

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL

COHORTE 2021

TEMA: IMPACTO DEL USO DE LA BICICLETA EN LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EMITIDOS EN LA PARROQUIA MATRIZ DE AMBATO.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental Mención en Planificación Ambiental

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada

Autor: Ingeniero Jefferson Raúl Guaypatin Pico

Directora: Ingeniera Jessica Liliana López Pérez Máster

Ambato – Ecuador

2022

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado PhD, e integrado por los señores: Ingeniera Lorena Fernanda Gallardo Lastra Máster, Ingeniero Luis Miguel Rivera González PhD, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “IMPACTO DEL USO DE LA BICICLETA EN LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EMITIDOS EN LA PARROQUIA MATRIZ DE AMBATO” elaborado y presentado por el señor Ingeniero Jefferson Raúl Guaypatin Pico, para optar por el Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Lorena Fernanda Gallardo Lastra. MSc.
Miembro del Tribunal

Ing. Luis Miguel Rivera González. PhD.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: IMPACTO DEL USO DE LA BICICLETA EN LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EMITIDOS EN LA PARROQUIA MATRIZ DE AMBATO, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Jefferson Raúl Guaypatin Pico, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera Jessica Liliana López Pérez Máster, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniero Jefferson Raúl Guaypatin Pico
c.c.:1804759759
AUTOR

Ingeniera Jessica Liliana López Pérez Máster
c.c.: 1716418502
DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniero Jefferson Raúl Guaypatin Pico
c.c.:1804759759

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xv
CAPITULO I.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos.....	4
CAPITULO II.....	5
2.1. Cambio climático y el crecimiento del parque automotor terrestre.....	5
2.1.1. Gases emitidos por los vehículos terrestres que promueven el cambio climático.....	6
2.1.1.1. Dióxido de carbono (CO ₂) en el efecto invernadero.....	7
2.1.1.2. Metano (CH ₄) en el efecto invernadero.....	7
2.1.1.3. Óxido nitroso (N ₂ O) en el efecto invernadero.....	8
2.2. Movilidad sostenible como medida de desarrollo.....	9
2.2.1. La bicicleta como alternativa de transporte activo.....	11
2.3. Reducción de GEI por movilidad sostenible en Ecuador.....	12
2.3.1. Reducción de GEI por el uso de la bicicleta.....	13
2.4. Factores ambientales influenciados por el uso de la bicicleta.....	14

2.4.1. Co-beneficios del uso de la bicicleta.....	15
2.5. La bicicleta en Ecuador	16
2.5.1. Transporte activo aplicado en la parroquia La Matriz	17
CAPITULO III.....	20
3.1. Ubicación.....	20
3.2. Equipos y materiales	21
3.3. Tipo de investigación	22
3.4. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender	22
3.5. Metodología.....	22
3.5.1. Objetivo 1: Diagnóstico de la emisión de GEI proveniente del tránsito vehicular en la zona de estudio	22
3.5.1.1. Análisis situacional de los GEI por transporte en la parroquia La Matriz.....	22
3.5.1.2. Ejemplificación de estimación de emisiones de GEI en la parroquia La Matriz.....	23
3.5.1.2.1. Cuantificación de los vehículos	23
3.5.1.2.2. Análisis de dispersión de los datos obtenidos.....	24
3.5.1.2.3. Cálculo de emisiones de GEI por transporte para la ejemplificación.....	25
3.5.2. Objetivo 2: Evaluación de Impacto Ambiental del uso de la bicicleta en la parroquia La Matriz	27
3.5.2.1. Bases para la selección de la metodología de evaluación.....	27
3.5.2.2. Esquema de la matriz de importancia	28
3.5.2.3. Desarrollo de la matriz de importancia.....	29
3.5.2.3.1. Definición de las actividades con potencial impacto a ser evaluadas.....	29
3.5.2.3.2. Identificación del medio, componente y factor ambiental que puede verse afectado por las acciones de primer y segundo orden establecidas	30
3.5.2.3.3. Elaboración de una matriz de identificación de impactos.	31
3.5.2.3.4. Valoración cuantitativa de los impactos identificados	31
3.5.2.3.5. Matriz de importancia depurada	33

3.5.2.3.6. Determinación del tipo de impacto	34
3.5.3. Objetivo 3: Determinación de la aceptación actual, potencial y pertinencia del uso de la bicicleta en la parroquia la Matriz	34
3.5.3.1. Estimación de la población de la parroquia La Matriz para el año 2021	34
3.5.3.2. Calculo muestral de la población de la parroquia La Matriz para la encuesta.....	37
3.5.3.3. Aplicación de la encuesta	38
CAPITULO IV	39
4.1. Diagnóstico de la emisión de GEI proveniente del tránsito vehicular en la zona de estudio.....	39
4.2. Evaluación de Impacto Ambiental del uso de la bicicleta y sus co-beneficios en la parroquia La Matriz	43
4.3. Aceptación actual, potencial y pertinencia del uso de la bicicleta como medio de transporte	48
CAPITULO V	54
5.1. Conclusiones	54
5.2. Recomendaciones	55
5.3. Bibliografía.....	56
5.4. Anexos.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Equipos y/o herramientas utilizadas para el trabajo investigativo.	21
Tabla 2	Programas utilizados para el trabajo investigativo.....	21
Tabla 3	Consumo de combustible de los automóviles.	26
Tabla 4	Densidad de los combustibles.	26
Tabla 5	Poder calorífico inferior de los combustibles.	26
Tabla 6	Factor de emisión de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O.	27
Tabla 7	Esquema de la matriz de importancia.	28
Tabla 8	Acciones de primer orden y segundo orden vinculadas al transporte.....	29
Tabla 9	Identificación de factores ambientales influenciados por el transporte.	30
Tabla 10	Esquema de identificación de posible impactos entre las acciones y los factores.	31
Tabla 11	Resumen de los valores ponderados para cada término de la matriz.	32
Tabla 12	Rango de calificación para los impactos evaluados.	34
Tabla 13	Histórico de crecimiento poblacional en la cabecera cantonal de Ambato.....	35
Tabla 14	Extensión superficial de las parroquias urbanas de Ambato.....	37
Tabla 15	Resultados de la ejemplificación de emisiones de GEI.	39
Tabla 16	Matriz de importancia depurada para la movilidad convencional y movilidad sostenible.....	44
Tabla 17.	Matriz de identificación de impactos.	65
Tabla 18.	Matriz de identificación de la naturaleza del impacto.	65
Tabla 19.	Matriz de definición de la intensidad.	66
Tabla 20.	Matriz de definición de la extensión.	67
Tabla 21.	Matriz de definición del momento.	68
Tabla 22.	Matriz de definición de la persistencia.	69
Tabla 23.	Matriz de definición de la reversibilidad.	70
Tabla 24.	Matriz de definición de la sinergia.....	71
Tabla 25.	Matriz de definición de la acumulación.	72
Tabla 26.	Matriz de definición del efecto.	73
Tabla 27.	Matriz de definición de la periodicidad.	74

Tabla 28. Matriz de definición de la recuperabilidad.....75
Tabla 29. Matriz de importancia.76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la parroquia La Matriz.	21
Figura 2 Perfil personal de la muestra poblacional.	81
Figura 3 Respuestas de la pregunta 1.	81
Figura 4 Respuestas de la pregunta 2.	81
Figura 5 Respuestas de la pregunta 3.	82
Figura 6 Respuestas de la pregunta 4.	82
Figura 7 Respuestas de la pregunta 5.	82
Figura 8 Respuestas de la pregunta 6.	82
Figura 9 Respuestas de la pregunta 7.	83
Figura 10 Respuestas de la pregunta 8.	83
Figura 11 Respuestas de la pregunta 9.	83
Figura 12 Respuestas de la pregunta 10.	83
Figura 13 Respuestas de la pregunta 11.	84
Figura 14 Respuestas de la pregunta 12.	84
Figura 15 Respuestas de la pregunta 13.	84
Figura 16 Respuestas de la pregunta 14.	84
Figura 17 Respuestas de la pregunta 15.	85

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi **DIOS** por darme salud y vida, pues a pesar de haber atravesado una crisis sanitaria, ha cuidado de mi familia y de mí en todo momento y lugar. También extendo mi profunda gratitud a mis padres, **Blanca Piedad Pico Quinga y Víctor Raúl Guaypatin Quilligana**, pues de no ser por ellos y sus sabios consejos, no hubiese logrado todo lo que he alcanzado hasta el día de hoy, incluyendo por supuesto, concluir con esta etapa tan importante en mi vida profesional.

Finalmente, quiero agradecer a la **M. Sc. Jessica Liliana López Pérez**, por ser una parte fundamental de esta investigación, ya que su experticia, tutoría, paciencia y compromiso me permitieron desarrollarme en un campo muy novedoso para mí.

Guaypatin Pico Jefferson Raúl

DEDICATORIA

A mi DIOS

Por guiarme en el camino correcto y por darme la dicha de desenvolverme en la carrera que me apasiona. ¡Oh, Señor Jesús!

A mis padres

BLANCA PIEDAD PICO QUINGA y **VÍCTOR RAÚL GUAYPATIN QUILLIGANA**, quienes me han acompañado en cada paso y proyecto que me he propuesto. Nunca hubiera podido llegar tan lejos, sin su ayuda.

A mi tutora

Por ser quien, con paciencia y entrega, me ha guiado en el proceso de elaboración del presente trabajo. Muchas gracias, querida Jessica Liliana López Pérez.

A mis profesores y amigos

Por haberme ilustrado con sus conocimientos y brindarme su apoyo. Han hecho grata mi estadía en la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**.

Guaypatin Pico Jefferson Raúl

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP)
EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

TEMA:

IMPACTO DEL USO DE LA BICICLETA EN LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EMITIDOS EN LA PARROQUIA MATRIZ DE AMBATO

MODALIDAD DE TITULACIÓN: *Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada*

AUTOR: *Ingeniero Jefferson Raúl Guaypatin Pico*

DIRECTORA: *Ingeniera Jessica Liliana López Pérez Máster*

FECHA: *Cinco de mayo de dos mil veinte y dos*

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación analizó el impacto que tiene el uso de la bicicleta, como alternativa para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), procedentes del transporte motorizado terrestre. El lugar de estudio fue la parroquia La Matriz de la ciudad de Ambato, la cual constituye gran parte del hiper centro de la capital provincial de Tungurahua. Para lo cual, se hizo una aproximación del cálculo de emisiones de GEI del transporte motorizado, se evaluó el impacto ambiental de la movilidad convencional y de la movilidad sostenible a través de la matriz de importancia y se ejecutó una encuesta a la población muestral de la zona de estudio, para conocer su opinión respecto del uso de la bicicleta como medio de transporte.

Para la estimación de GEI, se desarrolló una ejemplificación basada en información bibliográfica y de campo, debido a la ausencia de datos oficiales sobre transporte en la zona de estudio. Por esta razón, se trabajó únicamente con los vehículos catalogados empíricamente como automóviles. La evaluación de impacto ambiental se realizó considerando once aspectos ambientales de mucha relevancia y la encuesta se fundamentó en la experiencia del plan piloto de movilidad sostenible de Ambato.

Los resultados mostraron que, el uso de la bicicleta tiene un impacto positivo en la reducción de GEI por transporte convencional motorizado, ya que su potencial para evitar dicha emisiones se encuentra en el orden de 92 g CO_{2-eq} viaje⁻¹ a 810 g CO_{2-eq} viaje⁻¹, en el escenario latinoamericano. Además, se evidenció que la sociedad de la zona de estudio apoya esta medida de transporte activo, con mayor énfasis a raíz de la emergencia sanitaria. Sin embargo, la inseguridad, la falta de educación vial en favor del ciclista y el poco compromiso político, no han permitido que esta alternativa se desarrolle óptimamente.

DESCRIPTORES: *AMBATO, BICICLETA, CLIMA, CONTAMINACIÓN, DESARROLLO, GASES, IMPACTO, REDUCCIÓN, SOSTENIBILIDAD, TRANSPORTE.*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP)
EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

THEME:

IMPACT OF BICYCLE USE FOR THE REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS EMITTED INTO THE CENTRAL PARISH OF AMBATO CITY.

DEGREE MODALITY: *Degree project with Applied Research Component*

AUTHOR: *Engineer Jefferson Raúl Guaypatin Pico*

DIRECTED BY: *Engineer Jessica Liliana López Pérez Master*

DATE: *May 5th, 2022*

EXECUTIVE SUMMARY

This study analyzed the impact of the use of the bicycle, as an alternative to reduce the emission of greenhouse gases (GHG), from motorized transport. The study place was La Matriz parish of Ambato city, which constitutes the hyper center of the capital of Tungurahua province. For which, an approximation of the calculation of GHG emissions from motorized transport was made, as well as an evaluation of the environmental impact of conventional mobility and sustainable mobility by means of the importance matrix and a survey was carried out on the sample population of the study area, to know people's opinion regarding the use of the bicycle as transportation.

For estimating of GHG, an exemplig was developed based on bibliographic and fieldwork information, because of unexistence of official data about transport in the study area. For this reason, vehicles classified as car were uniquely considered. The environmental impact assesment was carried taking into consideration eleven environmental aspects of high relevance and the survey was based on the experience of sustainable mobility pilot plan of Ambato.

The results showed that the use of the bicycle has a positive impact on GHG reduction that comes from conventional motorized transport, since its potential to avoid GHG emissions is in the order of 92 g CO_{2-eq} trip⁻¹ to 810 g CO_{2-eq} trip⁻¹, on the Latin American

region. In addition, it was shown that people from La Matriz supports this active transport measure, with greater emphasis due to the COVID -19 emergency. However, insecurity, lack of road education in favor of cyclists and little political commitment have not allowed this alternative to be developed optimally.

KEYWORDS: *AMBATO, BICYCLE, CLIMATE, POLLUTION, DEVELOPMENT, GASES, IMPACT, REDUCTION, SUSTAINABILITY, TRANSPORT.*

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

En gran parte de las ciudades del mundo el parque automotriz crece cada vez más rápido debido al aumento demográfico, incremento de la riqueza, actividades comerciales, necesidad y tiempo de transporte e imagen de estatus del vehículo automotor en la sociedad, lo cual, provoca también el incremento de la emisión de GEI que se sumará al forzamiento radiativo positivo del sistema climático (Ashhad et al., 2020). Por lo cual, contemplar y ejecutar acciones para reducir la emisión de GEI proveniente del transporte terrestre, el cual en Ecuador ocupa el primer lugar en emisiones del sector energía (MAE, 2017), es fundamental en la búsqueda de la sostenibilidad. No obstante, conocer el impacto que tienen las diferentes medidas que pueden implementarse para remediar y mitigar este fenómeno, entre las cuales se puede mencionar el uso de vehículos eléctricos, mejoramiento del servicio de transporte público, transporte colectivo para funcionarios públicos y privados, uso de biocombustibles y uso de la bicicleta, es primordial para mejorar la toma de decisiones (Orellana y González, 2020). Al incorporar esta consideración en los análisis técnicos, se prevé conocer aspectos ambientales, sociales y económicos que permitirán predecir los efectos que pueden suscitarse al aplicar una determinada medida, también se mejorará los compromisos de la administración pública, se protegerá la capacidad del sistema natural y se promoverá eficazmente el desarrollo sostenible (Conesa, 2010).

Es por ello que, el presente trabajo consiste en el análisis del impacto que el uso de la bicicleta tendría en la reducción de GEI emitidos por el transporte terrestre, en una zona geográfica de la capital de Tungurahua que corresponde a la parroquia La Matriz. Esta zona es el hiper centro del cantón Ambato y posee un alto índice de congestión vehicular debido a la presencia del Municipio, Gobernación, Prefectura, Ministerios, bancos, entre otras entidades de importancia popular (Ruiz et al., 2019). Es por esto que, la parroquia

La Matriz se constituye como un espacio potencial de contaminación, lo cual mantiene en alerta a las autoridades administrativas del cantón Ambato (GADMA, 2021d).

Para cumplir el objetivo se contempló realizar un diagnóstico sobre la emisión de GEI, el cual tuvo diversas limitaciones, particularmente por la falta de información sobre el parque automotriz de la zona de estudio. Debido a esto, se realizó una ejemplificación referencial con datos de campo. Además, se efectuó la evaluación de impacto ambiental del uso de la bicicleta y se consideraron los co-beneficios que se derivan de esta alternativa, entre los cuales resaltan: el mejoramiento de la calidad del aire, recuperación del espacio público, aportes a la salud, reducción de accidentes de tránsito, reducción de ruido, etc. (Jakovcevic et al., 2016). Finalmente, se realizó un análisis a través de encuestas para definir la aceptación que tiene el uso de la bicicleta por parte de la población del lugar objeto de estudio y con ello conocer la afinidad por una vida de bajo consumo de carbono.

Con base en los anteriormente expuesto, el presente trabajo investigativo se divide en cinco capítulos. El primero detalla el problema de la investigación y el motivo del presente estudio. En el segundo capítulo se establece la antesala del trabajo y la base científica del mismo. El tercer capítulo aborda la metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos y general, y en el cuarto se describen y discuten los resultados obtenidos. Por último, el quinto capítulo aborda las conclusiones de la investigación y las recomendaciones para futuros estudios.

1.2. Justificación

El problema de la emisión de GEI se ha visto acrecentado en los últimos años, debido al crecimiento poblacional que se ha experimentado en las ciudades de todo el mundo (Luo et al., 2020). Por esta razón, muchas ciudades han establecido objetivos y ejecutado proyectos enfocados a la lucha contra el cambio climático, dentro de los cuales es coincidente el uso de la bicicleta para reducir la congestión vehicular y minimizar la emisión de GEI (McQueen et al., 2020). Uno de los ejemplos de la aplicación de la bicicleta como medio de transporte más exitosos en América Latina, es la ciclovía

desarrollada en la ciudad de Bogotá – Colombia, la cual inicio en 1974 y se mantiene vigente hasta la actualidad (Oleas y Albornoz, 2016). En el Ecuador la emisión vehicular promedio de toneladas de CO_{2-eq} por año es de 1.3 a 1.5 (Massa et al., 2018), razón por la cual, el Estado estableció un impuesto vehicular orientado a reducir el consumo de combustibles fósiles desde 2011, sin embargo, de acuerdo a Bedoya, Oviedo, Mera, y Flores (2017) dicho impuesto no ha tenido los resultados esperados, ya que se manifiesta que el número de vehículos en todo el Ecuador ha aumentado, pues solo en la zona 3 el parque automotor incremento un 22.5% en promedio.

Cabe indicar que, el parque automotor cada año crece más, llegando a cuantificarse hasta 2020 en la provincia de Tungurahua un total estimado de 164166 vehículos motorizados, los cuales se concentran de forma mayoritaria en la zona urbana de todos los cantones, especialmente en Ambato (AEADE, 2021). Esto provoca serios problemas de congestión vehicular y emisiones de GEI, principalmente en las parroquias La Matriz, San Francisco y la Merced de la cabecera cantonal de Ambato, las cuales además concentran varias instituciones públicas y privadas de confluencia popular como bancos, entidades gubernamentales, centros médicos, entre otros (GADMA, 2020).

En 2003, el Distrito Metropolitano de Quito fue pionero en la implementación de rutas para bicicletas, buscando promover su uso entre los habitantes de la capital (Oleas y Albornoz, 2016). Actualmente, las ciudades de Guayaquil, Manta, Ibarra y Quito, mantienen esta alternativa sostenible de transporte y turismo con mucha fuerza y certeza (Angel y Torbay, 2017), debido a los numerosos beneficios ambientales y sociales que brinda esta medida de movilidad sostenible. La ciudad de Ambato ejecutó desde el 20 de febrero de 2021 hasta 6 de marzo de mismo año, el plan piloto “Ambato en Bici y a Pie” que fue planificado desde el año 2019 y forma parte del Plan de Movilidad Urbana Sostenible (GADMA, 2021b). Este plan tiene la finalidad de fomentar en el hiper centro de Ambato, el uso de la bicicleta como alternativa de transporte activo, pues a raíz de las restricciones sociales por la pandemia derivada del COVID-19, su efecto ambiental y sus co-beneficios fueron visibilizados en esta sociedad (GADMA, 2021b; Thompson, 2022).

Por tal motivo, conocer el impacto que tendría el uso de la bicicleta como alternativa de movilidad urbana sostenible, en la reducción de GEI emitidos por el transporte vehicular en la parroquia La Matriz, permitiría llevar a cabo una apropiada gestión que promueva la movilidad sostenible en la sociedad.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Analizar el impacto que tendría el uso de la bicicleta en la reducción de los gases de efecto invernadero emitidos en la parroquia Matriz de Ambato.

1.3.2. Específicos

- Realizar un diagnóstico de la emisión de gases de efecto invernadero proveniente del transporte vehicular terrestre de la zona de estudio.
- Evaluar el impacto ambiental y los co-beneficios del uso de la bicicleta como medio de transporte.
- Determinar la aceptación actual, potencial y pertinencia del uso de la bicicleta como medio de transporte.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

De la revisión de antecedentes bibliográficos para ejecutar el presente trabajo de investigación, se destacaron las siguientes temáticas e investigaciones:

2.1. Cambio climático y el crecimiento del parque automotor terrestre

El efecto invernadero ha permitido tener una temperatura media global de alrededor de 14 °C, lo cual ha sido indispensable para el desarrollo de la vida. Este es un fenómeno natural benéfico que forma parte del equilibrio sistémico de nuestro planeta, a través de los procesos de transferencia y transformación de energía entre la litósfera, atmósfera e hidrósfera (IPCC, 2019; OECC, 2019). Sin embargo, se ha producido un mayor forzamiento radiativo positivo en el sistema climático, producto de los cambios en la energía radiante del sol, los fenómenos naturales como las erupciones volcánicas y el aumento de la emisión de GEI desde 1750 (Oertel et al., 2016). Este último causal es el principal contribuyente del forzamiento radiativo positivo y de la intensificación del efecto invernadero, siendo su origen de carácter antrópico pues comienza de forma significativa desde la denominada “revolución industrial” que tuvo como base la invención de la máquina de vapor (Raynal, 2011). Actualmente, el aumento de tamaño del parque automotriz promueve la emisión de una mayor cantidad de gases como el CO₂, incrementando el impacto del efecto invernadero y contribuyendo al cambio climático.

