

Huella de carbono del turismo en las Cascadas del Zapanal, provincia de Cotopaxi

Carbon footprint of tourism in the Zapanal Waterfalls, Cotopaxi province

Lisbeth Johanna Zambrano Fernández¹, Ana Noemi Moreno Vera²

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

Autor de correspondencia: lzambranof@uteq.edu.ec

Recibido: 08/07/2024. Aceptado: 22/07/2025.

Publicado el 9 de enero de 2026.

Resumen

La huella de carbono midió la cantidad de gases de efecto invernadero que emitieron los turistas en las Cascadas del Zapanal. La investigación tuvo como objetivo determinar las fuentes de emisión de actividades provenientes del turismo, se utilizó una ficha de identificación que es una hoja de observación para evidenciar 5 fuentes: comedor, energía eléctrica, transporte, alimentos/bebidas y desechos comunes. Se aplicó como instrumento cuantitativo la encuesta a los turistas de forma aleatoria, los fines de semana desde el 21 de octubre hasta el 11 de noviembre del 2023, obteniendo en total 440 encuestados. Las 3 categorías de emisiones identificadas en kilogramos de dióxido de carbono equivalente: alcance 1 de forma directa con una emisión de 112,2 kgCO_{2-eq} por consumo de gas en el área del comedor; alcance 2 de manera indirecta obtuvo 0,0022 kgCO_{2-eq} por uso del cargador de celular conectado; alcance 3 en forma indirecta con el uso del automóvil por los turistas 346,5 kgCO_{2-eq}; consumo de carne de cerdo y agua embotellada emitió 142,88 kgCO_{2-eq}; desechos comunes como plásticos, papel, cartón y restos de comida 333,58 kgCO_{2-eq}. Los resultados mostraron una huella de carbono total en las Cascadas del Zapanal de 935,16 kgCO_{2-eq} y de los turistas 3,10 kgCO_{2-eq}. El plan de gestión ambiental, se basó en la Norma ISO 14001 con la evaluación de aspectos ambientales y el diseño de 5 programas: contingencia ambiental, uso eficiente y ahorro de la energía, mitigación y adaptación de emisiones, manejo integral en desechos comunes y protección del recurso hídrico.

Palabras clave: turista, cambio climático, gases de efecto invernadero, factor de emisión y plan de gestión ambiental.

Abstract

The carbon footprint measured the amount of greenhouse gases emitted by tourists at the Zapanal Waterfalls. The research aimed to determine the sources of emissions from tourism-related activities. An identification form, an observation sheet, was used to identify five sources: dining, electricity, transportation, food/beverages, and common waste. A quantitative survey was randomly administered to tourists on weekends from October 21 to November 11, 2023, yielding a total of 440 respondents. The three emission categories identified in kilograms of carbon dioxide equivalent were: Scope 1, directly, with an emission of 112.2 kgCO_{2-eq} from gas consumption in the dining area; Scope 2, indirectly, with 0.0022 kgCO_{2-eq} from the use of a connected cell phone charger; Scope 3, indirectly, with car use by tourists, 346.5 kgCO_{2-eq}; consumption of pork and bottled water emitted 142.88 kgCO_{2-eq}; and common waste such as plastics, paper, cardboard, and food scraps, 333.58 kgCO_{2-eq}. The results showed a total carbon footprint of 935.16 kgCO_{2-eq} for the Zapanal Waterfalls, and 3.10 kgCO_{2-eq} for tourists. The environmental management plan was based on ISO 14001, assessing environmental aspects and designing five programs: environmental contingency, efficient energy use and conservation, emissions mitigation and adaptation, comprehensive management of common waste, and water resource protection.

Keywords: tourist, climate change, greenhouse gases, emission factor and environmental management plan..

Introducción

El turismo es una de las industrias que tiene incidencia en la producción de impactos a nivel ambiental por el flujo de personas y bienes que se involucran para ofrecer la comodidad a los turistas (Olivera y Cristóbal, 2014). Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2025), los tres problemas ambientales que surgen como consecuencia del turismo son: agotamiento de los recursos naturales, contaminación y degradación física (Greentumble, 2024).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) estableció: “El calentamiento global es un hecho inequívoco, causado por las actividades humanas que emiten gases de efecto invernadero y hace que la temperatura de la Tierra suba entre 1,8 °C y 4 °C” (Organización Mundial del Turismo [OMT], 2007, p. 1).

