/día

---

Figura: formulario encuesta 1

Fuente: Google Survey

<https://docs.google.com/forms/d/1TLQ3JYal2S7UZ3GsDc20dgSNv15sS7Zi6pnkYIJZsno/e/dit>

Encuesta

Página 2 de 5

5. **Caso**  
*Marca solo un óvalo.*
- Casco urbano y rural
- DTSL

*Deja de rellenar este formulario.*

### Transporte Fluvial

6. **Tipo Transporte**  
*Marca solo un óvalo.*
- Chalupa
- Deslizador
- Lancha
- Motocanoa
- Remolcador

7. **Km/día**
- \_\_\_\_\_

8. **Gal/día**
- \_\_\_\_\_

9. **Caso**  
*Marca solo un óvalo.*
- Casco urbano y rural
- DTSL

*Deja de rellenar este formulario.*

### Gas Propano

10. **Masa Cilindro**

Figura: formulario encuesta 2

Fuente: Google Survey

<https://docs.google.com/forms/d/1TLQ3JYal2S7UZ3GsDc20dgSNv15sS7Zi6pnkYIJZsno/edit>

Encuesta

Página 3 de 5

11. Duración Promedio(en días)  
\_\_\_\_\_

12. Tipo  
*Marca solo un óvalo.*  
 Residencial  
 Comercial  
 Hotel  
 Administrativo

13. Caso  
*Marca solo un óvalo.*  
 Casco urbano y rural  
 DTSL

*Deja de rellenar este formulario.*

### Electricidad

14. Promedio KWh/mes  
\_\_\_\_\_

15. Tipo  
*Marca solo un óvalo.*  
 Residencial  
 Comercial  
 Hotel  
 Administrativo

16. Caso  
*Marca solo un óvalo.*  
 Casco urbano y rural  
 DTSL

*Deja de rellenar este formulario.*

Figura: formulario encuesta 3

Fuente: Google Survey

<https://docs.google.com/forms/d/1TLQ3JYal2S7UZ3GsDc20dgSNv15sS7Zi6pnkYIJZsno/e/dit>

Encuesta

Página 4 de 5

### Residuos

17. **Volumen**

---

18. **Masa**

---

19. **Densidad**

---

20. **Periodo**

---

21. **Tipo**

*Marca solo un óvalo.*

- Residencial
- Comercial
- Hotel
- Administrativo

22. **Caso**

*Marca solo un óvalo.*

- Casco urbano y rural
- DTSL

*Deja de rellenar este formulario.*

### Refrigerante

23. **Masa**

---

Figura: formulario encuesta 4

Fuente: Google Survey

<https://docs.google.com/forms/d/1TLQ3JYal2S7UZ3GsDc20dgSNv15sS7Zi6pnkYIJZsno/e/dit>

Encuesta Página 5 de 5

24. **Periodo**  
\_\_\_\_\_

25. **Tipo de Refrigerante**  
*Marca solo un óvalo.*  
 R22  
 R134

26. **Tipo**  
*Marca solo un óvalo.*  
 Residencial  
 Comercial  
 Hotel  
 Administrativo

27. **Caso**  
*Marca solo un óvalo.*  
 Casco urbano y rural  
 DTSL

---

Con la tecnología de  Google Forms

Figura: formulario encuesta 5

Fuente: Google Survey

<https://docs.google.com/forms/d/1TLQ3JYal2S7UZ3GsDc20dgSNv15sS7Zi6pnkYIJZsno/edit>

## 19. Glosario

**Atmósfera:** envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezcla volumétrico: 78.1%) y oxígeno (coeficiente de mezcla volumétrico: 20.9%), más cierto número de gases traza como argón (coeficiente de mezcla volumétrico: 0.93%), helio y ciertos Gases de Efecto Invernadero radiactivamente activos como el dióxido de carbono (coeficiente de mezcla volumétrico: 0.035%) y ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua que es también un Gas de Efecto Invernadero, en cantidades muy variables, aunque, por lo general, con un coeficiente de mezcla volumétrico de 1%. La atmósfera contiene también nubes y aerosoles.

**Biocombustible:** combustible producido a partir de material seco orgánico o aceites combustibles producidos por plantas.