La cantidad de vehículos motorizados terrestres por unidad territorial aumenta constantemente cada año, haciendo que la emisión de GEI que proviene de este sector sea cada vez mayor. De acuerdo a Sims et al. (2014) y Kahn et al. (2007), en el sector energético el sub sector transporte contribuye con una cuarta parte del total de emisiones de CO_{2-eq} a nivel mundial. Su aporte fue de aproximadamente 2.8 Gt CO_{2-eq} año⁻¹ en 1970, 5 Gt CO_{2-eq} año⁻¹ en 1990 y 7 Gt CO_{2-eq} año⁻¹ en 2010, de los que el 59.85%, 71% y 72.06%, respectivamente, correspondieron a las emisiones otorgadas por los vehículos automotores terrestres (Sims et al., 2014). Sin las emisiones del transporte rodado el sub sector transporte solo hubiera emitido en el rango de tiempo indicado un valor oscilante

entre 1 Gt CO_{2-eq} año⁻¹ y 2 Gt CO_{2-eq} año⁻¹. Esto convierte a la movilización automotriz terrestre, en el sub sector que más ha aumentado en los últimos años su contribución antrópica anual al efecto invernadero, debido al número creciente de vehículos que conforman el parque automotor a nivel mundial (Jochem et al., 2016).

Latinoamérica es una de las zonas en el mundo que menos GEI emite, sin embargo, el sub sector transporte rodado es muy representativo en toda esta región. En 2010, el transporte en América latina emitió 0.55 Gt CO_{2-eq} año⁻¹, donde el sub sector transporte por carretera contribuyó con aproximadamente 0.5 Gt CO_{2-eq} año⁻¹, lo cual representó más del 90% del total de GEI emitidos (Jochem et al., 2016; Sims et al., 2014). En Ecuador, las emisiones de GEI fueron de 80627.16 Gg CO_{2-eq} durante el año 2012, de los cuales 16977.02 Gg CO_{2-eq} provinieron del transporte por carretera, cuyo aporte representó el 45.16% y 21% de las emisiones del sector energía y emisiones nacionales, respectivamente (MAE, 2017). En la provincia de Tungurahua desde el año 2010 hasta el año 2020, el parque automotor ha crecido a razón 7640 unidades vendidas al año (AEADE, 2021). Esto representaría un aporte potencial de 35.14 Gg CO_{2-eq} año⁻¹ de acuerdo a los datos de Li et al. (2021), quien indica que por unidad vehicular promedio se puede emitir 0.0046 Gg CO_{2-eq} año⁻¹ o 4.6 t CO_{2-eq} año⁻¹, cosa que es representativa para un ecosistema urbano y resalta la necesidad de descarbonizar la movilidad urbana.

2.1.1. Gases emitidos por los vehículos terrestres que promueven el cambio climático.

El dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), son gases emitidos durante la combustión interna de los vehículos motorizados terrestres, juntamente con otros gases traza que no son relevantes (Sánchez, 2020), por lo cual son los únicos que se contemplan dentro de las directrices del IPCC (2006) para el sector transporte. Considerando el potencial de calentamiento global (PCG) y el porcentaje de emisiones mundiales, el CO₂, CH₄ y N₂O se sitúan en una jerarquía superior respecto a otros GEI antrópicos regulados (Solomon et al., 2018). El CO₂ es la unidad básica con la que se compara a todos los demás GEI, y por lo tanto tiene un PCG de 1 estimado en un periodo de 100 años, con un porcentaje de emisión global de 76%; por otro lado, el PCG del CH₄

y N₂O es 25 y 298 y su porcentaje de emisión global es equivalente a 16% y 6%, respectivamente (OMM, 2021; Solomon et al., 2018). Esto indica que absorben y remiten de forma significativa en diferentes longitudes de onda, la energía radiante en el espectro infrarrojo procedente de la superficie terrestre (IPCC, 2019).

La influencia que tienen estos GEI sobre el efecto invernadero se detalla a continuación:

2.1.1.1. Dióxido de carbono (CO₂) en el efecto invernadero

El CO₂ se encuentra en una concentración muy baja a nivel mundial, inferior al 0.5% de la composición de la atmósfera terrestre, y pese a eso es el mayor impulsor del cambio climático que proviene de la alteración del efecto invernadero (Mendoza y Jiménez, 2017). Este gas contribuye con un 66% al forzamiento radiativo positivo, estimándose en 2020 una concentración de CO₂ en todo el mundo semejante a 413 ± 0.2 partes por millón (ppm), cuyo aumento con respecto al año anterior fue 2.5 ppm, debido a las restricciones que se impusieron a nivel mundial por la emergencia sanitaria del COVID-19 (OMM, 2021).

El CO₂ representa el 97% - 98% del total de emisiones de GEI del sub sector transporte terrestre y a nivel mundial es el gas más emitido (Sims et al., 2014). La quema de combustibles fósiles y la producción de cemento, fueron en 2020 la principal causa de emisiones antrópicas de CO₂ con un aporte de 31.5 Gt (OMM, 2021). Por otro lado, el aporte de la naturaleza se da principalmente por erupciones volcánicas, descomposición de materia orgánica e incendios naturales (Sims et al., 2014). Esto hace del CO₂ el segundo GEI más importante después del vapor del agua; además, posee un periodo de permanencia promedio en la atmósfera de hasta 200 o más años (Sánchez, 2016).

2.1.1.2. Metano (CH₄) en el efecto invernadero

El CH₄ aporta con el 16% al forzamiento radiativo positivo que experimenta el planeta y tiene un periodo de persistencia de aproximadamente 12 años, con un potencia de calentamiento global estimado en un lapso de 100 años semejante a 25 (OMM, 2021). Esto significa que captura y remite 25 veces más calor que una unidad equivalente de CO₂

(Martínez et al., 2019; OMM, 2021). Este gas representa el 0.1% - 0.3% de las emisiones de GEI por vehículos motorizados terrestres (Sims et al., 2014), y, de acuerdo al último boletín emitido por la OMM (2021), la concentración de CH₄ calculada para el año 2020 a nivel mundial fue de 1889 ± 2 partes por billón (ppb), lo cual refleja un aumento de 11 ppb con respecto al año 2019.

En términos generales este gas es el tercer GEI más relevante, sin embargo, en ocasiones se lo presume como el segundo en importancia debido a que el vapor de agua no es considerado un GEI de procedencia antrópica (Martínez et al., 2019; OMM, 2021). Alrededor del 40 % de CH₄ que se emite a la atmósfera procede de fuentes naturales, entre las que resaltan los humedales, mientras que el 60% restante proviene de fuentes antropogénicas, como la ganadería de rumiantes, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles, vertederos y quema de biomasa (OMM, 2021).

2.1.1.3. Óxido nítrico (N₂O) en el efecto invernadero

El N₂O aporta con un 7% al forzamiento radiativo positivo total, que es ocasionado por los GEI de larga duración, por lo cual, se constituye como el tercer GEI de aporte antrópico con mayor importancia (González y Camacho, 2017). Las estimaciones de la concentración de N₂O en la atmósfera calculadas para el año 2020, reflejaron un valor de 333.2 ± 0.1 ppb, donde las emisiones naturales de N₂O procedentes del océano y suelo, representan el 60% del total estimado y los aportes antropogénicos el 40%, con lo cual, se determinó que con respecto al año 2019, la concentración de este GEI fue superior con 1.2 ppb (OMM, 2021).

Cabe indicar que, durante la combustión de la movilización terrestre la emisión de N₂O representa el 2.0% - 2.8% del total de emisiones de GEI generadas, lo cual ha contribuido juntamente con la agricultura, a que en la actualidad los niveles de este gas sobrepasen con un 23% a la concentración de la era preindustrial, que correspondía a 270 ppb (EPA, 2021; OMM, 2021). El N₂O tiene un lapso de permanencia en la atmósfera de 114 años aproximadamente (EPA, 2021).

2.2. Movilidad sostenible como medida de desarrollo

El crecimiento constante de las ciudades y el aumento de la necesidad de movilidad de la población, han generado un incremento del número de vehículos en las carreteras, provocando una intensificación en: la congestión del tráfico, ruido, preocupación por la seguridad vial, externalidades negativas asociadas costos sociales, ambientales y económicos, emisión de GEI por transporte, entre otros aspectos (Singh et al., 2022). Esto ha hecho que la movilidad sostenible gane importancia en la planificación urbana, pues es una respuesta apropiada ante la crucial situación de movilidad que está provocando alteraciones significativas en el ambiente (Singh et al., 2022).

En varias ciudades del viejo continente como Ámsterdam, Zúrich, Bruselas, Berlín, Londres, Moscú, Madrid, etc., y muchas ciudades de América Latina como Belo Horizonte, Recife, Cali, Barranquilla, Medellín, Ciudad de México, Santiago de Chile, Quito, etc., la movilidad sostenible es un aspecto relevante de la planificación territorial (EFTE, 2019; Moscoso et al., 2019). La evidencia científica sugiere que las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O, en comparación a los niveles pre industriales han aumentado en un 149%, 262% y 123%, respectivamente, debido entre otras causas al tipo de movilidad insostenible que ha predominado a través del uso indiscriminado de automóviles (OMM, 2021; Péres et al., 2018). Esto ha afectado a la calidad de vida de las personas y ha resaltado la necesidad por las alternativas de movilidad sostenible para mitigar los impactos socio ambientales provocados por el transporte terrestre.

De acuerdo al informe europeo de transporte y ambiente realizado por la EFTE (2019), los Países Bajos, Reino Unido, España, Dinamarca, Francia, Luxemburgo, Irlanda, Portugal, Polonia y Estonia, fueron los países que conformaron el ranking de las diez mejores naciones con movilidad sostenible durante el año 2019. Esto les ha permitido gozar de una excelente calidad de vida asociada a un transporte público eficiente, adecuada seguridad vial, buena calidad de aire, una reconocida gestión de movilidad y ahorro de emisiones de GEI (EFTE, 2019). Cabe indicar que, dicho reconocimiento fue gracias al mejoramiento del transporte público, promoción de biocombustibles para los vehículos, uso de vehículos eléctricos y sobre todo el fomento del transporte activo

(Suárez et al., 2016). De este modo se evidencia que la movilidad sostenible discrimina positivamente el transporte público, prioriza la accesibilidad y autonomía en el transporte, promueve la participación del peatón como protagonista del espacio público y busca una mejor eficiencia energética, con la finalidad de alcanzar ciudades más sostenibles que brinden un adecuado ambiente a la población y sean más inclusivas (Poole, 2017).

Hybel y Mulalic (2019) establecen que el transporte es un aspecto sustancial dentro de los indicadores de desarrollo de una región y resaltan que tiene una relación directa con la calidad de vida de las personas en dicha zona. Othman y Ali (2020) indican que, se debe diversificar la matriz de movilización, enfatizando en las alternativas sostenibles para descentralizar las políticas públicas de transporte orientadas a los vehículos motorizados. Con esto se podría minimizar las externalidades negativas que se generan por el uso indiscriminado de los automóviles (Othman y Ali, 2020), y se puede aportar según el indicador desarrollado por Hybel y Mulalic (2022) con un 10% al mejoramiento de la calidad de vida y consecuentemente al desarrollo local.

Entre las alternativas de movilidad sostenible sobresale una medida que se ha ganado una acogida significativa en los últimos años, debido a su sencillez, accesibilidad, sostenibilidad, aplicación y potencial para minimizar el uso de vehículos motorizados y reducir la emisión de GEI (Vélez, 2021). Dicha medida es el transporte activo que contempla al uso de la bicicleta y a los viajes a pie, como principales modelos de movilización. Esta alternativa contribuye también a mejorar la salud de los usuarios y conlleva otros co-beneficios (Glazener y Khreis, 2020). Ciudades como Barcelona, Londres, Örebro, Amberes, Roma, Zúrich y Viena, forman parte del grupo que dentro de su matriz de movilización fomentan las alternativas sostenibles de transporte (Brand et al., 2021a). Sin embargo, se diferencian entre ellas porque algunas de estas ciudades priorizan más al transporte activo que otras; tal es el caso de Barcelona, Zúrich y Viena que debido a dicha preferencia registran una emisión de GEI per cápita al día de tan solo 2.47 Kg CO_{2-eq} a 2.65 Kg CO_{2-eq}, frente a valores que oscilan entre 3.93 Kg CO_{2-eq} y 4.56 Kg CO_{2-eq} emitidos por el resto de ciudades que tienen un alto índice de movilidad sostenible (Brand et al., 2021b).

Esto permiten entender el porqué del realce al transporte activo y deja en evidencia el impacto que tiene la movilidad sostenible, sobre todo en la reducción de GEI que se vincula al microclima y calidad de vida de la zona, y también al desarrollo de una ciudad o región.

2.2.1. La bicicleta como alternativa de transporte activo

Esta opción de movilidad sostenible, ha experimentado en los últimos años un impulso significativo, a raíz del creciente interés social por minimizar la emisión de GEI del sub sector transporte terrestre (Luo et al., 2020). Además, la eliminación del subsidio a los combustibles, el nivel de obesidad de la población y la emergencia sanitaria derivada del COVID-19, han contribuido a fortalecer el uso de la bicicleta como una alternativa apropiada y necesaria para la nueva realidad social (Glazener y Khreis, 2020; Gravett y Mundaca, 2021). Varios países europeos desde hace varias décadas, han reforzado la aplicación de la bicicleta como alternativa de transporte activo, entre los cuales resalta Países Bajos; por otras parte, en el caso de Latinoamérica vale resaltar el proyecto pionero realizado en Colombia, el cual contemplaba una infraestructura ciclística novedosa para el año 1974 (Bruno et al., 2021; Oleas y Albornoz, 2016).

Países Bajos es el referente mundial en cuanto a la implementación del uso de la bicicleta, lo cual es apreciable en el valor per cápita de esta alternativa, que es semejante a 1.35 bicicletas por persona, por lo que, muchos académicos consideran que las políticas e infraestructuras ciclistas actuales de este país, son un modelo para otras naciones que experimentan las problemáticas vinculadas al transporte motorizado y que buscan aumentar las tasas de ciclismo como parte de una transición hacia sistemas de transporte activo que promuevan la movilidad sostenible (Harms et al., 2016). En este país históricamente siempre ha existido una buena acogida para esta alternativa de movilidad activa, sin embargo, durante los años 1950 y 1970, el uso de la bicicleta disminuyó debido al auge del automóvil, lo cual conllevó varios problemas e inconvenientes para sus ciudades y habitantes, haciendo que en los años posteriores a través actividades ciudadanas, voluntad política y participación de empresas privadas, se prioricen los viajes en bicicleta dejando en segundo plano a los vehículos motorizados (Bruno et al., 2021).

Actualmente Países Bajos cuenta con 23 millones de bicicletas para un población de 17 millones de personas y posee más de 37000 kilómetros (km) de ciclovías, ocasionando que alrededor del 40% de los km recorridos en las ciudades sean a través de la bicicleta y permitiendo que en promedio el 23 % de los viajes de cualquier distancia se realicen a través de la misma alternativa (Hoed y Jarvis, 2021). Esto sin duda ha contribuido para que el país se encuentre entre las tres primeras naciones a escala mundial con mejor índice de calidad de vida, pues el ciclismo representó beneficios para la salud, la habitabilidad, el bienestar y el ambiente (Gonzalo et al., 2014; Kampen et al., 2021).

En Latinoamérica el caso de las ciclovías en Colombia fue de los primeros proyectos de la región que impulsaba el uso de la bicicleta como medio de transporte, especialmente en la ciudad de Bogotá (Oleas y Albornoz, 2016). Hoy en día muchos otros países como Chile, Argentina, Brasil, Bolivia, Ecuador etc., se han sumado a promover el transporte activo a través de la bicicleta. Sin embargo, Colombia sobresale de entre todos ya que con respecto a la extensión territorial de cada nación, posee más km de infraestructura vial que potencian su conexión territorial, los cuales representan 441.5 km de ciclovías que conectan y se distribuyen a los distritos de Bogotá, Medellín, el municipio de Pereira y la ciudad de Cali, en 392 km, 26.9 km, 3.4 km y 19.2 km, respectivamente (Oleas y Albornoz, 2016; Ríos et al., 2015). No obstante, el porcentaje de viajes en bicicleta en distintas ciudades de Latinoamérica no es proporcional a los km de infraestructura ciclista que poseen, pues en el caso de Bogotá y Sao Paulo, pese a tener 392 km y 270.7 km para transporte activo mediante la bicicleta, solo un 5% y 1% de los viajes, respectivamente, son realizados a través esta alternativa (Ríos et al., 2015). En general, en la región sudamericana el uso de la bicicleta como medio de transporte solo se utiliza para el 2.16% de las movilizaciones (Ríos et al., 2015).

2.3. Reducción de GEI por movilidad sostenible en Ecuador

La movilidad sostenible se constituye como la principal alternativa para reducir la emisión de GEI proveniente del transporte terrestre (Benavides y León, 2007). De acuerdo a Rivera et al. (2020), para el año 2035 en el Ecuador la emisión de estos gases en términos de Mt CO₂-eq será de 543.70. No obstante, al aplicar medidas relacionadas con la movilidad

sostenible, se proyecta un estimado de emisión de los GEI semejante a 479.05 Mt CO₂-eq, es decir, se reduciría el aporte antrópico en un 13.49% que representa 64.65 Mt CO₂-eq (Rivera et al., 2020; Sánchez, 2020). Esta potencial reducción de GEI en el transporte terrestre, como consecuencia de aplicar medidas de movilidad sostenible, se debe a la disminución de las emisiones acumuladas por la combustión de gas licuado de petróleo (GLP), gas natural comprimido (GNC) y gas natural licuado (GNL), constituyendo un escenario muy prometedor en cuanto a efectos positivos para minimizar las externalidades negativas derivadas del uso indiscriminado de vehículos automotores terrestres (Flores et al., 2017; Rivera et al., 2020).

2.3.1. Reducción de GEI por el uso de la bicicleta

Todo proyecto, obra o actividad tiene repercusiones sobre el ambiente y el caso del uso de la bicicleta no es la excepción, pues el principal aspecto ambiental que genera como alternativa de movilidad urbana sostenible activa, es el ahorro de emisión de GEI a la atmósfera. Según las estimaciones europeas de emisión de CO₂-eq del ciclo de vida descritas por Weiss et al. (2015), las bicicletas emiten 5 g CO₂-eq, las bicicletas eléctricas emiten 25 g CO₂-eq, los autobuses emiten 110 g CO₂-eq y los automóviles emiten 240 g CO₂-eq por cada kilómetro recorrido por una persona. Ese ahorro de 235 g CO₂-eq que se derivaría de reemplazar el uso de vehículos motorizados por el uso de la bicicleta como medio de transporte, representa un gran potencial para reducir la emisión de gases a la atmósfera, haciendo que las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O puedan ser cada vez menor (McQueen et al., 2020).

De acuerdo con la EEA (2021), la emisión de GEI disminuyó en la mayoría de los sectores económicos desde 1990 a 2017, con la excepción del transporte; por lo que muchos investigadores han desarrollado estudios enfocados a determinar la reducción de GEI que se alcanzaría con el uso de la bicicleta. Dentro de ese contexto en algunas ciudades europeas como Barcelona, Roma, Zúrich y Viena, se ha evidenciado que un viaje al día en bicicleta sumado a evitar un viaje diario en automóvil, representa una reducción de GEI del sector transporte de 67%, lo cual en términos físicos es una disminución al día por persona de 3.2 kg CO₂-eq (Brand et al., 2021b). En la ciudad de Los Ángeles, el uso de una

bicicleta convencional puede conllevar una reducción de GEI anual promedio equivalente a 0.07 t CO₂-eq, y en Seattle la inclusión de un nuevo ciclista al sistema de transporte significa un ahorro de 0.09 t CO₂-eq anuales (Kou et al., 2020). Así también, en las ciudades colombianas se ha evidenciado que el potencial de esta medida para reducir la emisión de GEI por cada viaje es de 92 g CO₂-eq (Espinosa et al., 2018). Algo parecido sucede en Shanghái, donde la bicicleta propone una carencia de emisiones al año de 117 kt CO₂-eq (Li et al., 2021). En Washington esta alternativa puede decrecer las emisiones de CO₂-eq en aproximadamente 522.10 g por viaje, y en Nueva York con un total de 10262649 viajes realizados en bicicleta, se ha estimado una disminución anual de 5416.68 t CO₂-eq (Kou et al., 2020). Cabe indicar que, el sistema Eco-bici de la ciudad de México proporciona una disminución de aproximadamente 200 t CO₂-eq al año, y en Santiago de Chile un aproximado de 4 millones de minutos pedaleando, proporcionó durante el año 2021 una reducción de 45 t CO₂-eq (Tiznado-Aitken et al., 2021).

En los casos anteriormente indicados el nivel de aceptación social por la bicicleta como medio de transporte y no solo como artículo de recreación, se muestra altamente relevante (Gartor, 2015). De esto depende el desplazamiento de usuarios hacia dicha alternativa de transporte activo, pues los resultados en cuanto a la reducción de emisiones de GEI, se vinculan directamente con el número de ciclistas, rutas de viaje, incentivos sociales y garantía de seguridad (Ríos et al., 2015).

2.4. Factores ambientales influenciados por el uso de la bicicleta

Los factores ambientales que se ven directamente influenciados por el uso de la bicicleta, son aquellos que se derivan del componente aire, paisaje, recreación y humano (Gravett y Mundaca, 2021; Jakovcevic et al., 2016; Li et al., 2021), pues dicha medida de movilidad urbana sostenible se interrelaciona con el medio físico, perceptual y socio-económico cultural que componen el ambiente (Conesa, 2010) y mantiene una relación indirecta con el medio biótico. Hay que considerar que, al desarrollar un proyecto, obra o actividad los factores ambientales siempre se verán alterados de forma positiva o negativa, pues son los elementos intrínsecos del ambiente susceptibles de experimentar interacciones con la dinámica antrópica (Conesa, 2010; García et al., 2018).