El efecto invernadero ocasiona que la energía que llega del sol este formada por ondas de frecuencias altas que se transfieren hacia la atmósfera, la energía enviada hacia el exterior está formada por ondas de frecuencias bajas (Espíndola y Valderrama, 2012). Absorbida por los gases que producen el efecto del cambio climático representan una amenaza como la escasez de agua, la pérdida de biodiversidad, la degradación de atractivo es un factor que afecta el desarrollo del destino turístico (Revilla Calderón, 2022).

El Ecuador, ha firmado y ratificado varios acuerdos internacionales destinados a la protección ambiental: El Protocolo de Kioto de 1997 es uno de los más relevantes, solicita la disminución de 6 gases que contribuyen a la intensificación del calentamiento global (Vilches *et al.*, 2014). Además, se menciona el Acuerdo de París aprobado en 2015 que aspira a reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo la temperatura por debajo de 2 °C (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1998, p. 18).

La huella de carbono es considerada un indicador ambiental para cuantificar las emisiones y representar los gases de efecto invernadero derivados de las actividades de producción o consumo (Sandoval y Gutiérrez, 2021). El transporte utilizado por los turistas para llegar al destino genera una huella de carbono elevada, al igual que la duración de su estancia y los productos que se consumen (Torres Hechavarría y Delgado Castro, 2021).

Una mala gestión de los residuos ocasiona que sean depositados en vertederos a cielo abierto, ríos o fuentes de agua, lo que genera contaminación ambiental y complicaciones en la salud (Reinoso Intriago y Cadenas Martínez, 2022). Las Cascadas del Zapanal, no poseen una técnica de recolección de residuos adecuada, la comunidad en ocasiones tira los desechos en el río, quema o los entierra (Zambrano Fernández, 2024).

Se desconoce el grado de contaminación que dejan los turistas, por tal motivo se estimó la huella de carbono e implementó el plan de gestión para la reducción de los gases de efecto invernadero y así evitar la afectación de los ecosistemas junto con el recurso hídrico. Ante la problemática actual del cambio climático por el aumento de la temperatura hacia la atmósfera.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el recinto La Envidia vía La Maná – La Playita – Estero Hondo, km 10,4 pasando la planta eléctrica río Calope, 050304 (Figura 1). Los límites parroquiales: norte y este Pujilí y La Maná al sur cantón Guaranda, al oeste Quinsaloma (GAD Municipal del cantón Pangua, 2018, p. 12). Las Cascadas del Zapanal tiene una extensión de 125 hectáreas en un sistema de siete caídas consecutivas de diferente altura, que oscilan entre los 10 y 90 metros de caída (Velastegui López y Chaluisa, 2017). Se describen cada una de las cascadas (Tabla 1).



Figura 1. Localización de las Cascadas del Zapanal

Tabla 1. Descripción de las Cascadas del Zapanal

Cascada San Martín
Es una caída de agua de 30 m sobre la roca (Figura 2)



Figura 2. Vista de la Cascada San Martín

Cascada Escondida
Es visible cuando se coloca frente a ella, tiene una altura de 28 m (Figura 3).



Figura 3. Vista de la Cascada Escondida

Cascada de la Muerte
Tiene una altura semi diagonal de 90 m, donde se desprende abundante vapor de agua (Figura 4).



Figura 4. Vista de la Cascada de la Muerte

Cascada Amor y Amistad
Tiene una primera caída de 8 m, sus aguas caen en una pequeña laguna que posee una cueva formada por la acción erosiva del agua (Figura 5).



Figura 5. Vista de la Cascada Amor y Amistad

Cascada Tobogán de Piedra

El atractivo consiste en deslizarse sobre esta gran roca, tiene una singular morfología con una extensión de 30 m de largo y 11 m de ancho (Figura 6).



Figura 6. Vista de la Cascada Tobogán de Piedra

Cascada Tina de Piedra

Tiene 8 m de altura, se forma sobre la roca durante la época lluviosa. Se deslizan fuertes corrientes de agua hasta una pequeña laguna (Figura 7).



Figura 7. Vista de la Cascada Tina de Piedra

Cascada Piedra de los Arrepentidos

Tiene 4 m de altura, se forma sobre la roca y el agua se desliza por el centro. A media altura, se encuentra un pequeño obstáculo que hace que el agua salte hasta caer a una pequeña laguna (Figura 8).