**Cambio climático:** un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años.

**Capa de ozono:** “La estratosfera contiene una capa en que la concentración de ozono es máxima, denominada capa de ozono. Esta capa abarca aproximadamente desde los 12 km hasta los 40 km por encima de la superficie terrestre. La concentración de ozono alcanza un valor máximo entre los 20 km y los 25 km aproximadamente. Esta capa ha sido mermada por efecto de las emisiones humanas de compuestos de cloro y de bromo. Todos los años, durante la primavera del hemisferio sur, la capa de ozono acusa una merma muy pronunciada sobre el Antártico, causada por diversos compuestos de cloro y bromo de origen antropógeno, en función de las condiciones meteorológicas existentes en esa región. Este fenómeno se denomina agujero de ozono. Véase también Protocolo de Montreal” (Centro UC, s.f., párr. 1).

**Combustibles fósiles:** combustibles basados en carbono de depósitos de carbono fósil, incluidos el petróleo, el gas natural y el carbono.

**Cuantificación de emisiones:** cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero generados por una institución, expresadas en CO<sub>2</sub>eq.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** “Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (por ejemplo, producción de cemento). Es el principal Gas de Efecto Invernadero antropógeno que afecta el equilibrio radioactivo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros Gases de Efecto Invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1” (Centro UC, s.f., párr. 1)..

**Ecosistema:** “Unidad funcional que consta de organismos vivos, su entorno no vivo y las interacciones entre ellos. Los componentes incluidos en un ecosistema concreto y sus límites espaciales dependen del propósito para el que se defina el ecosistema, los cuales en algunos casos están relativamente diferenciados, mientras que en otros son difusos. Los límites de los ecosistemas pueden variar con el tiempo. Los ecosistemas se organizan dentro de otros ecosistemas, y la escala a la cual se manifiestan puede ser desde muy pequeña hasta el conjunto de la biosfera. En la era actual, la mayoría de los ecosistemas, o bien contienen seres humanos como organismos fundamentales, o bien están influidos por los efectos de las actividades humanas en su entorno” (Martínez, 2017, párr. 1).

**Factor de Emisión (FE):** “Coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones. Los factores de emisión se basan a menudo en una muestra de datos sobre mediciones, calculados como promedio para determinar una tasa representativa de las emisiones correspondientes a un determinado nivel de actividad en un conjunto dado de condiciones de funcionamiento” (Ministerio de Ambiente, 2010, p. 442).

**Gas de Efecto Invernadero (GEI):** “Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) son los Gases de Efecto Invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, el Protocolo de Kioto contempla los Gases de Efecto Invernadero: hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Para obtener una lista de los Gases de Efecto Invernadero homogéneamente mezclados véase el cuadro 2.A.1” (Centro UC, s.f., párr. 1).

**Halocarbonos:** “Término colectivo que designa el grupo de especies orgánicas parcialmente halogenadas al que pertenecen los clorofluorocarbonos (CFC), el hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los hidrofluorocarbonos (HFC), los halones, el cloruro de metilo y el bromuro de metilo. Muchos de los halocarbonos tienen un potencial de calentamiento global elevado. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo intervienen también en el agotamiento de la capa de ozono” (Centro UC, s.f., párr. 1).

**Huella:** “Patrón espacial y/o temporal de respuesta del clima a un forzamiento dado. Los patrones espaciales de respuesta del nivel del mar a la fusión de los glaciares o los mantos de hielo (u otros cambios en la carga en la superficie) también se denominan huellas. Estas se utilizan para detectar tales respuestas en las observaciones, y suelen estimarse mediante simulaciones de modelos climáticos forzados” (Planton, 2013, p. 194).

**Metano (CH<sub>4</sub>):** “Hidrocarburo que es un Gas de Efecto Invernadero producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas 117 natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles. El metano es uno de los seis Gases de Efecto Invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kioto” (Rodríguez, 2016, p. 132).

**Ozono (O<sub>3</sub>):** “Forma triatómica del oxígeno, es un componente gaseoso de la atmósfera. En la troposfera se crea de forma natural y por reacciones fotoquímicas por medio de gases que resultan de actividades humanas (esmog fotoquímico). En grandes concentraciones el ozono troposférico puede ser perjudicial para una amplia gama de organismos vivos. El ozono troposférico actúa como un Gas de Efecto Invernadero. En la estratosfera el ozono se crea por la interacción entre la radiación solar ultravioleta y el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>). El ozono estratosférico tiene un papel decisivo en el equilibrio de radiación estratosférica. Su concentración es más elevada en la capa de ozono” (Observatorio de Salud Mental de Bogotá, 2012, p. 1). El agotamiento de la capa de ozono estratosférica, debido a reacciones químicas

que se pueden ver aumentadas por el cambio climático, puede producir un aumento del flujo a nivel del suelo de radiación ultravioleta B.

**Variabilidad climática:** “Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima, en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa). Véase también cambio climático” (Centro UC, s.f., párr. 1).