Los factores del medio físico como la calidad del aire, nivel de ruido, micro clima, material particulado, emisión de GEI, nivel de oxígeno, entre otros y los factores del medio socio-económico cultural como la calidad de vida, salud, seguridad ante accidentes, integración social y conflictividad, son los más importantes en relación al uso de la bicicleta, pues poseen una mayor susceptibilidad de ser alterados por esta actividad (Jakovcevic et al., 2016; Lozano, 2018) y por lo tanto su interpretación trasciende a expresar los efectos de esta alternativa. Estos factores son aquellos elementos en los que se desglosan los componentes ambientales, los cuales a su vez forman parte de los subsistemas, sistemas y el entorno, interviniendo directa o indirectamente con el desarrollo del uso de la bicicleta (García et al., 2018).

Glazener y Khreis (2020), Hoed y Jarvis (2021) y Jakovcevic et al. (2016), indican que los factores ambientales siempre se verán influenciados positivamente por el uso de la bicicleta, lo cual trae consigo impactos ambientales positivos que se desarrollarán en cadena, mejorando en primer lugar el factor concerniente a la emisión de GEI, seguido de la calidad de aire y nivel de ruido e influenciando a los factores del medio socio-económico cultural como la calidad de vida, salud y seguridad, lo cual contribuye al desarrollo sostenible de la población.

2.4.1. Co-beneficios del uso de la bicicleta

Esta medida actualmente es muy popularizada debido a que su aplicación no solo es significativa para el ambiente en cuanto al ahorro de emisiones, sino que también conlleva múltiples co-beneficios para sus usuarios y para la ciudad donde se ejecuta, los cuales mejoran la calidad de vida (Hoed y Jarvis, 2021). Dentro de estos se puede mencionar a los co-beneficios ambientales y los sociales (Gonzalo et al., 2014). En el primero se incluye: una menor contaminación del aire, reducción del ruido urbano, deceso de la mortalidad animal, diversificación de la matriz energética, minimización de la contaminación del suelo y desuso de recursos naturales no renovables (Gonzalo et al., 2014; Hong, 2018). Por otra parte, en el aspecto social resaltan los siguientes: mejoramiento de la salud de los usuarios, ahorro económico en transporte, reducción de la congestión vehicular, minimización del estrés por ruido, mayor rapidez de movilidad,

reducción del sedentarismo, mejoramiento del confort personal, control horario efectivo, mejoramiento de la seguridad vial para peatones, reducción de accidentes automovilísticos, recuperación del espacio público, promoción del respeto hacia el peatón y ciclista, fortalecimiento del paisaje urbano y mejoramiento de la convivencia social (Jakovcevic et al., 2016; Ríos et al., 2015; Vélez, 2021).

En encuestas realizadas a potenciales usuarios de la bicicleta en Latinoamérica, se indicó que los beneficios por los que estarían dispuestos a priorizar esta alternativa, son en primer lugar la rapidez para trasladarse de un sitio a otro, pues la bicicleta no es sensible a la congestión vehicular de las ciudades, seguido del ahorro económico que representa no utilizar un medio de transporte público, y finalmente el control de horario, pues es una medida que estará siempre disponible para movilizarse (Jakovcevic et al., 2016). No obstante, Hong (2018) señala que una de las principales razones por la que las personas deberían optar por la bicicleta como alternativa de movilización, es su aporte a la salud, pues representa una mayor actividad física en comparación a trasladarse mediante caminata, con lo cual se podría evitar 76 muertes prematuras al año por ciudad que se relacionan con un déficit de actividad física (Mueller et al., 2015).

Adicionalmente, la bicicleta presenta una mayor capacidad de reciclaje al término de su vida útil en comparación con los vehículos motorizados terrestres y no genera desechos peligrosos y/o especiales que requieran de algún tratamiento particular a través de un gestor calificado (Hong, 2018).

2.5. La bicicleta en Ecuador

En el territorio continental de Ecuador, 3 de cada 10 familias poseen dentro de su domicilio al menos una bicicleta, mientras que en las islas Galápagos 6 de cada 10 familias tienen una (INEC, 2016). Debido a esto, en la región insular el 16.15% de los viajes se realizan a través de esta medida sostenible de movilidad, lo cual consolida a las Islas Galápagos como la extensión territorial ecuatoriana que más usa la bicicleta como transporte (INEC, 2016). Las provincias de Santa Elena, Los Ríos, El Oro y Manabí completan el grupo que más se moviliza a través de esta alternativa, con un 4.44%, 4.32%,

4% y 2.8% de viajes realizados mediante bicicleta, respectivamente (INEC, 2016). Por otra parte, la quinta provincia que menos utiliza esta medida es Tungurahua con apenas 0.61% de viajes realizados, seguida de Pastaza con 0.60%, Esmeraldas con 0.54%, Pichincha con 0.45% y Bolívar con 0.20% (INEC, 2016, 2017a).

En 2016 la población ecuatoriana que empleaba la bicicleta para su movilización, tanto en sentido recreativo como a manera de transporte, correspondía a tan solo el 1.90% del total demográfico y en 2017 esta cifra descendió a 1.42% (INEC, 2017a). En este último año, las personas con edades entre los 5 años a 14 años representaron el 42% del total de usuarios de la bicicleta, la población cuya edad comprendió los 15 años a 24 años fue el 21.08%, seguido de las personas entre los 25 años a 34 años que correspondieron con el 12.83%, y finalmente los hombres y mujeres entre 35 años a 44 años, 45 años a 64 años y más de 65 años, representaron el 11.27%, 12.14% y 2.26% de usuarios de la bicicleta, respectivamente (INEC, 2017b).

Oleas y Albornoz (2016) y Remache et al. (2017) indican que, la baja aplicación de esta medida de transporte se debe a que, en Ecuador el uso de la bicicleta no ha sido propagado más allá del aspecto recreativo. Sin embargo, a raíz de la emergencia sanitaria derivada del COVID-19, en el Ecuador el uso generalizado de la bicicleta como alternativa de transporte activo para la movilidad, experimentó un auge del 700% (Vélez, 2021). Aquello promovió la acelerada expansión de los 100 km de ciclovías que existen actualmente en el país (Ríos et al., 2015; Vélez, 2021). Esto plantea un panorama alentador para el transporte sostenible en el Ecuador a través del uso de la bicicleta, pues se favorece a una posible modificación de los patrones de movilidad urbana de las personas (Shan et al., 2021). Cabe indicar que, según encuestas del INEC (2017a) los ecuatorianos no optaban anteriormente por esta alternativa de transporte activo, debido al gran riesgo que ha representado trasladarse en las ciudades de un lugar a otro a través de la bicicleta, pues el riesgo inminente de un probable accidente o irrespetos automovilísticos, es un factor social muy marcado en el país.

2.5.1. Transporte activo aplicado en la parroquia La Matriz

En la parroquia urbana La Matriz de la ciudad de Ambato se ejecutó el Plan Piloto “Ambato en Bici y a Pie”, desde el 20 de febrero de 2021 hasta 6 de marzo del mismo año (GADMA, 2021a). Dicho experimento fue parte del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Ambato (PMUSA), y se constituyó como una ruta alternativa para el transporte de la población mediante el uso de la bicicleta y los viajes a pie, contando con 9 manzanas de intervención que representaron 2 km en bici y 1 km a pie (GADMA, 2021a). Esta medida piloto tuvo la finalidad de promover en los ciudadanos el uso de la bicicleta como alternativa de transporte, debido a los numerosos beneficios ambientales y sociales que brinda (GADMA, 2021b).

Dentro de la planificación territorial urbana del cantón está contemplado llevar a cabo el PMUSA a través de 3 fases de intervención que son a corto plazo, mediano plazo y largo plazo (GADMA, 2021b). Para finales del año 2022 se prevé establecer 11.9 km de ciclovías, para el año 2025 se busca añadir 21.6 km en rutas ciclistas y para el año 2030 se incrementarán 50.73 km de infraestructura para bicicletas (GADMA, 2021b), por lo cual es indispensable el apoyo de la ciudadanía. Este proyecto de transporte activo ha sido desarrollado desde el año 2019, pero a raíz de la pandemia derivada del COVID-19, se convirtió en una respuesta necesaria para las restricciones sociales establecidas, donde el contacto físico debió reducirse para evitar contagios en el transporte público (GADMA, 2021b; OPS, 2020).

El sitio elegido para la ejecución del Plan Piloto “Ambato en Bici y a Pie”, comprendió varios sectores de la parroquia La Matriz, debido a que esta zona constituye el hiper centro de la cabecera cantonal de Ambato y concentra la mayor cantidad de equipamientos urbanos públicos y privados, por lo que posee problemáticas ambientales significativas en cuanto al transporte y tráfico vehicular motorizado, que generan ingentes cantidades de GEI (GADMA, 2021d). Con base en aquello, el PMUSA como proyecto para fomentar el transporte activo, pretende alcanzar buenos resultados a través de sus 3 fases de intervención, ya que la movilidad sostenible obtuvo un gran auge a raíz de la pandemia del año 2020 (Vélez, 2021).

Según datos del GADMA (2021b), el 91% del transporte en el hiper centro de la ciudad se realizaba a través de vehículos motorizados terrestres en el año 2019. Esto cambio drásticamente a raíz de la pandemia y mediante la implementación del Plan Piloto “Ambato en Bici y a Pie”. En el año 2021, solo el 66% de la población indicó que continuaría usando vehículos automotores para transportarse y un significativo 34% indicó que optará por alternativas no motorizadas de movilización como la bicicleta y los viajes a pie (GADMA, 2021b). BID et al. (2017) y Oleas y Albornoz (2016) señalan que, para fortalecer estas medidas, es importante mejorar la seguridad de los ciclistas y separar las ciclovías de las carreteras.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

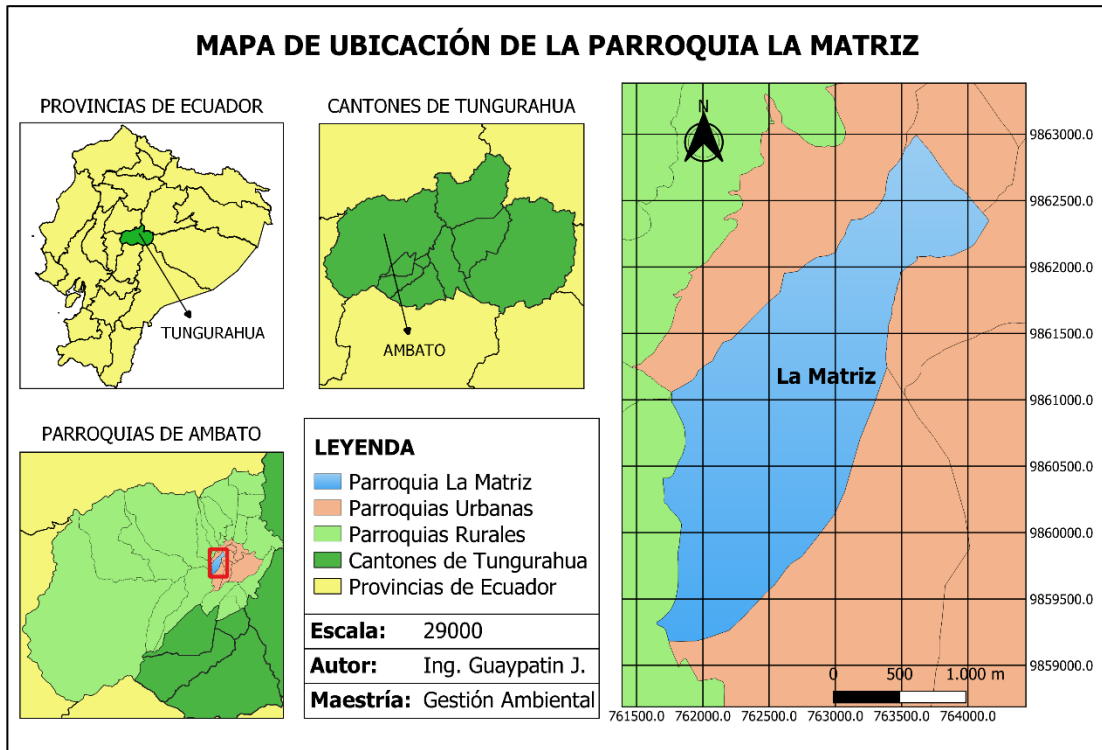
3.1. Ubicación

El sitio de investigación del presente trabajo fue la parroquia La Matriz, la cual es una de las nueve parroquias urbanas que posee el cantón Ambato y que está limitada al norte por la parroquia Atocha-Ficoa y San Francisco, al sur por la parroquia Huachi Chico y por la parroquia rural Santa Rosa, al este por la parroquia Huachi Loreto y Huachi Chico, y al oeste por la parroquia Atocha-Ficoa y por las parroquias rurales Santa Rosa y Quisapincha (GADMA, 2020). La temperatura media de la zona oscila entre 12 °C y 16 °C, tiene una precipitación media anual inferior a 600 mm, la categoría del uso de suelo de la parroquia es urbana, el promedio de material particulado es semejante a 25.47 ug m⁻³, el nivel de ruido oscila entre los 78 dB (LKeq) y 94 dB (LKeq) y tiene una pendiente media de 12% considerada como plana o muy suave (GADMA, 2018).

La parroquia La Matriz se constituye como uno de los sectores urbanos más importantes de la ciudad capital de Tungurahua, debido a que alberga diversas entidades públicas como la Municipalidad de Ambato, Prefectura de Tungurahua, Gobernación de Tungurahua, Oficina Técnica Ambato del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), etc., además, cuenta con una extensión superficial de 338.72 hectáreas (ha) (GADMA, 2018) que representan el 0.33% del total de superficie del cantón Ambato y el 7.3% del área total de la cabecera cantonal, las cuales tienen una superficie de 101833 ha y 4653.076 ha respectivamente (GADMA, 2020; HGPT, 2019). No obstante, pese a su pequeño tamaño es un centro de confluencia masivo para los vehículos motorizados terrestres, cuenta con una densidad poblacional semejante a 32.78 habitantes (hab) por ha y la principal actividad económica de la zona son las ventas minoritas, servicios financiero, entretenimiento y restaurantes (GADMA, 2018).

Figura 1

Ubicación de la parroquia La Matriz.



Nota: Adaptado de *División Parroquial*, de GADMA, 2020.

3.2. Equipos y materiales

Debido a la naturaleza de la investigación, se emplearon los siguientes insumos:

Tabla 1

Equipos y/o herramientas utilizadas para el trabajo investigativo.

Equipos y/o herramientas	Cantidad
Laptop Toshiba Cori i5	1
Impresora	1
Cronómetro	1

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2

Programas utilizados para el trabajo investigativo.

Programas	Cantidad
Microsoft Excel	1
Software Origin	1

Nota: Elaboración propia.

3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente trabajo fue mixto, pues se empleó la naturaleza de la investigación documental y de la investigación de campo. La investigación documental fue aplicada para conocer la metodología de cuantificación de GEI, evaluación de impacto ambiental y para realizar un diagnóstico ambiental y contrastar los datos obtenidos (Conesa, 2010; EMOV-EP, 2016; Gravett y Mundaca, 2021). Por otra parte, la investigación de campo se ejecutó durante el levantamiento de información del número de automóviles que transitan por la parroquia La Matriz y durante la aplicación de la encuesta para conocer la aceptación actual, potencial y pertinencia del uso de la bicicleta (Díaz-Narváez y Calzadilla, 2016; Rojas, 2015).

3.4. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

La implementación del uso de la bicicleta como medio de transporte para la movilidad urbana sostenible, tendría un impacto positivo en la reducción de GEI por transporte en la parroquia La Matriz de la ciudad de Ambato, ya que es una alternativa que además conlleva múltiples beneficios ambientales y sociales.

3.5. Metodología

3.5.1. Objetivo 1: Diagnóstico de la emisión de GEI proveniente del tránsito vehicular en la zona de estudio

3.5.1.1. Análisis situacional de los GEI por transporte en la parroquia La Matriz

Para el diagnóstico de la emisión de GEI por el transporte motorizado terrestre en la parroquia La Matriz de la ciudad de Ambato, se realizó un análisis situacional considerando conclusiones técnicas extraídas de diversas investigaciones, donde se analizó las emisiones de CO₂-eq diarias per capital estimadas para el transporte privado y

para el transporte público (Brand et al., 2021b; Li et al., 2021; Reichert et al., 2016). Además, se utilizó información sobre tráfico vehicular en la zona de estudio (Ruiz et al., 2019), las preocupaciones administrativas por la congestión vehicular en la cabecera cantonal de Ambato (GADMA, 2021d), las alternativas propuestas y las medidas implementadas para remediar las problemáticas ambientales que se derivan del uso indiscriminado de vehículos motorizados terrestres (GADMA, 2021b, 2021c; TUMI, 2021); y el potencial de aplicación que tiene el uso de la bicicleta en el hiper centro de la ciudad para reducir la emisión de GEI (Brand et al., 2021a; Espinosa et al., 2018; Kou et al., 2020; Li et al., 2021; Tao y Zhou, 2021; TUMI, 2021).

3.5.1.2. Ejemplificación de estimación de emisiones de GEI en la parroquia La Matriz

Como parte del diagnóstico se realizó una ejemplificación del cálculo de emisiones de GEI por transporte en la zona de estudio, para lo cual se consideraron los siguientes supuestos establecidos por el autor: 1) todos los vehículos que transitan por la parroquia La Matriz son automóviles, pues de acuerdo al INEC (2021) cerca del 40% de automotores son de esta clase; 2) todos los vehículos cuantificados han recorrido por lo menos 1 km dentro de la parroquia, debido a la ubicación considerada; 3) el flujo vehicular que se experimenta en la zona desde las 09h00 hasta las 10h00 es muy representativo, lo cual se basa en el estudio de Ruiz et al. (2019), en percepciones empíricas y por motivos logísticos; 4) la Av. Pedro Fermín Cevallos y Quito ejemplifica la dinámica automotriz de la zona de estudio, pues según Ruiz et al. (2019) es una intersección con mucha congestión vehicular; y, 5) el 98% de los automóviles utiliza gasolina y el 2% restante consume diésel, lo cual se basa en datos del INEC (2021).

3.5.1.2.1. Cuantificación de los vehículos

Con base en lo descrito en el numeral 5.1.2., se cuantificó el número de vehículos de categoría “automóvil” que transitaron por un punto de la parroquia durante la hora pico comprendida entre las 09h00 y 10h00, por un lapso de n días basado en las medidas de dispersión de los datos. Esto fue debido a la falta de información oficial para un lugar muy

puntual como lo es la parroquia La Matriz de la ciudad de Ambato. El sitio considerado estuvo en la intersección de la Av. Pedro Fermín Cevallos y Quito, cuyas coordenadas son X: 763801 y Y: 9862383, debido a que es una zona relevante del hiper centro, que ejemplifica de buena forma la dinámica automotriz de la parroquia.

3.5.1.2.2. Análisis de dispersión de los datos obtenidos

Fue necesario analizar la dispersión de los datos obtenidos (cantidad de automóviles) durante la cuantificación in situ que se realizó, y determinar así el número de días apropiado para cuantificar la emisión de GEI por transporte terrestre en la parroquia La Matriz. Esto se ejecutó a manera de un ejercicio de ejemplificación. Para ello, se empleó las medidas de dispersión de varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (Devore, 2008; Martínez, 2011; Rodríguez, 2007; Walpole et al., 2012). Cabe indicar que, los cálculos se realizaron considerando las fórmulas muestrales debido a que se intervino en una zona representativa y no en toda la zona de estudio.

Las fórmulas de la media muestral, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación, respectivamente, se presentan a continuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{h=1}^k x_h}{k} \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{h=1}^k (x_h - \bar{x})^2}{k - 1} \quad (2)$$

$$S = +\sqrt{S^2} \quad (3)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (4)$$

Donde:

\bar{x} = media muestral del número de vehículos automóviles;

h = día de intervención;

k = total de días de intervención;

x = número de vehículos automóviles;

x_h = número de vehículos automóviles en un día determinado h ;

S^2 = varianza muestral;

S = desviación estándar muestral del número de vehículos automóviles x ;

CV = coeficiente de variación de la muestra.

3.5.1.2.3. Cálculo de emisiones de GEI por transporte para la ejemplificación

La estimación de GEI se fundamentó en el reporte técnico realizado por EMOV-EP (2016), el cual a su vez toma las directrices establecidas por el IPCC (2006), y define la siguiente ecuación para los gases CO_2 , CH_4 y N_2O .

$$E_r^i = \frac{\left[0.00378 \times \frac{Nveh}{CC_r^j} \times \rho_c \times \varphi_c \times FE_j^i \right]}{10^9} \quad (5)$$

Donde:

r = tipo o clase de vehículo.

i = gas de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , N_2O).

E_r^i = emisiones estimadas de GEI según el tipo de vehículo r , ($t CO_{2-eq} a^{-1}$).

$Nveh$ = número de vehículos según el tipo o clase r .

CC_r^j = consumo de combustible por tipo de combustible j y por distancia recorrida de los distintos tipos de vehículos r , ($gal km^{-1}$).

ρ_c = densidad del combustible, ($kg m^{-3}$).

φ_c = poder calorífico inferior del combustible, ($TJ Gg^{-1}$).

FE_j^i = factor de emisión del gas de efecto invernadero i por tipo de combustible j , ($Kg TJ^{-1}$).

Los valores de consumo de combustible por tipo de vehículo y clase de combustible, que se utilizaron para realizar la estimación de emisiones de GEI, provienen del trabajo realizado por Cevallos (2015), donde se establece la intensidad de consumo y rendimiento del diésel y gasolina. Además, se empleó la guía de consumo de combustible de Government of Canada (2021) para aquellos datos no contemplados en el trabajo anterior. Los datos se resumen a continuación.

Tabla 3*Consumo de combustible de los automóviles.*

Tipo de vehículo	Consumo de combustible ($L Km^{-1}$)	
	Diésel	Gasolina
Automóvil	0.08 ^a	0.113 ^b

Nota: ^aCevallos (2015) y ^bGovernment of Canada (2021).

El dato de referencia para la densidad de los combustibles diésel y gasolina, se obtuvo del trabajo de Aguilar et al. (2016). En el siguiente cuadro se resumen los valores considerados para los dos tipos de combustibles.