Figura 8. Vista de la Cascada Piedra de los Arrepentidos

Nota. Tomado de GAD Municipal del cantón Pangua (2018)

Recursos naturales

Según GAD Municipal del cantón Pangua (2018), el atractivo de las cascadas es de carácter natural, en medio de un bosque húmedo tropical. Consta de las siguientes especies (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Flora representativa de las Cascadas del Zapanal

Nombre común	Nombre científico	Familia
Laurel	<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
Pachaco	<i>Schizolobium parahybum</i>	Caesalpinaceae
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	Ochroma
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae
Paja toquilla	<i>Carludovica palmata</i>	Cyclanthaceae
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Poaceae
Croton	<i>Codiaeum variegatum</i>	Euphorbiaceae
Trompeta de ángel	<i>Brugmansia arborea</i>	Solanaceae
Guaba	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae
Plátano	<i>Musa acuminata</i>	Musáceas
Limón	<i>Citrus limon</i>	Rutáceas
Café	<i>Coffea</i>	Rubiaceae
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
Caña guadúa	<i>Guadua angustifolia</i>	Poaceae
Palmito	<i>Chamaerops humilis</i>	Arecaceae
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae
Maíz	<i>Zea mays</i>	Poaceae

Determinación del tamaño de la muestra

Se tomó la cantidad total de turistas que llegaron entre los meses de octubre y noviembre del 2023, debido a que no se cuenta con un registro de ingresos en las Cascadas del Zapanal se aplicó el método de muestreo aleatorio simple (Otzen y Manterola, 2017).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de fiabilidad a la encuesta en el Software SPSS aplicada a 440 turistas, se obtuvo un alfa de Cronbach de 0,963; siendo un instrumento es aceptable para las 13 preguntas. Además, se realizó la prueba de chi-cuadrado con una significación asintótica de 0,000 siendo <0,05; por tal motivo se aceptó la hipótesis.

Clasificación de las fuentes de emisiones de carbono por alcance

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2024), se identificó 3 alcances mediante la metodología del protocolo de gases de efecto invernadero:

Alcance 1: Área del comedor por consumo de gas como combustible en la preparación de los alimentos es una fuente de emisión directa.

Sangre de drago	<i>Croton lechleri</i>	Euphorbiaceae
Guayacán	<i>Guaiacum officinale</i>	Zygophyllaceae
Roble	<i>Quercus robur</i>	Fagaceae

Nota. Tomado de GAD Municipal del cantón Pangua (2018)

Tabla 3. Fauna representativa de las Cascadas del Zapanal

Nombre común	Nombre científico	Familia
Colibríes	<i>Colibri coruscans</i>	Trochilidae
Papagayos	<i>Ara ararauna</i>	Psittacidae
Tucanes	<i>Ramphastos tucanus</i>	Ramphastidae
Pájaro carpintero	<i>Colaptes melanochloros</i>	Picidae
Mono aullador	<i>Alouatta palliata</i>	Atelidae
Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>	Dasyproctidae
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Leporidae
Perdiz	<i>Alectoris rufa</i>	Phasianidae
Gavilán	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Caprimulgidae
Gorrión	<i>Passer domesticus</i>	Passeridae
Paloma	<i>Columba livia</i>	Columbidae
Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>	Sciuridae

Nota. Tomado de GAD Municipal del cantón Pangua (2018)

Alcance 2: Consumo de energía eléctrica por el cargador de celular utilizado por parte de los turistas es una fuente de emisión indirecta.

Alcance 3: Se estableció el consumo de los turistas en el transporte, alimentos/bebidas y producción en desechos comunes como fuente de emisión indirecta.

Cálculo de la huella de carbono

Para el cálculo se utilizó el factor de emisión del Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2023), se estimó una tasa de error media del 30 % al 40 %, debido a la falta en la determinación de las categorías en los alcances. La fórmula utilizada (Ecuación 1), obtuvo como resultado una cantidad en kg de dióxido de carbono equivalente ($\text{kgCO}_{2\text{-eq}}$).

$$\text{Emisión}[\text{kgCO}_{2\text{-eq}}] = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión} \quad (1)$$

Donde:

Dato de actividad: Es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Factor de emisión: Supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro, varían en función de la actividad que se trate.

Cálculo huella de carbono por turista

Según Gutiérrez (2022), la emisión por turista se calculó dividiendo las emisiones totales entre el número de turistas que realizó cada actividad. Se aplicó la fórmula (Ecuación 2), obteniendo como resultado una cantidad en kg determinada de dióxido de carbono equivalente ($\text{kgCO}_{2\text{-eq}}$).

$$\text{Emisión}[\text{kgCO}_{2\text{-eq}}] = \frac{\text{Emisión total}}{\text{Número de turistas}} \quad (2)$$

Plan de gestión ambiental

El diagnóstico ambiental se realizó en base a las fuentes de emisión: comedor, energía eléctrica, transporte, alimentos/bebidas y desechos comunes. En la evaluación de aspectos ambientales se utilizó la ponderación: 3 - 9 baja, del 10 - 17 media y del 18 - 21 alta. Se diseñó 5 subprogramas para cada fuente identificada como emisión y adicional para la protección del recurso hídrico de las cascadas (Ramírez y Devia, 2017).

Resultados

Fuentes de emisiones de carbono

Se identificaron 5 fuentes de emisiones por actividades turísticas (Tabla 4).

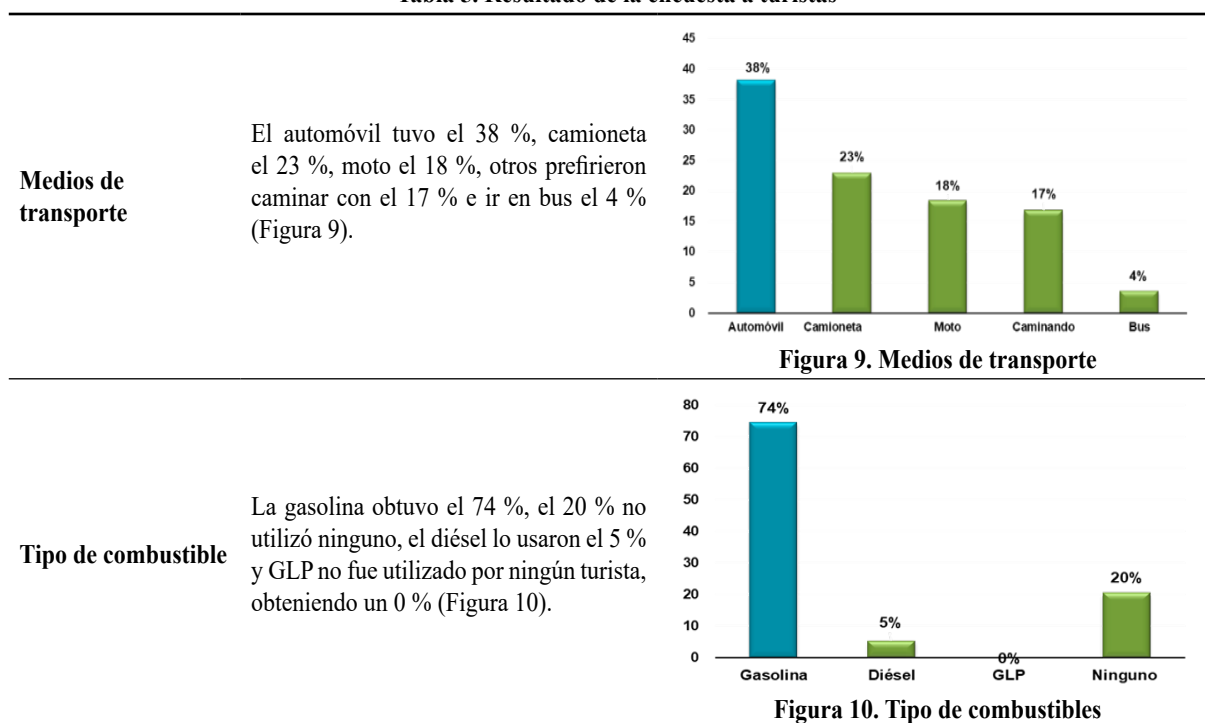
Tabla 4. Fuentes de emisión de carbono

N.º	Fuentes de emisión	Descripción
1	Comedor	Consumo de gas
2	Energía eléctrica	Equipos electrónicos
3	Transporte	Movilización de turistas
4	Alimentos y bebidas	Consumo de alimentos y bebidas
5	Desechos comunes	Generación de turistas

Encuesta a turistas

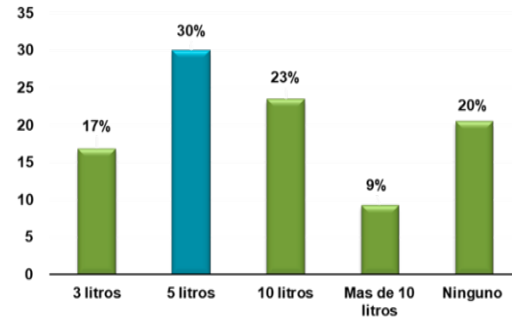
Se realizó la encuesta a una muestra de 440 para conocer el consumo de los turistas, se obtuvo (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado de la encuesta a turistas