Tabla 4*Densidad de los combustibles.*

Tipo de Combustible	Densidad ($Kg m^{-3}$)
Diésel	856.6
Gasolina	746.6

Nota: Aguilar et al. (2016).

El valor del poder calorífico inferior de los principales combustibles utilizados en Ecuador, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5*Poder calorífico inferior de los combustibles.*

Tipo de Combustible	Poder calorífico Inferior (PCI) ($TJ Gg^{-1}$ ó $MJ Kg^{-1}$)
Diesel	43.1 ^a
Gasolina	44.0 ^b

Nota: ^aEP-PETROECUADOR (2014) y ^bGómez y Vargas (2017).

Para el factor de emisión de los distintos GEI según el tipo de combustible, se utilizó los valores por defecto establecidos en la guía metodológica del IPCC (2006), los cuales se detallan a continuación.

Tabla 6

Factor de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O.

Tipo de combustible	Factor de emisión por defecto del transporte terrestre ($Kg TJ^{-1}$)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Diesel	74100	3.9	3.9
Gasolina	69300	33	3.2

Nota: IPCC (2006).

3.5.2. Objetivo 2: Evaluación de Impacto Ambiental del uso de la bicicleta en la parroquia La Matriz

3.5.2.1. Bases para la selección de la metodología de evaluación

Para evaluar el impacto ambiental del uso de la bicicleta y los co-beneficios que se derivan de esta medida, se empleó la Matriz de Importancia establecida por Conesa (2010). Esta matriz ha mostrado buenos resultados en la interpretación de la significancia del impacto ambiental, y su aplicación en la evaluación de proyectos de infraestructura, especialmente viales y sus semejantes, es muy recurrente en los países latinoamericanos (Viloria et al., 2018). Por ejemplo en Colombia, de acuerdo con Soto et al. (2018) el 67% de los proyectos viales acuden a este método matricial para la evaluación de sus impactos ambientales. Viloria et al. (2018) por su parte indica que, la matriz de importancia aplicada a proyectos de desarrollo vial, dentro de lo cual cabe contemplar el transporte activo, es una metodología Ad-Hoc. Esta matriz otorga valores ponderados a las cualidades de una posible interacción identificada entre los elementos ambientales o factores ambientales y las acciones de un proyecto, obra o actividad con potencial de generar aspectos, efecto e impactos ambientales (Conesa, 2010).

Cabe indicar que, tras las múltiples aportaciones y revisiones a la matriz de importancia durante varios años, el modelo contempla una adecuación conceptual apropiada, lo cual sumado a la desagregación de importancias, la convierten en la alternativa de evaluación más fiable, objetiva y proporcional (Conesa, 2010; Vilorio et al., 2018). Esto resulta notable al evaluar dinámicas de transporte convencional y transporte activo a través de la bicicleta, pues al no tener impactos focalizados debido a la naturaleza cambiante e interactiva del sector transporte, la matriz de importancia permite analizar cada término de forma particular y según su significancia, siendo más proactiva que reactiva en comparación con otros modelos (Soria y Valenzuela, 2015) y alcanzando un nuevo nivel de interpretación.

3.5.2.2. Esquema de la matriz de importancia

La matriz de importancia como método de evaluación propuesta por Conesa (2010), está compuesta por acciones ubicada en las columnas y los factores ambientales dispuestos en las filas, entre los cuales según los conceptos previamente indicados de Signo (+/-), Intensidad (In), Extensión (Ex), Momento (Mo), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR) y Recuperabilidad (MC), se establecerá una cuantificación referente a su influencia ambiental.

Tabla 7

Esquema de la matriz de importancia.

		Actividades antrópicas		Acciones		
				A1	A2	Ai
Medio	Componente	Factor 1 (F ₁)	"+/-"11	In11	I ₂₁	I _{i1}
			EX11	MO11		
PE11	RV11					
MC11	SI11					
AC11	EF11					
PR11	I11					
F ₂	I ₁₂		I ₂₂	I _{i2}		
F _j	I _{1j}	I _{2j}	I _{ij}			

Nota: Conesa (2010).

3.5.2.3. Desarrollo de la matriz de importancia

La metodología que se empleó para evaluar el impacto ambiental que tienen las diferentes alternativas de movilidad convencional, sostenible y sus respectivas consecuencias en la parroquia La Matriz, fue propuesta por Conesa (2010) y sigue las pautas que se indican a continuación para elaborar la matriz final de la importancia del impacto:

3.5.2.3.1. Definición de las actividades con potencial impacto a ser evaluadas

Considerando la finalidad del presente trabajo y las investigaciones de Hong (2018) y Jakovcevic et al. (2016), se definieron las siguientes actividades de primer orden y segundo orden, que representan acciones y co-beneficios, respectivamente, vinculadas a la movilización convencional y transporte sostenible:

Tabla 8

Acciones de primer orden y segundo orden vinculadas al transporte.

Código	Acciones de primer orden
a	Uso de vehículos motorizados
b	Uso de la bicicleta
Acciones de segundo orden vinculadas a vehículos motorizados^a	
a.1	Emisiones de gases traza
a.2	Emisión de ruido automotriz
a.3	Generación de desechos peligrosos y/o especiales
a.4	Degradación paisajística
Acciones de segundo orden vinculadas a la bicicleta / co-beneficios^b	
b.1	Mejoramiento de la calidad de aire
b.2	Mejoramiento de la salud individual
b.3	Minimización del ruido urbano
b.4	Reducción de accidentes de tránsito

Nota: Elaboración propia a partir de ^aJakovcevic et al. (2016) y ^bHong (2018).

3.5.2.3.2. Identificación del medio, componente y factor ambiental que puede verse afectado por las acciones de primer y segundo orden establecidas

De acuerdo con los estudios de Gravett y Mundaca (2021), Jakovcevic et al. (2016) y Li et al. (2021), los componentes aire y paisaje que forman parte del medio físico y los componentes recreación y humano que se encuentran dentro del medio socio económico y cultural, son los más influenciados por el transporte y sus actividades. Por otra parte, Flores et al. (2017), Gonzalo et al. (2014), Moscoso et al. (2019) y Suárez et al. (2016), indican que el uso de la bicicleta aporta a mejorar el paisaje, cultura social y recreación de la ciudadanía, definiéndose como factores ambientales a los siguientes:

Tabla 9

Identificación de factores ambientales influenciados por el transporte.

Medio	Componente	UIP	Factor Ambiental
Físico	Aire	60	Calidad del aire
			Emisiones de GEI
			Nivel de polvo
			Nivel de olor
			Nivel de ruido
	Paisaje	20	Clima
			Ecosistema aire
			Valor testimonial
			Calidad intrínseca
			Calidad extrínseca
Total medio físico			80
Socio económico y cultural	Recreativo	20	Cinegético
			Ocio y recreo
			Deportivo
			Turístico
	Cultural	30	Zonas verdes
			Factores educativo

		Estilo de vida
		Zona de confort
		Calidad de vida
Humano	30	Salud
		Relaciones Sociales
		Integración social
		Demografía
Población	50	Dinámica poblacional
		Estructura ocupacional
		Aceptación social de la actividad
		Total medio socio económico y cultura

Nota: Conesa (2010). El UIP hace referencia a Unidad de Impacto Ambiental y es un valor numérico asignado particularmente a cada componente ambiental.

3.5.2.3.3. Elaboración de una matriz de identificación de impactos.

En esta fase se definió la existencia o no de posibles interacciones que pueden tener las acciones de primer orden y segundo orden con los factores ambientales considerados. El esquema utilizado fue el siguiente:

Tabla 10

Esquema de identificación de posible impactos entre las acciones y los factores.

Ambiente		Actividades antrópicas	Acciones		
			A1	A2	Ai
Medio	Componente	F1	X	X	
		F2		X	X
		Fj	X	X	X

Nota: Conesa (2010).

3.5.2.3.4. Valoración cuantitativa de los impactos identificados

Para la valoración cuantitativa de los impactos identificados en la matriz de impactos, se consideró la siguiente tabla que resume los valores otorgados a los términos considerados para la estimación de la importancia del impacto.

Tabla 11

Resumen de los valores ponderados para cada término de la matriz.

NATURALEZA		INTENSIDAD (Grado de destrucción) *	
Criterio	Ponderación	Criterio	Ponderación
Impacto beneficiosos	“+”	Baja o mínima	1
		Media	2
Impacto perjudicial	“-“	Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (Área de influencia)		MOMENTO (Plazo de manifestación)	
Criterio	Ponderación	Criterio	Ponderación
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o extenso	4	Corto plazo	3
Total	8	Inmediato	4
Critico	(+4)	Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (Reconstrucción por medios naturales)	
Criterio	Ponderación	Criterio	Ponderación
Fugaz o efímero	1	Corto plazo	1
Momentáneo	1	Medio plazo	2
Temporal o transitorio	2	Largo plazo	3
Pertinaz o persistente	3	Irreversible	4
Permanente y constante	4		
SINERGIA (Potenciación de la manifestación) **		ACUMULACIÓN (Incremento progresivo)	
Criterio	Ponderación	Criterio	Ponderación
Sin sinergismo o simple	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulado	4
Muy sinérgico	4		
EFEECTO (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (Regularidad de la manifestación)	
Criterio	Ponderación	Criterio	Ponderación
Indirecto o secundario	1	Irregular (aperiódico y esporádico) ***	1
Directo o primario	4	Periódico o de regularidad intermitente	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Reconstrucción por medios humanos)			
Criterio		Ponderación	

Recuperable de manera inmediata	1
Recuperable a corto plazo	2
Recuperable a mediano plazo	3
Recuperable a largo plazo	4
Mitigable, sustituible y compensable	4
Irrecuperable	8

Nota: Conesa (2010). Cuando la acción causante del efecto tenga el atributo de beneficiosa, la Intensidad se referirá al Grado de Construcción, Regeneración o Recuperación del medio afectado; (**) Cuando la aparición del efecto como consecuencia de dos o más acciones no es potenciado sino que presenta un debilitamiento, la valoración tendrá signo negativo; (***) Cuando la manifestación de impactos irregulares es muy relevante, se podrá asignar valores superiores pudiendo ser 4.

3.5.2.3.5. Matriz de importancia depurada

La importancia del impacto vinculada a los medios de transporte convencional y sostenible compiló cada una de las ponderaciones realizadas anteriormente y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$I = \pm(3 IN + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) (3)$$

Donde:

I = impacto

IN = intensidad.

EX = extensión.

MO = momento.

PE = persistencia.

RV = reversibilidad.

SI = sinergia.

AC = acumulación.

EF = efecto.

PR = periodicidad.

MC = recuperabilidad.

3.5.2.3.6. Determinación del tipo de impacto

Luego de que se aplicó la fórmula que determina la importancia del impacto ambiental que tendrían las actividades de primer y segundo orden consideradas, se obtuvieron valores que oscilaron entre 13 y 100. Estos valores fueron comparados con la siguiente tabla que establece el tipo de impacto y su rango de importancia.

Tabla 12

Rango de calificación para los impactos evaluados.

Rango para impacto negativo	Tipo	Rango para impacto positivo
<25	Impacto irrelevante	<25
25 a 50	Impacto moderado	25 a 50
51 a 75	Impacto alto	51 a 75
>75	Impacto destacable	>75

Nota: Conesa (2010).

3.5.3. Objetivo 3: Determinación de la aceptación actual, potencial y pertinencia del uso de la bicicleta en la parroquia la Matriz

El cumplimiento de este objetivo se fundamentó en la ejecución de una encuesta, pues de acuerdo con Flores et al. (2017) y López y Fachelli (2015) es un excelente método de recolección de información preferencial. Los pasos que se llevaron a cabo fueron los siguientes:

3.5.3.1. Estimación de la población de la parroquia La Matriz para el año 2021

Para la estimación de la población que existe en la parroquia La Matriz hasta el año 2021, se consideraron los datos demográficos de la cabecera cantonal de Ambato, provistos por INEC (2001) e INEC (2010), los cuales se resumen a continuación:

Tabla 13

Histórico de crecimiento poblacional en la cabecera cantonal de Ambato.

Población estimada en los censos			Tasa de crecimiento anual	
1990	2001	2010	1990-2001	2001-2010
133993	163926	178538	1,83%	0,95%

Nota: INEC (2001, 2010).

Se empleó el método exponencial para estimar la población urbana del cantón Ambato, pues la dinámica demográfica de la cabecera cantonal respondió a los criterios de EMSER (2017), Granados (1987), Ospina (1981) y Torres (2011), los cuales son resumidos a continuación:

- El tiempo es una variable continua, que afecta directamente al resultado poblacional.
- El crecimiento de la población P en un tiempo t , no es proporcional en cada momento.
- El desarrollo y crecimiento de la población es apreciable.
- La tasa de crecimiento poblacional no es constante en cada periodo censado.
- La ciudad no ha alcanzado su desarrollo y su población crece sin mantener un porcentaje uniforme.
- La tasa de crecimiento es cambiante de forma permanente.

De acuerdo a Granados (1987) y Ospina (1981) la fórmula del modelo exponencial puede ser expresada como sigue:

$$P_f = P_o \times e^{\bar{r} \times t} \quad (6)$$

Donde:

P_f = población estimada en el tiempo (hab);

P_o = población estimada en el último censo (hab);

e = número de Euler o constante de Napier;

\bar{r} = tasa de crecimiento promedio;

t = tiempo.

Cabe indicar que, la tasa de crecimiento no fue contaste para los periodos de crecimiento poblacional comprendidos entre 1990 - 2001 y 2001 – 2010, por lo que se determinó la tasa promedió empleado los valores disponibles de los censos anteriores (EMSER, 2017) y aplicando la siguiente fórmula:

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \quad (7)$$

Donde:

r = tasa de crecimiento;

r_i = tasa de crecimiento de un determinado periodo i ;

i = periodo determinado;

n = número de periodos.

Posteriormente, basado en los datos de extensión territorial de cada parroquia de la cabecera cantonal de Ambato establecidos en el trabajo de GADMA (2018), se determinó la densidad poblacional de la zona urbana del cantón empleando la ecuación descrita por Nisperuza, Padilla y Quirós (2018), la misma que se detalla a continuación:

$$\rho_p = \frac{P_f}{\sum_{u=1}^x a_u} \quad (8)$$

Donde:

ρ_p = densidad poblacional de la cabecera cantonal, (hab/ha);

u = parroquia de la cabecera cantonal;

x = número de parroquias de la cabecera cantonal;

a = área o superficie;

a_u = área o superficie de una determinada parroquia de la cabecera cantonal u , (ha).

Los valores de extensión superficial de las parroquias urbanas del cantón Ambato que fueron empleados (GADMA, 2018), se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 14*Extensión superficial de las parroquias urbanas de Ambato.*

No.	Parroquias	Superficie (ha)	Superficie (km ²)
1	Pishilata	1757,508	17,57508
2	Celiano Monge	526,488	5,26488
3	Huachi Chico	580,35	5,8035
4	La Matriz	338,72	3,3872
5	San Francisco	51,121	0,51121
6	La Merced	198,589	1,98589
7	Huachi Loreto	321,17	3,2117
8	Atocha Ficoa	397,366	3,97366
9	La Península	481,764	4,81764
	Total	4653,076	46,53076

Nota: GADMA (2018).

Finalmente, se estimó la población existente en la parroquia La Matriz para el año 2021, utilizando los datos anteriormente calculados y aplicando la siguiente fórmula:

$$N = \rho_p \times a_{u=4} \quad (9)$$

Donde:

N = población estimada de la parroquia La Matriz $u = 4$, (hab).

3.5.3.2. Calculo muestral de la población de la parroquia La Matriz para la encuesta

Debido a que la variable principal en la recolección de la información a través de la encuesta fue de carácter cualitativo y ordinal con parámetro de proporción (Aguilar, 2005; López y Fachelli, 2015), se empleó la siguiente fórmula para determinar la muestra de la población:

$$n = \frac{N Z^2 (p \times q)}{e^2 (N - 1) + Z^2 (p \times q)} \quad (10)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra;

N = tamaño de la población;

Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza;

e = el error muestral considerado;

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia;

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio ($1 - p$).

3.5.3.3. Aplicación de la encuesta

Con base en la población estimada de la parroquia La Matriz y la muestra calculada, se procedió a ejecutar la encuesta para obtener información sobre el nivel de aceptación actual y potencial que tiene y tendrá el uso de la bicicleta como alternativa de movilidad urbana sostenible, por la población del hiper centro. Las interrogantes descritas en la encuesta aplicada se encuentran detalladas en el **Anexo B**. Cabe indicar que, se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado, pues se estableció que cada participante debía tener como mínimo 15 años. Esta decisión se basa en los datos del INEC (2017b), que indica que la población comprendida entre los 5 años y 14 años, utiliza la bicicleta como un medio de recreación y no como transporte.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de la emisión de GEI proveniente del tránsito vehicular en la zona de estudio.

Del número de días de intervención en los que se cuantificó la cantidad de vehículos de categoría “automóvil” que transitaron por un punto específico del hiper centro en la parroquia La Matriz, se obtuvo que el primer grupo de datos que contempló 5 días de intervención presentó un \bar{x} de 1577, S^2 de 27737, S de 166.5443 y un CV de 10.5608%; el segundo grupo que incluyó 10 días de intervención (5 días adicionales al anterior) tuvo un \bar{x} de 1584, S^2 de 25722, S de 160.3811 y un CV de 10.1257%; y, el tercer grupo de datos que tuvo 13 días de intervención (3 días adicionales al anterior) obtuvo un \bar{x} de 1606, S^2 de 21196, S de 145.5895 y un CV de 9.0662%. Esto indica que, el grupo 3 tuvo una variabilidad relativa baja, siendo el conjunto de datos que menor varianza presentó pues las medidas de dispersión calculadas fueron inferiores en cada caso (Martínez, 2011; Rodríguez, 2007). Es decir, al cabo de 13 días el grado de dispersión de los datos sobre el número de vehículos respecto a su media se redujo, llegando a ser inferior a 10%, lo cual de acuerdo a Gordón y Camargo (2015) indica una dispersión de datos baja con mayor compacidad, y mejor homogeneidad entre los valores (García, 2011). Es por ello que, para la ejemplificación se utilizó los valores obtenidos durante 13 días de intervención.

Tabla 15

Resultados de la ejemplificación de emisiones de GEI.

N°	Días	Automóviles	TOTAL CO ₂ -eq (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)		
			Emisiones de CO ₂ -eq (Kg h ⁻¹)		Total (Kg h ⁻¹)
			Diesel	Gasolina	
1	Lunes	1745	1,9496	56,3047	58,2543
2	Martes	1532	1,7117	49,4319	51,1436
3	Miércoles	1760	1,9664	56,7887	58,7551
4	Jueves	1438	1,6066	46,3989	48,0056
5	Viernes	1410	1,5754	45,4955	47,0708

6	Lunes	1625	1,8156	52,4327	54,2483
7	Martes	1746	1,9508	56,3369	58,2877
8	Miércoles	1758	1,9642	56,7241	58,6883
9	Jueves	1453	1,6234	46,8829	48,5063
10	Viernes	1372	1,5329	44,2693	45,8022
11	Lunes	1710	1,9105	55,1753	57,0859
12	Martes	1647	1,8402	53,1426	54,9827
13	Miércoles	1680	1,8770	54,2074	56,0844
	Total	20876	23,3242	673,5909	696,9152

Nota: Elaboración propia.

Para la hora comprendida entre las 9h00 y 10h00, las estimaciones de emisión de GEI por kilómetro recorrido de automóviles, estuvieron dentro del intervalo de 45.80 Kg CO_{2-eq} h⁻¹ a 58.76 Kg CO_{2-eq} h⁻¹ (Tabla 16), lo cual permite tener una idea de la situación en la parroquia la Matriz. De acuerdo al GADMA (2021d), la calidad de aire del cantón Ambato presenta problemas, cuya mayor afectación se da en el centro de la ciudad, especialmente en la parroquia La Matriz. Esta zona representa gran parte del hiper centro de Ambato, pues contiene la mayor cantidad de equipamientos urbanos públicos y privados. Dicha relevancia urbanística representa también problemáticas cruciales en cuanto a movilidad y transporte, lo cual repercute directamente en la emisión de GEI por el uso indiscriminado de vehículos automotores terrestres. Aquello fue evidenciado durante las intervenciones en campo para la cuantificación de automóviles, ya que durante los 13 días de trabajo *in situ* se obtuvo un promedio de 1606 vehículos que transitaban por el punto de intersección entre la Av. Pedro Fermín Cevallos y Quito. Es decir, la emisión de gases a la atmósfera en la zona urbana de la capital de Tungurahua es un asunto perentorio, por el cual, el cantón de Ambato desde 2014 realiza el monitoreo de la calidad de aire (GADMA, 2021c).

Debido a la problemática sobre transporte que tiene la zona de estudio y toda la cabecera cantonal de Ambato, las autoridades de la ciudad plantearon propuestas desesperadas para remediar esta situación, entre las cuales se contempló la aplicación del pico y placa (GADMA, 2021a). No obstante, esta medida no hubiese sido apropiada a largo plazo, pues como lo indica Remache et al. (2017) en su análisis para el caso de Quito, esta alternativa indudablemente conduce a un aumento del parque automotriz, sobre todo considerando el

ineficiente servicio del transporte público en Ecuador y el bajo impulso de soluciones no motorizadas (Rodríguez y Cuvi, 2019). Por esta razón se puede afirmar que, el hiper centro que comprende a la parroquia La Matriz, es una zona con potencial para emitir ingentes cantidades de GEI, debido a la congestión vehicular opulenta que se experimenta diariamente en el sector (Ruiz et al., 2019), lo cual genera externalidades negativas en la sociedad como: estrés por ruido, decadente calidad de aire, irrelevancia del peatón, desaprovechamiento del espacio urbano, irrespeto al transeúnte, etc. Estos conflictos derivados de la congestión vehicular, representan un costo social de USD 27.20 anuales que los usuarios de vehículos motorizados en Ambato deberían asumir, pues el tráfico que producen, genera la necesidad de invertir en proyectos viales para solucionar estas problemáticas (Ruiz et al., 2019).