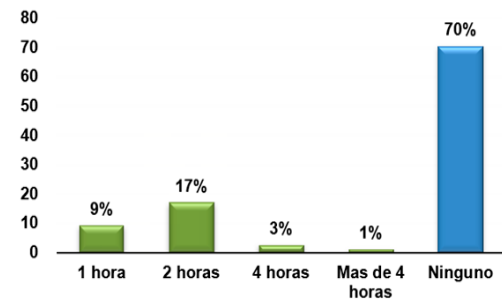


Cantidad de combustible

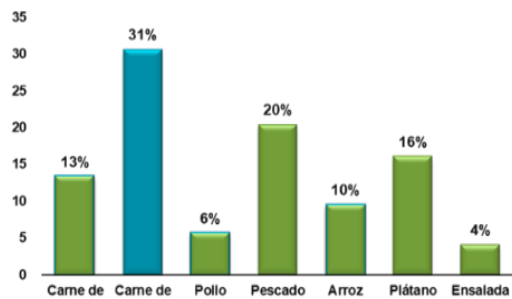
5 litros fueron utilizados por el 30 % de los encuestados, el 23 %, 10 litros, el 20 % no utilizó ningún combustible, el 17% de turistas utilizó 3 litros de combustible y el 9 % usó más de 10 litros (Figura 11).

**Figura 11. Cantidad de combustible****Equipos electrónicos**

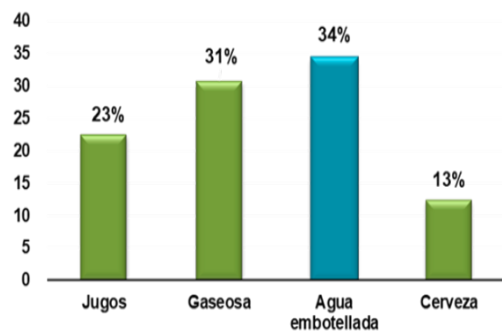
El 70 % de turistas no utilizó ningún equipo electrónico, el 23 % utilizó el cargador de celular conectado, el 7 % usó y cargó la laptop, el ventilador al igual que el televisor obtuvo el 0 % (Figura 12).

**Figura 12. Equipos electrónicos****Alimentos**

La carne de cerdo con el 31 %, pescado el 20 %, el 16 % plátano, el 13 % consumió carne de res, el 10 % arroz, el 6 % consumió pollo y el 4 % ensalada (Figura 13).

**Figura 13. Alimentos****Bebidas**

El agua embotellada con el 34 %, el 31 % prefieren la gaseosa, el 23 % tomó jugo y el 13 % cerveza (Figura 14).

**Figura 14. Bebidas****Fuentes de emisiones de carbono por alcance**

Las 5 fuentes de emisiones identificadas se clasificaron por alcances (Tabla 6).

Tabla 6. Fuentes de emisiones de carbono por alcance

Alcance	Tipo de emisión	Fuentes emisión	Consumo
1	Directa	Comedor	Gas
2	Indirecta	Energía eléctrica	Cargador de celular conectado
		Transporte	Automóvil
3	Indirecta	Alimentos y bebidas	Carne de cerdo y agua embotellada
		Desechos comunes	Plásticos, papel, cartón y restos de comida

Huella de carbono por alcances en kilogramos de dióxido de carbono equivalente

Alcance 1. Comedor

-Emisión del comedor: 112,2 kgCO_{2-eq}

-Emisión por turista: 0,26 kgCO_{2-eq}

Alcance 2. Energía eléctrica

-Emisión de energía eléctrica: 0,0022 kgCO_{2-eq}

-Emisión por turista: 0,000022 kgCO_{2-eq}

Alcance 3. Transporte, alimentos/bebidas y desechos comunes

-Emisión de transporte: 346,5 kgCO_{2-eq}

-Emisión por turista: 1,06 kgCO_{2-eq}

-Emisión de alimento: 96,07 kgCO_{2-eq}

-Emisión por turista: 0,71 kgCO_{2-eq}

-Emisión de bebida: 46,81 kgCO_{2-eq}

-Emisión por turista: 0,31 kgCO_{2-eq}

-Emisión desechos comunes: 333,58 kgCO_{2-eq}

-Emisión por turista: 0,76 kgCO_{2-eq}

Emisiones totales de la huella de carbono por alcance

La huella de carbono de las Cascadas del Zapanal para el año 2023 es 935,16 kgCO_{2-eq}, las emisiones totales representan para el alcance 1 el 11,10 %, alcance 2 el 0,00024 % y el alcance 3 representa el 88,00 % (Figura 15). Las emisiones por turista es 3,10 kgCO_{2-eq} representan para el alcance 1 el 8,39 %, alcance 2 el 0,00071 % y el alcance 3 representa el 91,61 % (Figura 16).

Evaluación de aspectos ambientales

Se obtuvo una valoración media por consumo de combustible fósil de forma directa y baja por consumo de energía eléctrica de manera indirecta (Tabla 7).

Programas del plan de manejo ambiental

Se diseñó 5 programas con medidas para reducir los niveles de contaminación con buenas prácticas dirigido a los administradores y a la comunidad del recinto La Envidia para garantizar el manejo adecuado de los recursos naturales (Tabla 8).



Figura 15. Emisiones totales de la huella de carbono



Figura 16. Emisiones de carbono por turista

Tabla 7. Evaluación de aspectos ambientales

Aspecto ambiental	Calificación	Valoración del problema
Consumo de combustibles fósiles	15	Media
Consumo de energía eléctrica	9	Baja
Emisiones por fuentes móviles	13	Media
Generación desechos	11	Media

Tabla 8. Programas del plan de manejo ambiental

Programa	Objetivo	Indicador	Actividad	Estimaciones de reducción
Contingencia ambiental.	Controlar el consumo y contaminación por gas.	Consumo de gas.	Capacitar a la comunidad y administradores sobre las medidas de seguridad para una manipulación segura de cilindros de gas. Realizar informes anuales de las emisiones que se obtengan del comedor. Señalización de áreas de cocina y comedor. Revisar periódicamente las fugas de gas. Establecer rutas para evacuación en caso de accidentes. Capacitar a los administradores en el uso e implementación de extintores.	50 %
Uso eficiente y ahorro de energía.	Controlar el uso eficiente del consumo de energía.	Consumo de electricidad.	Capacitar a la comunidad y administradores sobre el mantenimiento adecuado de las instalaciones eléctricas al igual que el ahorro de energía. Implementar 2 letreros informativos sobre ahorro de energía al ingreso de las cabañas. Realizar charlas de ingreso a turistas sobre el ahorro de energía. Apagar los electrodomésticos cuando no se estén usando. Involucrar proyectos sobre energías renovables.	50 %
Mitigación y adaptación de emisiones.	Disminuir las emisiones producidas por la circulación de vehículos.	Presencia de vehículos.	Realizar informes anuales de emisiones que causan los vehículos. Especificar un área adecuada para el estacionamiento de vehículos. Controlar la circulación de vehículos. Revisar los vehículos al momento de ingresar para evitar derrame de combustible y aceite. Fomentar el uso de bicicletas en los senderos.	60 %
Manejo integral de desechos comunes.	Manejar de forma adecuada los desechos.	Presencia de turistas.	Capacitar a los administradores y a la comunidad sobre el manejo adecuado de los desechos que generan. Establecer normas de ingreso para los turistas. Implementar tachos rotulados por colores según el desecho. Implementar señaléticas informativas de educación ambiental. Diseñar rutas internas de recolección de los desechos. Controlar que los desechos generados no sean arrojados en senderos ni en zonas cercanas a las cascadas. Impulsar el reciclaje y aprovechamiento de los desechos.	60 %
Manejo y protección del recurso hídrico.	Mejorar la calidad de agua en las Cascadas del Zapanal.	Afluencia de turistas.	Realizar limpieza de áreas cercana a las cascadas. Charlas de ingreso a turistas sobre concientización de la importancia del recurso hídrico de las cascadas. Evitar que los turistas ingresen comida a las cascadas. Controlar que no se arroje desechos a los alrededores de las cascadas. Evitar el uso de químicos cerca de las cascadas que puedan contaminar el agua. Colaborar con organizaciones ambientales locales que trabajen en la conservación de los recursos naturales. Caminar por los senderos establecidos para evitar erosión del suelo.	50 %

Discusión

En el estudio realizado en las Cascadas del Zapanal, se identificó 5 fuentes de emisiones por actividades turísticas: área del comedor, energía eléctrica, transporte, alimentos/bebidas y desechos comunes; se utilizó la metodología del protocolo de gases de efecto invernadero, con el cual se determinaron 3 alcances. Esta investigación se relacionó con el estudio elaborado por Aranguren y Buenaventura (2019) donde se calculó la huella de carbono que genera una persona al realizar turismo de naturaleza, utilizando la metodología del protocolo gases de efecto invernadero (GHG), en la cual se reportaron emisiones asociadas a 3 alcances. De igual manera, la investigación realizada por Gutiérrez-Fernández y Campos Bonilla (2015) estableció 3 alcances por consumo de combustible en el transporte terrestre, fluvial, aéreo y generación de residuos sólidos. Estudios similares que abordan las afectaciones por emisiones del turismo, identificadas mediante salidas de campo, aplicación de encuestas y entrevistas.