Es claro que con la situación antes descrita, las autoridades mostrarían interés por fomentar el uso de alternativas de movilidad sostenible en la parroquia La Matriz y en todo el cantón Ambato (GADMA, 2021b). Sin embargo, fue hasta durante la pandemia derivada del COVID-19 que la importancia del transporte activo se hizo notar, no solo por la necesidad de reducir la emisión de GEI, sino especialmente por los co-beneficios que las alternativas sostenibles de movilidad como el uso de la bicicleta tienen (Jakovcevic et al., 2016; OPS, 2020; Vélez, 2021). Cabe indicar que, los co-beneficios del transporte activo responden directamente a las restricciones sociales y directrices de distanciamiento. Durante la cuarentena del año 2020 se evidenció una mejora del 64% en la calidad de aire de la zona urbana de Ambato, la cual se había visto previamente mermada por el incremento del parque automotor, que es responsable de emitir grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera (Shan et al., 2021; Vélez, 2021).

Como respuesta a la necesidad de un tipo de transporte sostenible, que reduzca la emisión de gases traza a la atmósfera y permita una libre circulación con menor riesgo de contagio de COVID-19, la municipalidad de Ambato ejecutó en el año 2021 el plan piloto denominado “Ambato en Bici y a Pie” (GADMA, 2021a). Este plan fue la parte experimental de la nueva planificación en movilidad que contempla una implementación de vías para transporte activo a corto, mediano y largo plazo de 11.9 km hasta el año 2022, de 21.6 km hasta el año 2025 y de 50.73 km hasta el año 2030, respectivamente (GADMA,

2021b). Cabe indicar que, el uso de la bicicleta ha demostrado ser la alternativa más viable para mitigar la emisión de GEI por el tránsito vehicular terrestre a la atmósfera y se constituye como un instrumento con potencial uso cotidiano, accesible, equitativo e inclusivo (BID et al., 2017; Oleas y Albornoz, 2016; Uribe et al., 2020).

En Latinoamérica la bicicleta ha tenido buenos resultados, pues de acuerdo a Espinosa et al. (2018), su uso tiene un potencial para reducir la emisión de gases de efecto invernadero que varía entre 92 g CO_{2-eq} viaje⁻¹ a 810 g CO_{2-eq} viaje⁻¹. Datos similares han sido reportados por Kou et al. (2020), quienes determinan que la reducción de gases traza que promueven el cambio climático es de 283 g CO_{2-eq} viaje⁻¹ a 581 g CO_{2-eq} viaje⁻¹, lo cual representa una reducción anual de 41 t CO_{2-eq} a 5417 t CO_{2-eq}. Li et al. (2021) indican que el ahorro en emisiones por el uso de la bicicleta tiene un valor promedio de 80.77 g CO_{2-eq} viaje⁻¹, que puede variar desde 78.97 g CO_{2-eq} viaje⁻¹ a 82.63 g CO_{2-eq} viaje⁻¹ y contempla una retención por año de 117 Kt CO_{2-eq}. Brand et al. (2021b) por su parte analiza la dinámica de emisión de GEI, considerando el ciclo de vida de todos los medios de transporte (vehículo, transporte público, bicicleta y caminata) y determina que al sustituir un viaje en carro por transporte activo en una proporción de 2:1, se reduce la emisión de CO_{2-eq} del ciclo de vida en un promedio de 3.19 Kg CO_{2-eq} por persona al día (p-día⁻¹). Esto de acuerdo a Brand et al. (2021a) decrecería las emisiones del ciclo de vida relacionadas a la movilidad en aproximadamente 0.5 t CO_{2-eq} por persona al año (p-año⁻¹).

Cabe indicar que, una alternativa más moderna a la bicicleta tradicional es la e-bike o bicicleta eléctrica, la cual de acuerdo al modelo planteado por McQueen et al. (2020) puede proporcionar por unidad una reducción de 225 Kg CO_{2-eq} p-año⁻¹. Winslott y Svensson (2017) analiza también la situación con la bicicleta eléctrica y determina que brindaría una parquedad de aproximadamente 8.16 Kg CO_{2-eq} por persona a la semana (p-semana⁻¹), lo cual permitiría un descenso de emisiones de entre 391.68 Kg CO_{2-eq} p-año⁻¹ y 270.912 Kg CO_{2-eq} p-año⁻¹. Además, el beneficio de reducir la emisión de GEI abarca también el aspecto económico, en el cual el uso de la bicicleta representa un ahorro de USD 0.0063 por persona-km (p-km⁻¹) y un beneficio potencial a la conservación de los recursos equivalente a USD 0.0036 p-km⁻¹ (Tao y Zhou, 2021).

La emisión GEI que se puede esperar en la parroquia La Matriz de un vehículo de pasajeros ligero de gasolina extra, es de aproximadamente 4.6 t CO_{2-eq} por año (Li et al., 2021), mientras que una persona que utiliza un vehículo particular como su principal modo de transporte emite potencialmente 7.1 Kg CO_{2-eq} p-día⁻¹ más que las emisiones de CO_{2-eq} del ciclo de vida que tiene una persona ciclista, lo cual se reduce en un 71% al utilizar el transporte público como única forma de movilización, representando un ahorro de emisión de CO_{2-eq} del ciclo de vida equivalente a 5.1 Kg CO_{2-eq} p-día⁻¹ (Brand et al., 2021b). Es decir, una persona que prioriza el uso de transporte público emite 2 Kg CO_{2-eq} p-día⁻¹ más que las emisiones del ciclo de vida de un ciclista (Brand et al., 2021b). En las zonas compactas de hiper centro, la priorización de un vehículo privado como alternativa de movilidad puede manifestar una variación en la emisión de GEI, que de acuerdo a Reichert et al. (2016) estaría entre 2.2 Kg CO_{2-eq} p-día⁻¹ y 4.8 Kg CO_{2-eq} p-día⁻¹. Esto se contrapone a la antítesis de que una ciudad compacta ayuda a reducir las emisiones de gases traza, siendo este un motivo más que respalda el aplicar medidas que promuevan el uso de transporte activo, especialmente el uso de la bicicleta que es fundamental para alcanzar la sostenibilidad (Luo et al., 2020).

4.2. Evaluación de Impacto Ambiental del uso de la bicicleta y sus co-beneficios en la parroquia La Matriz

De la evaluación realizada mediante la matriz de Conesa (2010) a las acciones de primer y segundo orden vinculadas a la movilidad convencional, representada por el uso de vehículos motorizados, se obtuvo que los impactos del transporte motorizado sobre el medio físico son de carácter negativo y con una importancia destable, pues se sobrepasa la base ponderada de -75. Para el medio socio económico y cultural, la importancia del impacto obtenida alcanzó -41.7 de valor ponderado, indicando que sobre este aspecto se tiene un impacto negativo de importancia moderada. Por otro lado, la evaluación al impacto del uso de la bicicleta y a los co-beneficios como acciones de segundo orden, mostró un escenario distinto pues los impactos obtenidos fueron positivos y con una importancia destacable para el medio físico y para el medio socio económico y cultural, pues el valor ponderado que se obtuvo fue 78.3 y 83.9, respectivamente. Estos resultados se muestran en la Tabla 17 y su obtención se describe en el **Anexo A**.

Tabla 16

Matriz de importancia depurada para la movilidad convencional y movilidad sostenible.

Actividad			UIP	Movilidad Convencional						Movilidad sostenible								
				U so de vehículos motorizados	E misiones de gases traza	E misión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Sumatoria	Importancia sin proporción según el factor ambiental	U so de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimizaci3n del ruido urbano	Reducci3n de accidentes de tránsito	Sumatoria	Importancia sin proporción según el factor ambiental	
Físico	Aire	Calidad de aire	50	-52	-64	-29	-32		-177	-8,85	49	49		48		146	7,3	
		Emisiones de GEI	50	-66	-54		-25		-145	-7,25	51	49				100	5	
		Nivel de polvo	50	-31	-30				-61	-3,05	49	49				98	4,9	
		Nivel de olor	50	-35	-37		-24		-96	-4,8	37	37				74	3,7	
		Nivel de ruido	50	-44		-53			-97	-4,85	62	31		60		153	7,65	
		Clima	50	-48	-49				-97	-4,85	38	50				88	4,4	
		Ecosistema aire	50	-54	-53	-30	-21		-158	-7,9	50	53		46		149	7,45	
	Impacto en el componente Aire			350	-330	-287	-112	-102		-831	-	336	318		154		808	-
	Importancia del impacto en el componente aire			0,35	-47,14285714	-41	-16	-14,571		-	-41,55	48	45,4286		22		-	40,4
	Paisaje	Valor testimonial	46	-32	-37	-31	-37	-56	-193	-8,878	53	39	47	51	52	242	11,132	
		Calidad intrínseca	46	-34	-30	-26	-48	-56	-194	-8,924	54	47	46	46	45	238	10,948	
		Calidad extrínseca	46	-30	-26	-22	-33	-41	-152	-6,992	53	46		34	44	177	8,142	
		Singularidades	46	-26	-25	-18	-24	-38	-131	-6,026	35	26		23		84	3,864	
		Recursos científico-culturales	46	-26	-16	-14	-20	-38	-114	-5,244	35	24		24		83	3,818	
		Impacto en el componente paisaje			230	-148	-134	-111	-162	-229	-784	-	230	182	93	178	141	1632
	Importancia del impacto en el componente paisaje			0,23	-29,6	-26,8	-22,2	-32,4	-45,8	-	-36,064	46	36,4	18,6	35,6	28,2	-	37,904
	Impacto en el medio físico			580	-478	-421	-223	-264	-229	-1615	-	566	500	93	332	141	2440	-
	Importancia del impacto en el medio físico			0,58	-40,1862069	-35,369	-18,459	-21,641	-18,162	-	-77,614	47,2069	41,8483	7,3759	27,393	11,183	-	78,304
	Sistema Natural	Recreativo	Cinegético	21														
			Ocio y recreo	21								49	41	31	31	41	193	4,053
Deportivo			21	-26	-25	-18		-29	-98	-2,058	51	52	58	30	58	249	5,229	
Turístico			21	-41	-45	-28	-30	-61	-205	-4,305	71	57	49	51	52	280	5,88	
Zonas verdes			21	-48	-45	-26	-49	-45	-213	-4,473	55	51		22	33	161	3,381	
Impacto en el componente recreativo			105	-115	-115	-72	-79	-135	-516	-	226	201	138	134	184	883	-	
Importancia del impacto en el componente recreativo			0,105	-23	-23	-14,4	-15,8	-27	-	-10,836	45,2	40,2	27,6	26,8	36,8	-	18,543	
Cultural		Factores educativos	35	-21	-26	-20		-24	-91	-3,185	46	45	32	28	42	193	6,755	
		Estilo de vida	35	-39	-49	-47	-31	-34	-200	-7	53	50	58	50	46	257	8,995	
		Zona de confort	35	-26	-49	-35	-30	-26	-166	-5,81	48	38	42	35	31	194	6,79	
		Impacto en el componente cultura			105	-86	-124	-102	-61	-84	-457	-	147	133	132	113	119	1527
Importancia del impacto en el componente cultura			0,105	-28,66666667	-41,333	-34	-20,333	-28	-	-15,995	49	44,3333	44	37,667	39,667	-	22,54	
Humano		Calidad de vida	30	-50	-52	-45	-32	-36	-215	-6,45	68	66	58	52	62	306	9,18	
		Salud	30	-51	-51	-44	-32	-28	-206	-6,18	67	66	70	50	45	298	8,94	
		Relaciones sociales	25			-21			-21	-42	-1,05	42	29	46	29	40	186	4,65
	Integración social	20			-21			-17	-38	-0,76	30	41	34	30	28	163	3,26	
Impacto en el componente humano			105	-101	-103	-131	-64	-102	-501	-	207	202	208	161	175	953	-	
Importancia del impacto en el componente humano			0,105	-28,85714286	-29,429	-34,429	-18,286	-26,524	-	-14,44	54,2857	52,4286	54	41,762	45,429	-	26,03	
Población	Demografía	15			-17			-17	-34	-0,51				23	24	70	1,05	
	Dinámica poblacional	30	58		-15			43	1,29	34	25		21	26	106	3,18		
	Estructura ocupacional	30	58	-18		24	-20	44	1,32	29	27	42			98	2,94		
	Aceptación social de la actividad	30	50	-27	-29	-31	-48	-85	-2,55	66	81	60	54	60	321	9,63		
	Impacto en el componente población			105	166	-45	-61	-7	-85	-32	-	129	156	102	98	110	595	-
Importancia del impacto en el componente población			0,105	47,42857143	-12,857	-15	-2	-21,857	-	-0,45	36,8571	41,2857	29,143	24,714	28	-	16,8	
Impacto en el medio socio económico y cultural			420	-136	-387	-366	-211	-406	-1506	-	709	692	580	506	588	3958	-	
Importancia del impacto en el medio socio económico y cultural			0,42	-8,273809524	-26,6548	-24,4571	-14,1048	-25,8452	-	-41,721	46,33571	44,5619	38,6857	32,7357	37,4738	-	83,913	
Impacto en el ambiente			1000	-614	-808	-589	-475	-635	-3121	-	1275	1192	673	838	729	6398	-	
Importancia del impacto en el ambiente			1	-26,783	-31,709	-20,978	-18,476	-21,389	-	-119,335	46,841	42,988	20,526	29,637	22,225	-	162,217	

Nota: Elaboración propia.

El uso de vehículos motorizados tuvo un mayor impacto negativo sobre el componente aire, especialmente con el factor relacionado a la emisión de GEI, pues su valor de -66 lo caracteriza con una importancia de impacto alta. En Ecuador, el MAE (2017) indicó el mismo axioma mediante la cuantificación de GEI emitidos por el sector transporte por carretera, donde se obtuvo que las fuentes de combustión móvil representaron el 21% del total de GEI en 2012, lo cual se traduce en 16977.02 Gg CO_{2-eq} emitidos por el uso de vehículos motorizados. Szolyák (2019) también ubica en primer plano de importancia a este impacto, pues señala que, en 2018 el consumo energético de combustible a nivel mundial por transporte rodado fue equivalente a 2.5 Gtep (toneladas equivalentes de petróleo), lo cual representó una emisión de GEI superior a 5 Gt CO_{2-eq}.

Por otro lado, con el uso de la bicicleta el factor relacionado a los GEI reflejó un impacto positivo de alta importancia, pues obtuvo un valor ponderado de 51. Esto hace referencia al potencial que tiene el uso de la bicicleta para ahorrar emisiones de CO_{2-eq}, lo cual ha sido afirmado en los estudios de Hong (2018) y Li et al. (2021) como uno de los principales beneficios de esta alternativa de transporte activo hacia el medio físico. En el ítem anterior ya se indicó cuantitativamente la cantidad de GEI que se puede reducir del sector transporte por el uso de la bicicleta; no obstante, lo que resalta y atrae tanto de esta alternativa de movilidad sostenible son sus co-beneficios, los cuales serán abordados más adelante.

En cuanto al componente humano la matriz de importancia reveló que la emisión de gases y la emisión de ruido tienen los impactos más relevantes, sobresaliendo el primero en los factores calidad de vida y salud, pues se obtuvo un valor de -52 y -51, respectivamente. Rozehnalová et al. (2021) soporta esta premisa, pues indica que la esperanza de vida en la ciudad se ve comprometida entre 0.28 años y 1.49 años, por la emisión de gases traza procedentes de los vehículos motorizados. Por otra parte, la emisión de ruido genera un mayor impacto negativo en el componente humano, pues no solo afecta a la calidad de vida y salud, sino que el impacto sinérgico del ruido de rodadura, ruido del motor, ruido aerodinámico y ruido industrial (Jacyna et al., 2021), se relaciona con todos los factores sociales, alcanzando un valor ponderado de -34.4 que indica una importancia moderada. No obstante, el ruido del transporte rodado está clasificado como el segundo peor factor

de riesgo humano y ambiental en Europa (Sørensen et al., 2020), pues tiene consecuencias en la estabilidad mental, salud física, enfermedades cardiovasculares, irritabilidad, desarrollo cognitivo de los niños, entre otros aspectos (Freitas et al., 2021).

Los co-beneficios derivados del uso de la bicicleta, responden como solución a las problemáticas ambientales antes mencionadas. En la matriz de importancia se evaluó precisamente la minimización del ruido y el mejoramiento de la calidad de aire como acciones de segundo orden, obteniéndose para el componente humano un nivel de importancia de 41.8 y 52.4, respectivamente. Además, en el componente aire los factores nivel de ruido y calidad de aire, también fueron de los más impactados positivamente. Esto significaría una reducción moderada del ruido urbano, que según Jacyna et al. (2017) podría representar una disminución del 60% de dB emitidos por el tráfico dentro de los 15 primeros metros del eje de la carretera. Además, dichas apreciaciones supondrían un notable mejoramiento de la calidad de aire en el hiper centro de la ciudad que corresponde a la parroquia La Matriz, el cual ya fue palpado durante la cuarentena del año 2020, donde de acuerdo a datos del GADMA (2021d), el transporte activo practicado a razón de las restricciones de movilización, teletrabajo y aforo en espacios públicos y privados, redujo la contaminación del aire por transporte en un 64%.

Se puede afirmar que con la movilidad sostenible, los impactos positivos más notables que se alcanzan no se dan precisamente en el entorno natural, sino más bien en el medio socio económico y cultural, lo cual de acuerdo a Hong (2018) se debe al efecto sinérgico de los co-beneficios del uso de la bicicleta. El factor denominado valor testimonial que se encuentra dentro del componente paisaje, fue el factor natural con mayor nivel de importancia sin proporción, cuyo valor fue 11.1. Este se relaciona y afecta a los factores antrópicos turismo, estilo de vida, calidad de vida y aceptación social (Peries et al., 2021), que corresponden a los componentes recreación, cultura, humano y población, respectivamente. Dichos factores obtuvieron en la evaluación de la movilidad sostenible, el impacto positivo más elevado en cada componente. Esto compagina y secunda la idea de Santos et al. (2021), quien manifiesta que un impacto positivo en la naturaleza (medio físico o natural) genera varios beneficios o impactos positivos para el desarrollo humano (medio socio económico y cultural).

Cabe indicar que, a pesar de los múltiples impactos negativos identificados en la matriz de importancia para la movilidad convencional, representada por el uso de vehículos motorizados en la parroquia La Matriz, el componente población obtuvo un impacto opuesto de carácter moderado, cuyo valor ponderado fue 47.4. Este resultado se desprende de la interacción entre los factores dinámica poblacional, estructura ocupacional y aceptación social, cuyos valores fueron 58, 58 y 50 respectivamente. Brand (2021) señala que, esta relevancia en el componente población y las dificultades que experimentan las ciudades para descarbonizar su transporte, se deben a las siguientes razones: las personas esperan el avance de los vehículos eléctricos, el 95% del transporte es dominado por el petróleo, existe un amplio sentido colectivo de estatus social relacionado con el vehículo, las personas tienen malos hábitos y el crecimiento demográfico y económico demandan una movilidad motorizada.

No cabe duda de que, los múltiples co-beneficios del uso de la bicicleta estuvieron invisibilizados y fueron menospreciados por la conducta tradicionalista, especialmente en Latinoamérica. Es por ello que Brand (2021) indica que, fue necesario atravesar una crisis sanitaria a nivel mundial, para que la sociedad experimente los beneficios de alejarse del statu quo de que “el automóvil es el mejor medio de transporte”. Uno de aquellos beneficios experimentado fue el mejoramiento del factor salud. En la matriz de importancia este factor obtuvo valores ponderados entre 45 y 70, para cada acción relacionada con la movilidad sostenible. Es decir, fue uno de los aspectos sociales más impactados positivamente por el uso de la bicicleta, junto con el factor calidad de vida, estilo de vida y aceptación social. De hecho, Jakovcevic et al. (2016) reporta que el efecto de esta medida sostenible sobre la salud, alcanza un valor de 6.19 en efectos percibidos según su metodología, lo cual indica una importancia social destable, que influye en la selección de las personas por su medio de transporte.

Este contraste de impactos e importancias desarrollado a través de la matriz de Conesa (2010) y aplicado a la movilidad convencional versus la movilidad sostenible, evidencia que la segunda alternativa es una necesidad actual para la Parroquia La Matriz. En este sentido Thompson (2022) indica que, un futuro con transporte descarbonizado y libre de vehículos motorizados, es posible para todas las ciudades del mundo, debido a los cambios

conductuales generados por la pandemia que deben ser aprovechados para ejecutar proyectos de transporte activo.

4.3. Aceptación actual, potencial y pertinencia del uso de la bicicleta como medio de transporte

Dentro de la parroquia La Matriz se calculó un aproximado de 15144 habitantes para el año 2021, cuya muestra de variable cualitativa y parámetro de proporción fue de 375 personas. La estimación muestral se realizó considerando las sugerencias de López y Fachelli (2015), debido a la ausencia de encuestas anteriores en la zona de estudio, que pudieren servir como punto de partida. Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada se muestran en el **Anexo C**.

Del total de personas encuestadas, el 59.7% fueron hombres y el restante 40.3% fueron mujeres, cuyas edades en su mayoría estuvieron entre los 26 años y 35 años. Cabe indicar que, el nivel de formación educativa más recurrente fue el nivel universitario y el modo de transporte preferido por los encuestados fue el autobús, alcanzando un porcentaje de 40.3% y 39.7%, respectivamente. El uso de autos y taxis fue priorizado por el 22.9% y 14.1% de encuestados respectivamente, mientras que solo el 13.3% de personas escogió la bicicleta y el 9.9% prefirió la caminata. Además, como actividades dentro de la parroquia La Matriz, el 29.6% de las personas indicaron realizar una visita transitoria, el 22.4% señalaron desarrollar actividades comerciales, el 16.5% dijeron realizar trabajo de oficina, el 16% afirmaron estar en la zona por motivos de educación y el 15.5% indicaron ser domiciliados del sector, por lo cual, dijeron estar de forma muy recurrente dentro de la zona de estudio. Estos resultados se encuentran ilustrados en la Figura 2.

Con respecto a las interrogantes planteadas en la encuestas, el 83.5% de las personas dijeron considerar que el transporte motorizado representa actualmente un problema ambiental en la zona de estudio (Figura 3). Esto permite denotar que, los impactos asociados al transporte convencional han sido visibilizados en la población de la parroquia La Matriz, lo cual, de acuerdo con Thompson (2022), se debe al contraste ambiental experimentado durante la emergencia sanitaria del año 2020. Esto compagina con los datos del GADMA (2021b), pues se indica que antes de la emergencia sanitaria, el

transporte público era promovido por el 45% de las mujeres y el transporte particular por el 49% de los hombres en Ambato.