La huella de carbono en las Cascadas del Zapanal para el año 2023 es 935,16 kgCO_{2-eq} y por turista es 3,10 kgCO_{2-eq}; el sector que mayor cantidad de carbono emitió es el transporte representado por el 346,5 kgCO_{2-eq}; donde se propuso medidas como controlar la circulación de vehículos y el uso de bicicletas. Se obtuvo un resultado similar en la investigación que indica, al sector del transporte con altas emisiones de 269.940,42 kgCO_{2-eq}; planteó medidas como la contribución de la conservación del bosque seco tropical y una tarifa de ingreso a Playa Grande a todos los turistas para compensar las emisiones generadas por los medios de transporte (Nieto, 2020). Por lo contrario, el estudio realizado por Molina (2014) sobre el sector hotelero en playa.

Blanca de Colombia generó emisiones por energía, gasolina y gas de 39.860,25 tCO_{2-eq}; se optó por desarrollar un plan de acción para reducir emisiones con procesos ecoeficientes. Investigaciones donde se aprecian que las emisiones por fuentes móviles son altas, produciendo contaminación atmosférica y afectación en áreas naturales.

En el plan de gestión ambiental se efectuó bajo la norma internacional ISO 14001, se definieron como impactos ambientales la contaminación del aire, suelo, alteración del paisaje y agotamiento de recursos naturales. Coincide con Guevara y Proaño (2018) en la investigación realizada en base a parámetros de la norma ISO 14001, donde los impactos identificados fueron la contaminación del aire, suelo y disminución de recursos naturales. A diferencia de Rodríguez Buitrago y Gutiérrez-Fernández (2017) que implementaron un sistema fotovoltaico para disminuir el consumo y dependencia de electricidad generada por combustibles fósiles con un panel de Solar Green Energy Latin America que tiene una potencia de 320 W. La relación con estos estudios contribuye con la identificación de impactos para mitigar la afectación en el sector turístico.

Conclusiones

Las emisiones por carbono en las Cascadas del Zapanal se establecieron por los consumos en las actividades realizadas por turistas, mediante la aplicación de la encuesta se obtuvo datos de las fuentes de emisión: alcance 1 como emisión directa para el área del comedor, como emisiones indirectas tenemos el alcance 2 con suministro de energía eléctrica y el alcance 3 con medios de transporte, alimentos/bebidas y desechos comunes.

La huella de carbono entre los meses de octubre y noviembre del año 2023 fue de 935,16 kgCO_{2-eq} y la emisión por turista es de 3,10 kgCO_{2-eq}. El alcance 3 fue el que más emisiones registró con 822,96 kgCO_{2-eq} de tal manera que es el transporte con 346,5 kgCO_{2-eq}, el que contribuye a la obtención de este valor, a pesar de ser una emisión indirecta debido a que no es fija por el incremento o disminución de visitantes.

El plan de gestión ambiental constó de la evaluación de aspectos ambientales, que obtuvo una valoración media por consumo de combustibles fósiles siendo una emisión directa y baja por consumo de energía siendo una emisión indirecta; además de 5 programas: contingencia ambiental, uso eficiente y ahorro de la energía, mitigación y adaptación de emisiones, manejo integral de residuos sólidos y protección del recurso hídrico; formado por medidas de manejo ambiental que permitieron controlar los impactos negativos que causó el turismo en las Cascadas del Zapanal.

Agradecimientos

A la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación por la oportunidad de brindarme una beca que contribuye con mi perfil profesional. También a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por los conocimientos brindados en mi etapa profesional. Por último, quiero agradecer a la revista Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado en la publicación de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Aranguren, D. y Buenaventura, L. (2019). *Análisis de la huella de carbono por turista para proponer estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en el área de influencia del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, sector de Playa Blanca, Bolívar* [Tesis de Grado, Universidad El Bosque]. <https://lc.cx/eyaCSt>
- Espíndola, C. y Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176. <https://goo.su/CIQk5I>