Por otro lado, el 68% de los participantes indicaron que el principal aspectos ambientales asociados al transporte convencional es la emisión de gases traza, y el 58.7% de votos compartidos definieron a la emisión de ruido como el segundo aspecto en importancia (Figura 4). Cabe indicar que, en la matriz de importancia también se obtuvieron resultados similares, pues en el componente humano la emisión de ruido y gases, alcanzaron los valores ponderados más elevados, de -34.4 y -29.4, respectivamente. Ancaes (2021) y Chaturvedi et al. (2018), señalan que el principal impacto del transporte motorizado sobre el ambiente es la contaminación del aire, pero añaden que los impactos visuales de la infraestructura de transporte y vehículos motorizados afectan al comportamiento de viaje, el uso de lugares públicos, satisfacción residencial, vitalidad económica y cohesión social. Esto también fue indicado por el 38.9% de los encuestados, quienes definieron a la degradación paisajística como uno de los aspectos ambientales más relevantes.

Según Brand (2021), el transporte convencional en el hiper centro de las ciudades tiende a ser difícil de descarbonizar y cambiar, debido a que brinda múltiples comodidades a la sociedad como: recorrer largas distancias, fácil accesibilidad, cuidado de la intemperie, movilización sin esfuerzo y precios asequibles, los cuales son beneficios que, en el caso de la parroquia La Matriz, fueron reconocidos por el 52.3%, 30.4%, 45.9%, 51.2% y 31.7%, de las personas encuestadas, respectivamente (Figura 5). No obstante, Jakovcevic et al. (2016) indica que, estas particularidades también pueden ser alcanzadas a través de un sistema de transporte público de bicicletas, especialmente si los aspectos se relacionan con la rapidez de llegada a un lugar (distancia), control horario (accesibilidad) y ahorro de dinero (precio).

En la zona de estudio, 87.5% de las personas indicaron que el modo de transporte debe cambiar (Figura 6) y el 76.3% dijeron considerar apropiado el uso de la bicicleta como medio de transporte (Figura 7). Esto se relaciona con la información levantada por el GADMA (2021b), donde se indicó los siguientes datos: 1) el 66% de la población cantonal comenzó a usar la bicicleta a raíz de la pandemia; 2) el 82% de las personas considera que

la bicicleta es una buena alternativa para cuidar su salud; y, 3) el 91% de los ambateños usará la bicicleta para transportarse después de la emergencia sanitaria. Dichos datos, favorecen a la hipótesis de Thompson (2022), que prevé ciudades con menos autos como consecuencia de la pandemia, para lo cual es necesario trabajar en proyectos de movilidad sostenible.

En cuanto al transporte activo, en la parroquia La Matriz la opción de caminar en lugar de usar la bicicleta presenta un mayor apoyo por la sociedad, pues el dato muestral reflejó que el 67.5% prefiere esta alternativa (Figura 8), lo cual puede deberse a que más de un tercio (36.3%) de personas no tienen una bicicleta en su domicilio (Figura 9) y por lo tanto no se pueden movilizar a través de una. Además, actualmente no existe una infraestructura de transporte para bicicletas en la zona de estudio, pero se espera que a finales de este año se complete la fase a corto plazo del PMUSA como lo indicó el GADMA (2021b).

Según datos del INEC (2016), la provincia de Tungurahua era la quinta demarcación territorial que menos usaba la bicicleta como medio de transporte, pues tan solo el 0.61% de personas la empleaban para trasladarse de un lugar a otro. Sin embargo, la capital de esta Provincia es de las pocas ciudades en el país, que han dado los primeros pasos para alcanzar una movilidad sostenible (GADMA, 2021b). Actualmente, el 34% de la población en Ambato desea un tipo de transporte no motorizado como la bicicleta, lo cual representa un 25% más de usuarios potenciales, en comparación con el año 2019 (GADMA, 2021b). En la parroquia la Matriz, del 18.7% al 25.3% de personas dijeron usar la bicicleta como medio de transporte (Figura 10 y 11), un casi 30% indicó usarla para recreación y/o deporte y la gran mayoría (41.3%) señalaron no utilizar la bicicleta (Figura 11). Sin embargo, un significativo 84.5% de encuestados, indicaron que estarían dispuestos a emplear la bicicleta para transportarse dentro del sector (Figura 12). Este contraste permite inferir, que en la zona de estudio existen factores externos que están limitando actualmente el uso de esta alternativa de transporte activo, pues aparentemente la voluntad social apunta en favor del uso de la bicicleta, y de hecho la gran mayoría de personas (63.7%) señalaron tener una bicicleta dentro de su domicilio.

Bopp et al. (2018) indica que, las principales limitantes para la bicicleta como medio de transporte, son barreras de tipo institucionales o políticas y sociales o culturales. En este sentido para el caso de estudio, se puede descartar el primer tipo de barrera, pues la municipalidad de Ambato ha mostrado su interés en la movilidad sostenible como una alternativa para remediar sus conflictos viales en el hiper centro (GADMA, 2021b). Por otro lado, las barreras culturales son muy marcadas en la parroquia La Matriz, ya que el 69.1% de personas encuestadas manifestaron que se debe mejorar la seguridad de los ciclistas, para que ellos opten por sumarse a esta medida (Figura 13). Este factor es la necesidad más recurrente e importante que varias investigaciones han señalado (Suárez et al., 2016). De hecho Bopp et al. (2018), dice que la mayor dificultad para extender el uso de la bicicleta como medio de transporte, es el espacio y velocidad de circulación que se comparte con diferentes vehículos en una misma carretera, debido a la seguridad de los ciclistas; pero también indica que se sobreestima el peligro asociado al ciclismo y que de hecho aumentar el número de ciclistas es la única manera efectiva de mejorar su seguridad vial. Caso contrario, esta alternativa de movilidad sostenible continuará siendo solo una opción de recreación o deporte y más no una forma de transporte cotidiano (Gartor, 2015).

La infraestructura vial para bicicletas también es un aspecto imperativo a considerar para promover esta medida en la parroquia La Matriz, pues el 57.9% de personas resaltaron su importancia (Figura 13). Esto se debe a que es precisamente el tipo de infraestructura ciclista, el que garantiza la seguridad, comodidad y conectividad para el desplazamiento en bicicleta (Bopp et al., 2018). Sin embargo, varios investigadores como Dessi (2020), Eriksson et al. (2019), Oliveira y Costa (2021) y Rea et al. (2018), han concluido que para fomentar el uso de la bicicleta no hace falta infraestructura ciclista, sino más bien forzar la disminución del uso de automóviles. Por otro lado, Suárez et al. (2016) manifiesta que, una política anti automóvil sería rechazada, sugiriendo que las infraestructuras ciclistas sean planificadas desde un enfoque que ubique a la par a las bicicletas y a los vehículos motorizados, y no bajo un esquema de movilidad peatonal.

Cabe indicar que, el tercer factor más correspondido por la población muestral fue la alternativa de bicicletas de acceso público, con un 48% (Figura 13). Esta alternativa permitiría una mayor accesibilidad al transporte activo para el 36.3% de personas que

indicaron no tener una bicicleta. La experiencia descrita por Tao y Zhou (2021), sugiere que este factor puede contribuir significativamente a la práctica de la movilidad sostenible, pero también indica que acarrea ciertos riesgos como el abarrotamiento de bicicletas a los costados de carreteras o el desperdicio de recursos. Por otra parte, una realidad más cercana al caso de estudio, que corresponde a la ciudad de Quito, muestra que la bicicleta de acceso público contribuye a que un 30% y 50% de los viajes de trabajo y de estudio, respectivamente, sean realizados con esta alternativa de pedaleo, pero resaltando que el desplazamiento de usuarios proviene del transporte público y no del privado (Gartor, 2015).

Con respecto a los co-beneficios vinculados al uso de la bicicleta, se obtuvo que la reducción de emisiones de gases, reducción de ruido vehicular y mejoramiento de la salud, fueron los más importantes para la sociedad de la parroquia La Matriz (Figura 14). De estos tres el primero fue priorizado por un 65.9% de personas. Un resultado similar se obtuvo también con la matriz de Conesa (2010) analizada en el ítem 2, pues el mejoramiento de la calidad de aire asociado a la reducción de gases, obtuvo un valor ponderado para el componente humano de 52.4, que indica una alta importancia. Por otro lado, pese a que el mejoramiento de la salud como co-beneficio tuvo un porcentaje de reconocimiento menor (48.8%), es el principal motivo por el cual 54.9% de la población muestral usaría la bicicleta como medio de transporte (Figura 15). Resultados similares fueron reportados por Jakovcevic et al. (2016) quien obtuvo que, la salud en la selección de la bicicleta como alternativa de viaje, alcanzó un valor de 5.64 en importancia y 6.19 en efecto percibidos.

Finalmente, de los aspectos negativos vinculados al uso de la bicicleta, un contundente 70% de personas manifestaron que, el riesgo de accidentes con autos es el preponderante (Figura 16). Esto se relaciona con el dato comentado anteriormente sobre seguridad para los ciclistas y las barreras limitantes del uso de la bicicleta. Además, la inexistencia de vías apropiadas (47.5%) y el irrespeto vehicular (39.7) son otros factores desfavorables, que hacen más evidente la necesidad de intervenir en la conducta social, especialmente de los conductores de vehículos particulares, pues como indica Gartor (2015) la falta de respeto hacia el ciclista en Ecuador es uno de los mayores inconvenientes para la

movilidad sostenible. Por tal motivo, fomentar el uso de la bicicleta a través de campañas, programas y proyectos, es imperativo para alcanzar una mejor movilidad en la parroquia La Matriz, lo cual fue apoyado por el 70.7% de la población encuestada (Figura 17). Además, un 45.9% de votos compartidos resaltó también que se debe mejorar el transporte público. Este panorama resulta alentador para suponer que en un futuro la zona de estudio, alcanzará una descarbonización del transporte en forma significativa, que según Suárez et al. (2016) permitiría tener una mejor condición frente al cambio climático.

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1. Conclusiones

La parroquia La Matriz es uno de los sectores en Ambato que más conflictos tiene con respecto a la congestión vehicular, debido a que es el hiper centro de la ciudad. Esto representa que, es un punto significativo de emisión de GEI. Además, durante los días de intervención en el horario de 09h00 a 10h00, se evidenció que circulan un promedio de 1606 automóviles por un punto específico de la zona de estudio, lo que representa una emisión de GEI estimada de $45.80 \text{ Kg CO}_2\text{-eq h}^{-1}$ a $58.75 \text{ Kg CO}_2\text{-eq h}^{-1}$, pudiéndose esperar anualmente una emisión de $4.6 \text{ t CO}_2\text{-eq}$ de un automóvil típico de pasajeros ligero de gasolina extra. Esto resaltan la necesidad de descarbonizar el transporte en la parroquia La Matriz mediante el uso de la bicicleta, lo cual tiene un alto potencial para cumplir esta función, pues estimaciones latinoamericanas indican que la reducción de GEI por el uso de la bicicleta varía entre $92 \text{ g CO}_2\text{-eq viaje}^{-1}$ a $810 \text{ g CO}_2\text{-eq viaje}^{-1}$. Esto en forma optimista, representa un potencial decrecimiento de emisiones del ciclo de vida relacionadas a la movilidad en aproximadamente $0.5 \text{ t CO}_2\text{-eq p-año}^{-1}$.

La matriz de importancia relevó que los impactos ambientales vinculados a la movilidad sostenible a través del uso de la bicicleta son de carácter positivo y con una importancia significativa para todos los factores. Los principales factores ambientales influenciados fueron los del medio socio económico y cultural, principalmente la salud y calidad de vida que alcanzaron un valor ponderado de importancia sin proporción de 8.94 y 9.18, respectivamente. Esto se debe al efecto sinérgico que tienen los co-beneficios en la sociedad. En el medio físico los principales factores impactados positivamente fueron las emisiones de GEI, calidad de aire, nivel de ruido y valor testimonial. Estos resultados representan que, la bicicleta como medio de transporte en la parroquia La Matriz, es una medida necesaria que traerá beneficios significativos para el desarrollo sostenible.

La encuesta aplicada evidenció que la sociedad de la zona de estudio, tiene una amplia aceptación por la bicicleta como medio de transporte. Sin embargo, 70% de las personas

manifiestan que no optan actualmente por trasladarse mediante esta alternativa, debido a la inseguridad y riesgo de accidentes con autos. No obstante, un significativo 84.5% de encuestados dijeron que están dispuestos a transportarse en bicicleta de un lugar a otro en un futuro, para lo cual, es necesario superar las barreras culturales que limitan la apropiada aplicación del uso de la bicicleta en la parroquia La Matriz. El fomentar el transporte en bicicleta a través de diversos proyectos, campañas de concientización y movimientos sociales, fue la mediante más apoyada por la población muestral (70.7%), por lo que es imperativo que, las autoridades de Ambato ejecuten el PMUSA.

5.2. Recomendaciones

Durante la realización del diagnóstico de emisión GEI por transporte motorizado en la zona de estudio, se evidenció la ausencia de información actualizada y apropiada. Por lo cual, es necesario que las autoridades brinden al público en general datos veraces vinculados al parque automotor de la ciudad, cambio climático, medidas de descarbonización adoptadas, etc. Esto fomentará la realización de investigaciones que aporten a la sociedad y el empoderamiento de las personas frente a la problemática ambiental actual.

Para ejecutar la evaluación de impacto ambiental a través de la matriz de importancia, es necesario conocer el sitio en el que se ejecutará el proyecto, obra o actividad que se estudia, así como también tener cierta experticia en el manejo de la metodología seleccionada, pues al ser un procedimiento subjetivo de carácter jurídico administrativo, requiere de un criterio técnico apropiado que permita identificar los impactos potencial y los factores ambientales más importantes.

La encuesta evidenció la afinidad de la sociedad de la parroquia La Matriz por el uso de la bicicleta, por lo cual, se debe ejecutar una siguiente investigación que se centre en diseñar y analizar técnicamente la infraestructura apropiada y mecanismos operativos para promover el uso de la bicicleta, así como incentivos en pro de la movilidad sostenible y en contra de la movilidad convencional.

5.3. Bibliografía

- AEADE. (2021). *Anuario 2020* (Issue 593). https://abimapi.com.br/anuario/pdf/anuario_2020-3.pdf
- Aguilar, A., Valverde, Y., Coto, R., Guardián, R., & Chaves, C. (2016). Manual de productos. In *RECOPE Seguridad energética*. <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2019/06/Manual-de-Productos-2019.pdf>
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 11, 333–338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Anciaes, P. (2021). Visual Impacts From Transport. *International Encyclopedia of Transportation*, 285–291. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10724-9>
- Angel, M., & Torbay, I. (2017). Diseño de una cicloruta turística para la difusión de los atractivos turísticos de Durán. *Chakiñan, Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 3, 110–121. <https://doi.org/10.37135/chk.002.03.08>
- Ashhad, T., Cabrera, F., & Roa, O. (2020). Análisis Del Congestionamiento Vehicular Para El Mejoramiento De Vía Principal En Guayaquil-Ecuador. *Revista Gaceta Técnica*, 21(2), 4–23.
- Bedoya, M., Oviedo, A., Mera, E., & Flores, S. (2017). Analisis Del Impacto Del Impuesto Ambiental En El Ecuador zona 3. *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando La Agenda,”* 47, 46–58.
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático. In *IDEAM*. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>
- BID, UCL, & UNIANDES. (2017). La bicicleta: vehículo hacia la equidad. In *World Literature Today* (Vol. 61, Issue 4). <https://doi.org/10.2307/40143817>
- Bopp, M., Sims, D., & Piatkowski, D. (2018). Bicycling for transportation: An evidence-base for communities. In *ELSEVIER*. Joe Hayton. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03936-0>
- Brand, C. (2021). Seven reasons global transport is so hard to decarbonise. *The Conversation*, 1(November), 1–4. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14868.42887>
- Brand, C., Dons, E., Anaya-Boig, E., Avila-Palencia, I., Clark, A., de Nazelle, A., Gascon, M., Gaupp-Berghausen, M., Gerike, R., Götschi, T., Iacorossi, F., Kahlmeier, S., Laeremans, M., Nieuwenhuijsen, M. J., Pablo Orjuela, J., Racioppi, F., Raser, E., Rojas-Rueda, D., Standaert, A., ... Int Panis, L. (2021). The climate change mitigation effects of daily active travel in cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 93(February). <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102764>
- Brand, C., Götschi, T., Dons, E., Gerike, R., Anaya-Boig, E., Avila-Palencia, I., de Nazelle, A., Gascon, M., Gaupp-Berghausen, M., Iacorossi, F., Kahlmeier, S., Int Panis, L., Racioppi, F., Rojas-Rueda, D., Standaert, A., Stigell, E., Sulikova, S., Wegener, S., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2021). The climate change mitigation impacts of active travel: Evidence from a longitudinal panel study in seven European cities. *Global Environmental Change*, 67(September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102224>
- Bruno, M., Dekker, H., & Lemos, L. (2021). Mobility protests in the Netherlands of the 1970s: Activism, innovation, and transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 40(November), 521–535. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.10.001>
- Cevallos, J. (2015). Estimación del consumo de combustibles en el transporte terrestre en Ecuador. *Centro de Prospectiva Estratégica*, 1–17. http://ceproec.iaen.edu.ec/wps/2015_05.pdf
- Chaturvedi, V., Agrawal, P. ., Singh, G., Mayank, P., & Gupta, V. (2018). Impact of transportation on environment. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 5(4), 891–894. <https://doi.org/10.6084/m9.doi.one.IJRAR1904904>

- Conesa, Vi. (2010). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL. In *Ediciones Mundi-Prensa*.
- Dessi, V. (2020). *Comfortable Places for Moving and Rest Along Cycle Paths*. 581–587. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30841-4_41
- Devore, J. (2008). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias* (S. Cervantes & A. Vega (eds.); 7th ed.). Cengage Learning. file:///C:/Users/hp/Desktop/exposiciones de Ilbay/Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias - Jay Devore - Séptima Edición.pdf
- Díaz-Narváez, V., & Calzadilla, A. (2016). Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. *Ciencias de La Salud*, 14(1), 115–121.
- EEA. (2021). *Total greenhouse gas emission trends and projections in Europe*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/ims/total-greenhouse-gas-emission-trends>
- EFTE. (2019). *Draft National Energy and Climate Plans transport ranking* (Issue June). Transport & Environment. <https://www.transportenvironment.org/publications/national-energy-and-climate-plans-transport-ranking>
- EMOV-EP. (2016). Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca 2014. In *Red De Monitoreo De La Calidad Del Aire De Cuenca*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17665.66405>
- EMSER. (2017). Proyección de la población. In *Municipio de Líbano* (Vol. 1).
- EP-PETROECUADOR. (2014). *Hoja de Seguridad de Materiales Peligrosos*.
- EPA. (2021, June 23). *Emisiones de óxido nítrico*. La Energía y El Ambiente. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso>
- Eriksson, J., Forsman, Å., Niska, A., Gustafsson, S., & Sörensen, G. (2019). An analysis of cyclists' speed at combined pedestrian and cycle paths. *Traffic Injury Prevention*, 20(sup3), 56–61. <https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1658083>
- Espinosa, M., Pacheco, J., & Franco, J. (2018). Potencial de mitigación de proyectos de transporte activo: indicadores de atracción de viajes y emisiones CO2 en ciudades colombianas. *DYNA*, 85(205), 302–309. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68340>
- Flores, E., García, J., Chica, J., & Mora, E. (2017). Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para la movilidad. *Estoa*, 6(11), 99–109. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a07>
- Freitas, E. F., Sousa, E. A., & Silva, C. C. (2021). Transport Noise and Health. *International Encyclopedia of Transportation*, 311–319. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10731-6>
- GADMA. (2018). *REFORMA AL ARTÍCULO 5 DE LA ORDENANZA DE APROBACIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN AMBATO*.
- GADMA. (2020). *Mapas Parroquiales: GEOPORTAL AMBATO*. <https://geoambato-gadma.opendata.arcgis.com/pages/mapas-parroquiales-1>
- GADMA. (2021a). *Ambateños se movilizan en bicicleta y a pie por su salud*. <https://ambato.gob.ec/ambatenos-se-movilizan-en-bicicleta-y-a-pie-por-su-salud/#:~:text=El evento concitó la atención,física caminando o en bicicleta.>
- GADMA. (2021b, February 8). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Ambato*. Comunicado Institucional. <https://movilidadsostenible.ambato.gob.ec/>
- GADMA. (2021c, August 12). *Municipalidad monitorea calidad del aire de Ambato*. Comunicación Institucional. <https://ambato.gob.ec/municipalidad-monitorea-calidad-del-aire-de-ambato/>
- GADMA. (2021d, September 28). *Municipalidad fortalece monitoreo de calidad del aire en Ambato*. Comunicado Institucional. <https://ambato.gob.ec/municipalidad-fortalece->

- monitoreo-de-calidad-del-aire-en-ambato/
- García, C. (2011). *Estadística descriptiva y probabilidades para ingenieros* (1st ed., Vol. 1). Empresa Editora MACRO E.I.R.L.
<https://books.google.com.ec/books?id=4wcwDgAAQBAJ&pg=PA72&dq=medidas+de+di+spersión+varianza,+desviacion+estandar,+coeficiente+de+variacion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwix5oCE0sT1AhWxTjABHZ0HD4cQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=medidas+de+dispersión+varianza%2C+desviacion+estandar%2C+coeficiente+de+variacion&f=false>
- García, J., López, J., García, C., Villanueva, J., & Nava, M. (2018). Factores bióticos, abióticos y agronómicos que afectan las poblaciones de adultos de mosca pinta (Hemiptera: Cercopidae) en cultivos de caña de azúcar en Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 33(3), 508–517. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3331152>
- Gartor, M. (2015). El sistema de bicicletas públicas BiciQuito como alternativa de movilidad sustentable: aportes y limitaciones. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 18, 249–263. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.18.2015.1639>
- Glazener, A., & Khreis, H. (2020). Best practices for air quality and active transportation. *Traffic-Related Air Pollution*, 405–435. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818122-5.00016-8>
- Gómez, C., & Vargas, L. (2017). Medición Y Evaluación De Las Emisiones De Material Particulado Y Opacidad En Una Flota De Vehículos Con Motor Ciclo Diésel, Utilizando Una Mezcla De Diésel Con 20% De Queroseno [Escuela Politécnica Nacional]. In *TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN SISTEMAS AUTOMOTRICES*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17596>
- González, A., & Camacho, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1733–1745. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.698>
- Gonzalo, H., Linares, A., Velasco, L., Díez, J., & Rojo, M. (2014). Bikeways and Cycling Urban Mobility. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160(December), 567–576. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.170>
- Gordón, R., & Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55–63. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920>
- Government of Canada. (2021). *2021 Fuel Consumption Guide*. www.nrcan.gc.ca/energy/products/energuguide/12523.%0Ahttp://www.nrcan.gc.ca/energy/eficiency/transportation/cars-light-trucks/buying/7487
- Granados, M. (1987). *Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Aplicación y Evaluación*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/32594/D-13118.00_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gravett, N., & Mundaca, L. (2021). Assessing the economic benefits of active transport policy pathways: Opportunities from a local perspective. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11(September), 100456. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100456>
- Harms, L., Bertolini, L., & Brömmelstroet, M. (2016). Performance of Municipal Cycling Policies in Medium-Sized Cities in the Netherlands since 2000. *Transport Reviews*, 36(1), 134–162. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1059380>
- HGPT. (2019). *AGENDA TUNGURAHUA 2019 - 2021*.
- Hoed, W., & Jarvis, H. (2021). Normalising cycling mobilities: an age-friendly approach to cycling in the Netherlands. *Applied Mobilities*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/23800127.2021.1872206>
- Hong, A. (2018). Environmental benefits of active transportation. In *Children's Active*

- Transportation*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811931-0.00002-8>
- Hybel, J., & Mulalic, I. (2019). Transportation and quality of life. *Planning Malaysia*, 18(3), 35–50. <https://doi.org/10.21837/PM.V18I13.774>
- Hybel, J., & Mulalic, I. (2022). Transportation and quality of life: Evidence from Denmark. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 157, 107–125. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2021.12.003>
- INEC. (2001). Fascículo del Cantón Ambato. In *Censo 2001* (pp. 2–5). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Tungurahua/Fasciculo_Ambato.pdf
- INEC. (2010). *Información Censal*. Población y Tasas de Crecimiento Intercensal de 2010-2001-1990 Por Sexo, Según Parroquias. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- INEC. (2016). Módulo Ambiental de la Encuesta de Empleo Diciembre 2015 - 2016. In *Ecuador en cifras*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2017/170417.Bicicleta.pdf>
- INEC. (2017a). *Documento Técnico: Módulo de Información Ambiental en Hogares*. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2017/DOC_TEC_MOD_AMBIENTAL_ENEMDU_2017.pdf
- INEC. (2017b). Información ambiental en hogares, EMENDU 2017. In *Inec*. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2017/RESULTADOS_MOD_AMBIENTAL_ENEMDU_2017.pdf
- INEC. (2021, March 21). *Transporte - Resumen 2020*. Ecuador En Cifras. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/transporte/>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (eds.); National G, Vol. 2). IGES.
- IPCC. (2019). *El cambio climático y la tierra*.
- Jacyna, M., Szczepański, E., Lewczuk, K., Izdebski, M., Jacyna, I., Kłodawski, M., Gołda, P., & Gołębiowski, P. (2021). Noise Pollution From Transport. *International Encyclopedia of Transportation*, 12, 277–284. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10723-7>
- Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., & Karoń, G. (2017). Noise and environmental pollution from transport: Decisive problems in developing ecologically efficient transport systems. *Journal of Vibroengineering*, 19(7), 5639–5655. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.19371>
- Jakovcevic, A., Franco, P., Dalla, M., & Ledesma, R. (2016). Percepción de los beneficios individuales del uso de la bicicleta compartida como modo de transporte. *SUMA PSICOLÓGICA*, 3, 33–41. www.elsevier.es/sumapsicol <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> <http://dx.doi.org/10.1016/j.sumpsi.2015.11.001>
- Jochem, P., Rothengatter, W., & Schade, W. (2016). Climate change and transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 45, 1–3. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2016.03.001>
- Kahn, S., Kobayashi, S., Beuthe, M., Gasca, J., Greene, D., Lee, D., Muromachi, Y., Newton, P., Plotkin, S., Sperling, D., Wit, R., & Zhoy, P. (2007). Transport and its infrastructure. In B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave, & L. Meyer (Eds.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge, pp. 323–386). Cambridge University Press. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Transport+and+its+infrastructure#0>

- Kampen, J., Knapen, L., Pauwels, E., Mei, R., & Dugundji, E. (2021). Bicycle parking in station areas in the Netherlands. *Procedia Computer Science*, 184(2019), 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.03.043>
- Kou, Z., Wang, X., Chiu, S., & Cai, H. (2020). Quantifying greenhouse gas emissions reduction from bike share systems: a model considering real-world trips and transportation mode choice patterns. *Resources, Conservation and Recycling*, 153(October 2019), 104534. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104534>
- Li, A., Gao, K., Zhao, P., Qu, X., & Axhausen, K. (2021). High-resolution assessment of environmental benefits of dockless bike-sharing systems based on transaction data. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126423>
- López, P., & Fachelli, S. (2015). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN SOCIAL CUANTITATIVA. In *Universitat Autònoma de Barcelona* (1st ed., Issue 17). Creative Commons. <https://doi.org/10.1344/rezyd2018.17.13>
- Lozano, J. (2018). Estructura y dinámica del medio ambiente. In *Editorial Síntesis, S.A.*
- Luo, H., Zhao, F., Chen, W. Q., & Cai, H. (2020). Optimizing bike sharing systems from the life cycle greenhouse gas emissions perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 117(September 2019), 102705. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102705>
- MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*
- Martínez, B., Salvador, O., & Miranda, L. (2019). Indicador de calentamiento global a partir de la fermentación ruminal de alimentos con diferentes niveles de energía y proteína. *Pastos y Forrajes*, 42(4), 285–289.
- Martínez, C. (2011). *Estadística básica aplicada* (4th ed.). ECOE EDICIONES.
- Massa, P., Ochoa, O. F., & Ochoa, W. S. (2018). Emisiones de CO₂, crecimiento económico y escolaridad: análisis subnacional para Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(2), 69–76. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.186>
- McQueen, M., MacArthur, J., & Cherry, C. (2020). The E-Bike Potential: Estimating regional e-bike impacts on greenhouse gas emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102482. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102482>
- Mendoza, C., & Jiménez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(1), 2–4. <https://doi.org/10.15446/rfnam>
- Moscoso, M., Van Laake, T., Quiñones, L., Pardo, C., & Hidalgo, D. (2019). *Transporte urbano sostenible en América Latina: evaluaciones y recomendaciones para políticas de movilidad.*
- Mueller, N., Rojas, D., Cole, T., Nazelle, A., Dons, E., Gerike, R., Götschi, T., Int Panis, L., Kahlmeier, S., & Nieuwenhuijsen, M. (2015). Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Preventive Medicine*, 76, 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.04.010>
- Nisperuza, C., Padilla, J., & Quirós, J. (2018). Densidad poblacional y estructura de talla del pepino de mar *Holothuria* (*Halodeima*) grisea (*Aspidochirotida*: *Holothuriidae*) en aguas someras del sur del golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 776. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33408>
- OECC. (2019). *Cambio Climático y Uso de la Tierra.* <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/PNUD MAE Tierra.pdf>
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., & Erasmí, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Chemie Der Erde*, 76(3), 327–352. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002>
- Oleas, D., & Albornoz, M. (2016). La bicicleta y la transformación del espacio público en Quito (2003- 2014). *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 24–

- Oliveira, F., & Costa, D. G. (2021). Toward Sustainable Cycling: Modelling and Visualization Issues of Cycle Paths for IoT-based Sensing. *2021 IEEE Globecom Workshops, GC Wkshps 2021 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/GCWKSHPS52748.2021.9682043>
- OMM. (2021). Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero. In *Vigilancia de la Atmósfera Global* (Vol. 17). https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10893
- OPS. (2020, May 18). *En tiempos de COVID-19, el uso de la bicicleta es un imperativo para mantenernos sanos y saludables*. Noticias. <https://www.paho.org/es/noticias/18-5-2020-tiempos-covid-19-uso-bicicleta-es-imperativo-para-mantenernos-sanos-saludables>
- Orellana, E., & González, V. (2020). Aspectos e Impactos ambientales. In *News Better* (Vol. 1).
- Ospina, D. (1981). Modelos matemáticos elementales en proyecciones de población. *Revista Colombiana de Estadística*, 2(3), 77–87.
- Othman, A., & Ali, K. (2020). Transportation and quality of life. *Planning Malaysia*, 18(3), 35–50. <https://doi.org/10.21837/PM.V18I13.774>
- Péres, M., Ruiz, G., Nesmachnow, S., & Olivera, A. C. (2018). Multiobjective evolutionary optimization of traffic flow and pollution in Montevideo, Uruguay. *Applied Soft Computing*, 70, 472–485. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2018.05.044>
- Peries, L., Barraud, S., & Kesman, M. (2021). La caracterización de componentes paisajísticos en los catálogos de paisaje urbano. *Estoa*, 10(19), 89–101. <https://doi.org/10.18537/est.v010.n019.a08>
- Poole, E. (2017). ¿Hacia una movilidad sustentable? Desafíos de las políticas de reordenamiento del transporte público en Latinoamérica. El caso de Lima. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 21, 4–31. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.21.2017.2445%0A>
- Raynal, J. (2011). Cambio climático global: una realidad inequívoca. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 12, 421–427.
- Rea, M., Albán, L., & Guerrero, P. (2018). Incidencia de las rutas de ciclismo en la demanda de turismo activo de naturaleza de los ciclistas que recorren la provincia del Guayas. Diseño de un aplicativo móvil de cicloturismo. *Empresarial*, 11(44), 6. <https://doi.org/10.23878/empr.v11i44.106>
- Reichert, A., Holz, C., & Scheiner, J. (2016). GHG emissions in daily travel and long-distance travel in Germany – Social and spatial correlates. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 49, 25–43. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.029>
- Remache, A., Celi, S., & Peña, A. (2017). Análisis de la aplicación del pico y placa en la ciudad de Quito. *INNOVA Research Journal*, 2(6), 136–142. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n6.2017.300>
- Ríos, R., Taddia, A., Pardo, C., & Natalia, L. (2015). Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: guía para impulsar el uso de la bicicleta. In *Bid* (Vol. 91, Issue 5). <https://publications.iadb.org/es/ciclo-inclusion-en-america-latina-y-el-caribe-guia-para-impulsar-el-uso-de-la-bicicleta%0Ahttp://publications.iadb.org/handle/11319/6808>
- Rivera, L., Bolonio, D., Mazadiego, L., Naranjo, S., & Escobar, K. (2020). Long-term forecast of energy and fuels demand towards a sustainable road transport sector in Ecuador (2016–2035): A LEAP model application. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020472>
- Rodríguez, A., & Cuvi, N. (2019). Air pollution and environmental justice in Quito, Ecuador. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 8(3), 13–46. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p13-46>
- Rodríguez, L. (2007). Probabilidad Y Estadística Básica Para Ingenieros. In *Instituto de Ciencias Matemáticas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://books.google.com.pe/books?id=9DWw696jLbMC&printsec=frontcover&dq=Proba>

- bilidad+y+estadística+para+ingenieros&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjIpo3Zn-7hAhWHGrkGHb0nCZIQ6AEILjAB#v=onepage&q=Probabilidad y estadística para ingenieros&f=false%0Ahttp://online
- Rojas, M. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electronica de Veterinaria*, 16(1), 21–24.
- Rozehnalová, H., Mádr, M., Formanová, L., & Andrlík, B. (2021). Influence of pollutants from transport on life expectancy in the eu countries. *Problems of Sustainable Development*, 16(1), 209–217. <https://doi.org/10.35784/pe.2021.1.23>
- Ruiz, M., Mayorga, C., Aldas, D., & Reyes, J. (2019). El costo y la percepción en la sociedad por congestión vehicular causada por el transporte público urbano en la ciudad de Ambato, Ecuador. *Espacios*, 40(43), 22.
- Sánchez, C. (2016). Evolución del concepto de cambio climático y su impacto en la salud pública del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 33(1), 128–138. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.2014>
- Sánchez, F. (2020). *Emisión de gases de efecto invernadero* (1st ed.). Editorial Elearning. https://books.google.cl/books?id=zif-DwAAQBAJ&pg=PA7&dq=efecto+invernadero&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi0g4qE_bTtAhX4GbkGHbIwC0oQ6AEwA3oECAEQAg#v=onepage&q=
- Santos, M. M., Lanzinha, J. C. G., & Ferreira, A. V. (2021). Review on urbanism and climate change. *Cities*, 114, 103176. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103176>
- Shan, Y., Ou, J., Wang, D., Zeng, Z., Zhang, S., Guan, D., & Hubacek, K. (2021). Impacts of COVID-19 and fiscal stimuli on global emissions and the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, 11(3), 200–206. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00977-5>
- Sims, R., Schaeffer, R., Creutzig, F., Cruz, X., D'Agosto, M., Dimitriu, D., Figueroa, M., Fulton, L., Kobayashi, S., Lah, O., McKinnon, A., Newman, P., Ouyang, M., Schauer, J., Sperling, D., & Tiwari, G. (2014). Transport. In O. Edenhofer, R. Pichs, Y. Sokona, J. Minx, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. Stechow, & T. Zwickel (Eds.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge, pp. 279–300). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12457-5_15
- Singh, A., Baalsrud, J., Wiktorsson, M., & Upadhyay, U. (2022). Optimizing local and global objectives for sustainable mobility in urban areas. *Journal of Urban Mobility*, 2(100012). <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2021.100012>
- Solomon, S., Qin, D., & Manning, M. (2018). Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático pero no aprobado en detalles. In *Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPPC)*. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf
- Sørensen, M., Münzel, T., Brink, M., Roswall, N., Wunderli, J., & Foraster, M. (2020). Transport, noise, and health. In *Advances in Transportation and Health: Tools, Technologies, Policies, and Developments* (pp. 105–131). INC. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819136-1.00004-8>
- Soria, J., & Valenzuela, L. (2015). Dimensiones relevantes para la evaluación ambiental proactiva de la movilidad urbana. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 87, 5–24. <https://doi.org/dx.doi.org/10.14350/rig.34416>
- Soto, V., Arrieta, S., & Suárez, N. (2018). Análisis comparativo de los métodos de Evaluación de Impacto Ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia. *Revista de Investigación*

- Agraria y Ambiental*, 9(2), 281–294.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22490/21456453.2174>
- Suárez, H., Verano, D., & García, A. (2016). La movilidad urbana sostenible y su incidencia en el desarrollo turístico. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 48–62.
- Suárez, M., Galindo, C., & Murata, M. (2016). Bicicletas para la ciudad: Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista. In J. Palacio, M. Sánchez, H. Mendoza, & R. Pont (Eds.), *Universidad Nacional Autónoma de México* (Primera). Geografía para el siglo XXI.
<http://www.igg.unam.mx/publicaciones/bicicletas/pdf/completo.pdf>
- Szolyák, Z. (2019). Reducing the Environmental Pollution on Transport in Cities. *Acta Technologia*, 5(2), 29–36. <https://doi.org/10.22306/atec.v5i2.44>
- Tao, J., & Zhou, Z. (2021). Evaluation of Potential Contribution of Dockless Bike-sharing Service to Sustainable and Efficient Urban Mobility in China. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 921–932. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.008>
- Thompson, A. (2022, February 21). *The Pandemic Showed the Promise of Cities with Fewer Cars*. Scientific American. <https://www.scientificamerican.com/article/the-pandemic-showed-the-promise-of-cities-with-fewer-cars/>
- Tiznado-Aitken, I., Fuenzalida-Izquierdo, J., Sagaris, L., & Mora, R. (2021). Using the five Ws to explore bikeshare equity in Santiago, Chile. *Journal of Transport Geography*, 97, 103210. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2021.103210>
- Torres, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE Digital*, 2(1), 143–162.
<http://journals.upr.edu/index.php/cidedigital/article/view/11774>
- TUMI. (2021, May 22). *Climate-friendly Transport Initiative (ACT)*. JOINING FORCES FOR MORE TRANSPORT ACTION. <https://www.transformative-mobility.org/campaigns/climate-friendly-transport-initiative-act>
- Uribe, H., Valencia, A., & Ramos, S. (2020). Tendencias y evolución investigativa sobre la movilidad sostenible: una aproximación bibliométrica. *Produccion y Limpia*, 14(2), 42–60. <https://doi.org/10.22507/PML.V14N2A5>
- Vélez, C. (2021). Movilidad sustentable y saludable en bicicleta por tiempos de Covid en la ciudad de Manta. *Polo Del Conocimiento*, 6(2), 656–669.
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i2.2302>
- Viloria, M., Cadavid, L., & Awad, G. (2018). Metodología para Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de Infraestructura en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 121–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rcin.2941>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (9th ed.). Pearson Educación.
- Weiss, M., Dekker, P., Moro, A., Scholz, H., & Patel, M. K. (2015). On the electrification of road transportation - A review of the environmental, economic, and social performance of electric two-wheelers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 348–366. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.007>
- Winslott, L., & Svensson, Å. (2017). E-bike use in Sweden – CO2 effects due to modal change and municipal promotion strategies. *Journal of Cleaner Production*, 141, 818–824. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.141>

5.4. Anexos

Anexo A. Elaboración de la matriz de importancia depurada.

Tabla 17

Matriz de identificación de impactos.

		Acción										
		Uso de vehículos motorizados	Emisiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito	
Ambiente												
Físico	Aire	Calidad de aire	x	x	x	x	x	x		x		
		Emisiones de GEI	x	x		x	x	x				
		Nivel de polvo	x	x			x	x				
		Nivel de olor	x	x		x	x	x				
		Nivel de ruido	x		x		x	x		x		
	Paisaje	Clima	x	x			x	x				
		Ecosistema aire	x	x	x	x	x	x		x		
		Valor testimonial	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Calidad intrínseca	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Calidad extrínseca	x	x	x	x	x	x		x	x	
		Singularidades	x	x	x	x	x	x	x	x		
Socio económico y cultural	Recreativo	Recursos científico-culturales	x	x	x		x	x	x	x		
		Cinegético										
		Ocio y recreo			x		x	x	x	x		
	Cultural	Deportivo	x		x		x	x	x	x	x	
		Turístico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Zonas verdes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Factores educativos	x		x	x	x	x	x	x	x	
		Estilo de vida	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Zona de confort	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Humano	Calidad de vida	x	x	x	x	x	x	x	x	x
			Salud	x	x	x	x	x	x	x	x	x
			Relaciones sociales	x		x		x	x	x	x	x
			Integración social			x		x	x	x	x	x
Población	Demografía	x	x	x		x		x	x	x		
	Dinámica poblacional	x	x	x			x	x	x	x		
	Estructura ocupacional	x					x					
	Aceptación social de la actividad	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 18

Matriz de identificación de la naturaleza del impacto.

Ambiente		Acción										
		Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traiza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito	
Físico	Aire	Calidad de aire	-	-	-	-	+	+		+		
		Emissiones de GEI	-	-		-		+	+			
		Nivel de polvo	-	-				+	+			
		Nivel de olor	-	-		-		+	+			
		Nivel de ruido	-		-			+	+		+	
		Clima	-	-				+	+			
	Paisaje	Ecosistema aire	-	-	-	-	+	+			+	
		Valor testimonial	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
		Calidad intrínseca	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
		Calidad extrínseca	-	-	-	-	-	+	+		+	+
		Singularidades	-	-	-	-	-	+	+		+	
		Recursos científico-culturales	-	-	-	-	-	+	+		+	
		Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético								
Ocio y recreo					-		-	+	+	+	+	+
Deportivo	-			-	-		-	+	+	+	+	+
Turístico	-			-	-	-	-	+	+	+	+	+
Cultural	Zonas verdes		-	-	-	-	-	+	+		+	+
	Factores educativos		-	-	-		-	+	+	+	+	+
	Estilo de vida		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Humano	Zona de confort		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	Calidad de vida		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	Salud		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	Relaciones sociales				-		-	+	+	+	+	+
Población	Integración social				-		-	+	+	+	+	+
	Demografía				-		-		+		+	+
	Dinámica poblacional	+		-			+	+		+	+	
	Estructura ocupacional	+	-		+	-	+	+	+			
	Aceptación social de la actividad	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 19

Matriz de definición de la intensidad.

		Acción											
		Uso de vehículos motorizados	Emisiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito		
Ambiente	Físico	Aire	Calidad de aire	8	12	4	4	8	8		8		
			Emisiones de GEI	12	8		2	8	8				
			Nivel de polvo	2	2			8	8				
			Nivel de olor	4	4		2	4	4				
			Nivel de ruido	8		12		12	2		12		
		Clima	8	8			4	8					
		Ecosistema aire	8	8	4	2	8	8		8			
		Valor testimonial	2	4	4	4	8	8	4	8	8		
		Paisaje	Calidad intrínseca	4	4	4	8	8	8	8	8	8	
			Calidad extrínseca	2	2	2	4	4	8	8	4	8	
	Singularidades		2	4	2	2	4	4	2	1			
	Recursos científico-culturales		2	1	1	2	4	4	2	1			
	Socio económico y cultural		Recreativo	Cinegético									
		Ocio y recreo				4		4	8	8	4	4	8
		Deportivo		4	4	2		2	8	8	12	4	12
		Cultural	Turístico	8	8	4	2	8	12	8	8	8	8
			Zonas verdes	8	8	4	8	4	8	8		2	4
			Factores educativos	2	4	2		2	8	8	2	2	8
		Humano	Estilo de vida	4	8	8	4	4	8	8	8	8	8
			Zona de confort	1	8	4	4	2	8	4	4	4	4
Calidad de vida			8	8	8	4	4	12	12	8	8	12	
Población		Salud	8	8	8	4	4	12	12	12	8	8	
		Relaciones sociales			2		2	8	4	8	4	8	
		Integración social			2		1	4	8	4	4	4	
Población		Demografía			2		1		2		2	2	
		Dinámica poblacional	12		1			4	2		2	2	
		Estructura ocupacional	12	1		1	1	4	4	8			
	Aceptación social de la actividad	8	2	4	4	8	8	12	8	8	8		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 20

Matriz de definición de la extensión.