- GAD Municipal del cantón Pangua. (2018). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pangua, Cotopaxi* [Archivo PDF]. <https://lc.cx/9IgS-X>
- Greentumble. (2024). *Negative Impacts of Tourism on the Environment*. <https://greentumble.com/environmental-impacts-of-tourism>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio Climático 2007 Informe de síntesis*. https://lc.cx/fr_wsK
- Guevara, C. y Proaño, A. (2018). *Plan de gestión ambiental para la reducción de huella de carbono, mediante la consideración de la norma ISO 14064 y la metodología IPCC en el terminal terrestre de la ciudad de Latacunga* [Trabajo de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28369/1/BQ%20153.pdf>
- Gutiérrez, J. (2022). *Huella de carbono de las actividades turísticas en las Cataratas de Paccha del distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://lc.cx/WfXqUm>
- Gutiérrez-Fernández, F. y Campos Bonilla, D. (2015). Estimación de la huella de carbono del municipio de Leticia –Amazonas (Colombia) y diseño de una propuesta de manejo de las principales emisiones de gases efecto invernadero. *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 6(2), 1-23. https://lc.cx/_vGeRq
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. <https://lc.cx/jAIqt8>
- Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador Informe 2022*. <https://lc.cx/3fSXZG>
- Molina, A. (2014). *La huella de carbono del sector hotelero de playa Blanca, San Antero, Córdoba*. Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe. Hacia un contexto de las ciencias ambientales: Iberoamérica. <https://lc.cx/Ke6-Tm>
- Nieto, C. (2020). *Medición de la huella de carbono de las actividades realizadas por los turistas que visitan Playa Grande - Taganga - Magdalena para proponer alternativas de mitigación de las emisiones de los gases de efecto invernadero* [Tesis de Grado, Universidad El Bosque]. <https://lc.cx/ICAVeJ>
- Olivera, A. y Cristóbal, S. (2014). Gestión de la huella de carbono en turismo. *Innotec Gestión*, 6, 63-67. <https://goo.su/joNCh>
- Organización de las Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpsan.pdf>
- Organización Mundial del Turismo. (2007). *Turismo y cambio climático: Hacer frente a los retos comunes. Consideraciones preliminares de la OMT*. https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/2015/MGTS_02/Unidad3/003.pdf
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://goo.su/1NVrm69>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2025). *Early Warning and Data Analytics*. <https://www.unep.org/topics/environment-under-review/early-warning-and-data-analytics>
- Ramírez, R. y Devia, A. (2017). *Diseño del Plan de Gestión Ambiental en la empresa de Confecciones Quiromar S.A.S. Bogotá Cundinamarca*. [Trabajo de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://lc.cx/6L7Qbl>
- Revilla Calderón, V. (2022). *Huella de Carbono del Turismo en Bolivia. Documento de Trabajo #02/2022. La Paz, Bolivia: UPB-SDSN Bolivia*. <https://lc.cx/PQPb4R>
- Reinoso Intriago, C. y Cadenas Martínez, R. (2022). Huella de carbono de los residuos sólidos en el mercado del cantón Yaguachi. *Producción, Ciencias e Investigación*, 6(43), 139-145. <https://journalprosciencas.com/index.php/ps/article/view/528/577>
- Rodríguez Buitrago, A. y Gutiérrez-Fernández, F. (2017). Reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el sector hotelero. Caso de estudio anaira hostel (Leticia-Amazonas – Colombia). *Revista de Tecnología*, 16(1), 69-182. <https://lc.cx/GOigxJ>
- Sandoval Gaviria, D. y Gutiérrez-Fernández, F. (2021). Cálculo de las huellas de carbono y ecológica del destino turístico de Puerto Nariño. *Turismo y Sociedad*, 29, 79-94. <https://lc.cx/bvCPWy>
- Torres Hechavarría, L. y Delgado Castro, A. (2021). Claves para la disminución de la huella de carbono en el turismo: Caso Cuba. *Explorador Digital*, 5(1), 6-24. <https://lc.cx/2TyKTR>
- Velastegui López, E. y Chaluisa, A. (2017). Sistema de información turística y desarrollo del recinto la Envidia en las Siete Cascadas del Zapanal cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi. *Ciencia Digital*, 1(3), 15-27. <https://lc.cx/SkoEdF>

- Vilches, R., Dávila, F. y Varela, S. (2014). Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur año base 2012. *La granja*, 21(1), 34-45. <https://lc.cx/gwIRwk>
- Zambrano Fernández, L. (2024). Impacto ambiental del manejo de los residuos sólidos en las Cascadas del Zapanal del cantón Pangua, provincia de Cotopaxi. *Veritas De Difusão Científica*, 5(2), 1057-1077. <https://goo.su/CfKmus>