Ambiente		Acción										
		Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito	
Físico	Aire	Calidad de aire	1	1	1	1	1	1		1		
		Emisiones de GEI	2	2		1		2	1			
		Nivel de polvo	1	1				1	1			
		Nivel de olor	1	1		1		1	1			
		Nivel de ruido	1		1			1	1		1	
	Paisaje	Clima	2	2				2	2			
		Ecosistema aire	2	1	1	1		2	2		1	
		Valor testimonial	1	1	1	1	2	2	2	1	2	4
		Calidad intrínseca	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2
		Calidad extrínseca	1	1	1	1	1	2	1		1	2
Socio económico y cultural	Recreativo	Singularidades	1	1	1	1	1	1	1		1	
		Recursos científico-culturales	1	1	1	1	1	1	1		1	
		Cinegético										
	Cultural	Ocio y recreo			1		1	1	1	2	1	2
		Deportivo	1	1	1		1	2	2	1	1	2
		Turístico	1	1	1	1	1	4	4	2	2	4
	Humano	Zonas verdes	1	1	1	1	1	2	2		1	2
		Factores educativos	2	1	1		2	1	2	1	1	1
		Estilo de vida	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	Población	Zona de confort	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calidad de vida		2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
Salud		2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
Población	Relaciones sociales			1		1	1	1	1	1	1	
	Integración social			1		1	1	1	1	1	1	
	Demografía			1		1		1		1	1	
	Dinámica poblacional	2		1			2	2		1	2	
Población	Estructura ocupacional	2	1		2	2	1	2	1			
	Aceptación social de la actividad	1	1	1	1	2	4	8	4	2	4	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 21

Matriz de definición del momento.

Ambiente		Acción											
		Uso de vehículos motorizados	Emisiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito		
Físico	Aire	Calidad de aire	4	4	4	1	3	3		4			
		Emisiones de GEI	4	4		1	3	3					
		Nivel de polvo	3	3			3	3					
		Nivel de olor	3	3		3	3	3					
		Nivel de ruido	4		4		4	3		4			
		Clima	2	2			2	2					
		Ecosistema aire	2	2	4	1	1	2		3			
		Valor testimonial	4	3	4	3	4	4	4	4	3	2	
		Paisaje	Calidad intrínseca	4	3	3	3	4	4	4	4	3	2
			Calidad extrínseca	3	3	3	3	4	4	4		3	2
		Singularidades	2	2	2	2	3	3	4		3		
		Recursos científico-culturales	2	2	1	2	2	3	3		3		
Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético											
		Ocio y recreo			3		2	3	4	4	3	3	
		Deportivo	2	2	3		4	4	4	4	4	3	
		Turístico	2	3	4	2	8	4	4	4	8	3	
		Zonas verdes	2	3	3	2	4	4	4		4	3	
	Cultural	Factores educativos	2	3	2		2	3	3	4	3	3	
		Estilo de vida	3	3	3	2	3	3	4	8	3	4	
		Zona de confort	4	3	3	2	3	3	4	4	3	3	
	Humano	Calidad de vida	3	4	3	2	4	4	4	8	4	8	
		Salud	2	2	2	1	1	3	4	8	4	4	
		Relaciones sociales			2		3	3	2	3	2	2	
		Integración social			2		3	3	2	3	2	2	
	Población	Demografía			2		3		3		2	2	
	Dinámica poblacional	3		3			3	3		2	3		
	Estructura ocupacional	3	3		2	2	2	2	2				
	Aceptación social de la actividad	4	3	4	3	2	8	4	4	4	4	4	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 22

Matriz de definición de la persistencia.

		Acción												
		Uso de vehículos motorizados	Emisiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito			
Ambiente	Físico	Aire	Calidad de aire	2	2	1	2	2	2	2	2	2		
			Emisiones de GEI	2	2		2	2	2					
			Nivel de polvo	2	1				2	2				
			Nivel de olor	1	2		2		2	2				
			Nivel de ruido	1		1			2	3		2		
		Clima	2	2				3	3					
		Ecosistema aire	2	2	1	2		3	3		3			
		Valor testimonial	3	2	2	3	3	3	3	2	3	2		
		Paisaje	Calidad intrínseca	3	1	1	3	3	3	3	2	2	2	
			Calidad extrínseca	3	1	1	3	3	3	3		2	2	
	Singularidades		2	1	1	2	3	2	3		1			
	Recursos científico-culturales		2	2	1	2	3	2	2		2			
	Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético											
			Ocio y recreo			1		3	2	2	2	2	3	
			Deportivo	3	2	1		3	3	4	3	1	3	
			Turístico	3	2	2	2	4	3	4	3	3	4	
			Zonas verdes	3	3	1	2	4	3	3		3	4	
		Cultural	Factores educativos	1	1	1		2	2	3	4	3	3	
			Estilo de vida	3	2	2	3	3	3	3	4	2	3	
Zona de confort			2	2	2	2	2	3	3	4	2	3		
Humano		Calidad de vida	3	2		3	3	4	4	4	3	3		
		Salud	3	3	2	3	3	4	4	4	3	2		
		Relaciones sociales			1		2	2	3	3	2	3		
		Integración social			1		2	2	3	3	2	3		
Población		Demografía			1		2		2		2	2		
		Dinámica poblacional	3		1			2	2		1	1		
		Estructura ocupacional	3	2		3	1	2	1	3				
	Aceptación social de la actividad	3	2	1	2	4	4	4	4	4	4			

Nota: Elaboración propia.

Tabla 23

Matriz de definición de la reversibilidad.

		Acción	Ambiente									
			Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito
Físico	Aire	Calidad de aire	3	3	1	3	2	2		1		
		Emissiones de GEI	3	3		3	2	2				
		Nivel de polvo	2	2			2	2				
		Nivel de olor	1	2		1	2	2				
		Nivel de ruido	1		1		2	1		1		
	Paisaje	Clima	2	3			2	2				
		Ecosistema aire	2	3	1	1	2	2		1		
		Valor testimonial	3	2	1	2	3	2	2	2	1	2
		Calidad intrínseca	2	2	1	2	3	2	2	1	1	2
		Calidad extrínseca	2	1	1	2	3	2	1		1	2
Socio económico y cultural	Recreativo	Singularidades	2	1	1	1	3	2	1		1	
		Recursos científico-culturales	2	1	1	2	3	2	1		1	
		Cinegético										
	Cultural	Ocio y recreo			2		3	2	2	1	2	1
		Deportivo	2	2	1		3	1	1	1	1	1
		Turístico	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1
	Humano	Zonas verdes	2	3	2	2	3	2	1		1	1
		Factores educativos	1	2	1		2	1	1	1	1	1
		Estilo de vida	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1
	Población	Zona de confort	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1
Calidad de vida		2	3	2	2	3	2	2	2	1	1	
Salud		3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	
Población	Relaciones sociales			2		2	1	1	1	2	1	
	Integración social			2		2	1	1	1	2	1	
	Demografía			1		2		1		1	1	
	Dinámica poblacional	2		1			1	1		1	1	
Población	Estructura ocupacional	2	2		2	2	1	2	1			
	Aceptación social de la actividad	3	2	2	2	4	3	3	2	3	2	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 24

Matriz de definición de la sinergia.

Ambiente		Acción										
		Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito	
Físico	Aire	Calidad de aire	2	2	1	2	2	2	2		2	
		Emissiones de GEI	2	2		2	2	2				
		Nivel de polvo	2	2			2	2				
		Nivel de olor	2	2		2	2	2				
		Nivel de ruido	1		1			2	2		2	
	Paisaje	Clima	4	4			4	4				
		Ecosistema aire	4	4	2	2	4	4			2	
		Valor testimonial	1	1	1	1	2	2	4	2	4	2
		Calidad intrínseca	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
		Calidad extrínseca	1	1	1	1	2	2	2		2	2
Socio económico y cultural	Recreativo	Singularidades	1	1	1	1	2	2	2		2	
		Recursos científico-culturales	1	1	1	1	2	2	2		2	
		Cinegético										
	Cultural	Ocio y recreo			1		1	2	2	4	2	2
		Deportivo	1	1	1		1	2	4	4	2	4
		Turístico	1	2	1	2	4	4	4	4	2	4
	Humano	Zonas verdes	2	1	1	2	4	4	4	1	2	2
		Factores educativos	1	1	1		2	2	2	4	2	2
		Estilo de vida	1	1	2	1	2	4	2	4	4	4
	Población	Zona de confort	1	1	2	1	2	2	2	4	2	2
Calidad de vida		2	2	2	1	2	4	4	4	4	4	
Salud		2	2	2	1	2	4	4	4	4	4	
Población	Relaciones sociales			1		1	2	2	4	2	4	
	Integración social			1		1	2	2	4	2	4	
	Demografía			1		1		2		2	4	
	Dinámica poblacional	1		1			2	2		2	4	
	Estructura ocupacional	1	1		1	2	2	2	4			
Población	Aceptación social de la actividad	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 25

Matriz de definición de la acumulación.

Ambiente		Acción										
		Uso de vehículos motorizados	Emisiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito	
Físico	Aire	Calidad de aire	4	4	1	4	4	4	4		4	
		Emisiones de GEI	4	4		4	4	4				
		Nivel de polvo	4	4			4	4				
		Nivel de olor	4	4		4	4	4				
		Nivel de ruido	1		1		4	4		4		
		Clima	4	4			4	4				
		Ecosistema aire	4	4	1	4	4	4		4		
		Valor testimonial	1	4	1	4	4	4	4	4	4	
		Paisaje	Calidad intrínseca	1	1	1	1	4	4	4	4	4
			Calidad extrínseca	1	1	1	1	4	4	4	4	4
		Singularidades	1	1	1	4	4	4	4	4		
		Recursos científico-culturales	1	1	1	1	4	4	4	4		
Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético										
		Ocio y recreo			1		1	4	1	1	4	1
		Deportivo	1	1	1		4	4	4	4	4	4
		Turístico	1	4	1	4	4	4	4	4	4	4
		Zonas verdes	4	4	1	4	4	4	4	1	1	4
	Cultural	Factores educativos	1	1	1		1	4	4	4	4	4
		Estilo de vida	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		Zona de confort	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Humano	Calidad de vida	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		Salud	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4
		Relaciones sociales			4		1	4	4	4	4	1
		Integración social			4		1	4	4	4	4	1
	Población	Demografía			1		1		4		4	4
	Dinámica poblacional	1		1			4	4		4	4	
	Estructura ocupacional	1	1		4	1	4	1	1			
	Aceptación social de la actividad	4	1	4	4	1	4	4	4	4	4	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 26

Matriz de definición del efecto.

Ambiente		Acción											
		Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito		
Físico	Aire	Calidad de aire	4	4	4	1	4	4		4			
		Emissiones de GEI	4	4		1	4	4					
		Nivel de polvo	4	4			4	4					
		Nivel de olor	4	4		1	4	4					
		Nivel de ruido	4		4		4	4		4			
		Clima	1	1			4	4					
		Ecosistema aire	4	4	4	1	4	4		4			
		Valor testimonial	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	
		Paisaje	Calidad intrínseca	1	1	1	4	4	4	1	1	4	1
			Calidad extrínseca	4	4	4	4	4	4	1		4	1
		Singularidades	4	1	1	4	4	4	1		4		
		Recursos científico-culturales	4	1	1	1	4	4	1		4		
Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético											
		Ocio y recreo			1		1	4	1	1	1	1	
		Deportivo	1	1	1		1	4	1	1	1	1	
		Turístico	1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	
		Zonas verdes	4	1	1	4	4	4	1		1	1	
	Cultural	Factores educativos	1	1	4		1	4	1	4	4	1	
		Estilo de vida	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	
		Zona de confort	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	
	Humano	Calidad de vida	1	4	4	1	1	4	4	4	4	1	
		Salud	1	4	1	1	1	4	4	4	1	1	
		Relaciones sociales			1		1	1	1	1	1	1	
		Integración social			1		1	1	1	1	1	1	
	Población	Demografía			1		1		1		1	1	
	Dinámica poblacional	4		1			1	1		1	1		
	Estructura ocupacional	4	1		1	1	1	1	1				
	Aceptación social de la actividad	4	4	1	1	4	4	4	4	1	4		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 27

Matriz de definición de la periodicidad.

		Acción	Ambiente									
			Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito
Físico	Aire	Calidad de aire	4	4	2	2	4	4		4		
		Emissiones de GEI	4	4		2	4	4				
		Nivel de polvo	4	4			4	4				
		Nivel de olor	4	4		2	4	4				
		Nivel de ruido	4		2		4	4		4		
	Paisaje	Clima	1	1			1	1				
		Ecosistema aire	4	4	1	1	2	4		1		
		Valor testimonial	4	4	2	4	4	4	4	2	2	
		Calidad intrínseca	4	4	2	4	4	4	4	2	2	
		Calidad extrínseca	4	4	2	4	4	4	4	2	2	
Socio económico y cultural	Recreativo	Singularidades	2	2	2	1	2	2	2	1		
		Recursos científico-culturales	2	1	2	1	2	2	2	1		
		Cinegético										
	Cultural	Ocio y recreo			1		2	4	2	1	2	1
		Deportivo	1	1	1		2	4	4	2	1	1
		Turístico	2	1	1	4	4	4	4	1	2	2
	Humano	Zonas verdes	1	1	1	4	4	4	4		1	1
		Factores educativos	1	1	1		2	2	2	2	2	1
		Estilo de vida	4	4	2	2	2	4	4	4	4	2
	Población	Zona de confort	4	4	2	2	1	4	4	4	4	2
Calidad de vida		4	4	2	2	2	4	4	4	4	2	
Salud		4	4	2	2	1	4	4	4	4	2	
Población	Relaciones sociales			1		1	2	1	2	1	1	
	Integración social			1		1	2	1	2	1	1	
	Demografía			1		1		1		1	1	
	Dinámica poblacional	2		1			4	1		1	1	
Población	Estructura ocupacional	2	1		2	2	2	1	2			
	Aceptación social de la actividad	4	4	1	2	1	4	4	4	4	4	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 28

Matriz de definición de la recuperabilidad.

Ambiente		Acción									
		Uso de vehículos motorizados	Emissiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito
Físico	Aire	Calidad de aire	3	3	1	3	2	2		1	
		Emissiones de GEI	3	3		2	2	2			
		Nivel de polvo	2	2			2	2			
		Nivel de olor	2	2		1	2	2			
		Nivel de ruido	2		1		2	2		1	
	Clima	4	4			2	2				
	Ecosistema aire	4	4	2	1	2	2		2		
	Paisaje	Valor testimonial	4	3	2	2	4	2	1	2	2
		Calidad intrínseca	4	3	2	2	4	3	1	2	2
		Calidad extrínseca	4	3	1	1	3	2	1	2	1
Singularidades		4	2	1	1	3	2	1	2		
Recursos científico-culturales		4	2	1	2	4	2	1	2		
Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético									
		Ocio y recreo			1		3	2	1	1	1
		Deportivo	1	1	1		3	1	2	1	2
	Cultural	Turístico	3	3	2	2	4	2	2	2	1
		Zonas verdes	4	3	2	3	4	2	2	1	1
		Factores educativos	3	2	1		2	2	1	1	1
	Humano	Estilo de vida	3	3	2	2	3	2	2	2	1
		Zona de confort	3	3	2	2	3	1	1	2	1
		Calidad de vida	3	3	2	3	3	2	2	2	1
	Población	Salud	4	3	2	3	3	2	2	2	1
		Relaciones sociales			1		2	1	1	2	1
		Integración social			1		1	1	1	2	2
		Demografía			1		1		1	2	1
Población	Dinámica poblacional	2		1			1	1	1	1	
	Estructura ocupacional	2	2		2	2	1	1	2		
	Aceptación social de la actividad	1	2	1	2	2	3	2	2	2	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29

Matriz de importancia.

Ambiente		Acción											
		Uso de vehículos motorizados	Emisiones de gases traza	Emisión de ruido automotriz	Generación de desechos peligrosos y/o especiales	Degradación paisajística	Uso de la bicicleta	Mejoramiento de la calidad de aire	Mejoramiento de la salud individual	Minimización del ruido urbano	Reducción de accidentes de tránsito		
Físico	Aire	Calidad de aire	-52	-64	-29	-32		49	49		48		
		Emisiones de GEI	-66	-54		-25		51	49				
		Nivel de polvo	-31	-30				49	49				
		Nivel de olor	-35	-37		-24		37	37				
		Nivel de ruido	-44		-53			62	31		60		
		Clima	-48	-49				38	50				
		Ecosistema aire	-54	-53	-30	-21		50	53		46		
		Valor testimonial	-32	-37	-31	-37	-56	53	39	47	51	52	
		Paisaje	Calidad intrínseca	-34	-30	-26	-48	-56	54	47	46	46	45
			Calidad extrínseca	-30	-26	-22	-33	-41	53	46		34	44
		Singularidades	-26	-25	-18	-24	-38	35	26		23		
		Recursos científico-culturales	-26	-16	-14	-20	-38	35	24		24		
Socio económico y cultural	Recreativo	Cinegético						49	41	31	31	41	
		Ocio y recreo						49	41	31	31	41	
		Deportivo	-26	-25	-18		-29	51	52	58	30	58	
		Turístico	-41	-45	-28	-30	-61	71	57	49	51	52	
		Zonas verdes	-48	-45	-26	-49	-45	55	51		22	33	
	Cultural	Factores educativos	-21	-26	-20		-24	46	45	32	28	42	
		Estilo de vida	-39	-49	-47	-31	-34	53	50	58	50	46	
		Zona de confort	-26	-49	-35	-30	-26	48	38	42	35	31	
	Humano	Calidad de vida	-50	-52	-45	-32	-36	68	66	58	52	62	
		Salud	-51	-51	-44	-32	-28	67	66	70	50	45	
		Relaciones sociales			-21		-21	42	29	46	29	40	
		Integración social			-21		-17	30	41	34	30	28	
		Demografía			-17		-17		23		23	24	
	Población	Dinámica poblacional	58		-15			34	25		21	26	
		Estructura ocupacional	58	-18		24	-20	29	27	42			
	Aceptación social de la actividad	50	-27	-29	-31	-48	66	81	60	54	60		

Nota: Elaboración propia.

Anexo B. Encuesta aplicada a la población muestral de la parroquia La Matriz.

ENCUESTA PROPUESTA

Perfil del encuestado:

1) Cuál es su género?

Masculino _____ Femenino _____

2) Cuál es su edad?

15-20_____ 21-25_____ 26-30_____ 31-35_____ 36-40_____ >40_____

3) Cuál es el nivel de su formación educativa?

Escuela_____ Colegio_____ Universidad_____ Posgrado_____ Ninguna_____

4) Que actividades realiza dentro de la parroquia La Matriz?

Trabajo de oficina_____ Comercio_____ Residencia_____ Visita transitoria_____
Educación_____

5) Con que frecuencia se encuentra en la parroquia La Matriz por semana?

1 a 5 veces_____ 6 a 10 veces_____ 11 a 15 veces_____ Siempre_____

6) Cuál es su modo de transporte preferido para trasladarse dentro de la parroquia La Matriz?

Taxi_____ Bus_____ Auto_____ Caminata_____ Bicicleta_____

Preguntas:

1) Usted considera que el transporte convencional representa un problema ambiental en la parroquia La Matriz?

SI_____ NO_____

2) Señale las consecuencias ambientales que usted cree que genera el transporte convencional.

Emisión de gases traza _____

Emisión de ruido _____

Generación de desechos de aceite _____

Consumo de recursos no renovables _____

Degradación paisajística _____

Ninguna _____

Otras: _____

3) Indique los beneficios que usted considera que tiene el transporte convencional.

Recorrer largas distancias _____
Fácil accesibilidad _____
Cuidado de la intemperie _____
Movilización sin esfuerzo _____
Precios de transporte accesibles _____
Ninguno _____
Otros: _____

4) Usted cree que se debería cambiar el modo de transporte en la parroquia La Matriz?

SI _____ NO _____

5) Usted considera apropiado el uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad?

SI _____ NO _____

6)Cuál es la alternativa de transporte activo que usted elegiría para moverse?

Bicicleta _____ Caminar _____ Patines _____ Monopatines _____

7) Usted dispone de una bicicleta dentro de su domicilio?

SI _____ NO _____

8) Usted utiliza actualmente la bicicleta como medio de transporte?

SI _____ NO _____

9)Cuál es la manera en la que usted utiliza la bicicleta?

Recreación _____ Transporte _____ Deporte _____ No la utilizo _____ Ninguna _____

10) Usted estaría dispuesto a usar en un futuro la bicicleta para trasladarse de un lugar a otro?

SI _____ NO _____

11) Qué cree usted que se debe de mejorar para utilizar la bicicleta como medio de transporte?

- Seguridad para los ciclistas _____
- Infraestructura para bicicletas _____
- Ubicación de las ciclovías _____
- Bicicletas de acceso público _____
- Asistencia mecánica para bicicletas _____
- Otro: _____

12) Indique cuales de los siguientes co-beneficios del uso de la bicicleta son para usted los más importante.

- Reducción de emisiones de gases _____
- Reducción de estrés urbano _____
- Reducción de ruido vehicular _____
- Recuperación del espacio público _____
- Mejoramiento de la salud _____
- Reducción de accidentes de tránsito _____
- Otros: _____

13) Indique cuales son los motivo por los que usted usaría la bicicleta como medio de transporte.

- Evitar el tráfico vehicular _____
- Cuidar el ambiente _____
- Ahorro económico _____
- Mejorar mi salud _____
- Otros: _____

14) Indique cuales son para usted los aspectos negativos vinculados al uso de la bicicleta.

- Riesgo de accidentes con autos _____
- Inexistencia de vías adecuadas para bicicletas _____
- Irrespeto vehicular _____
- Otros: _____

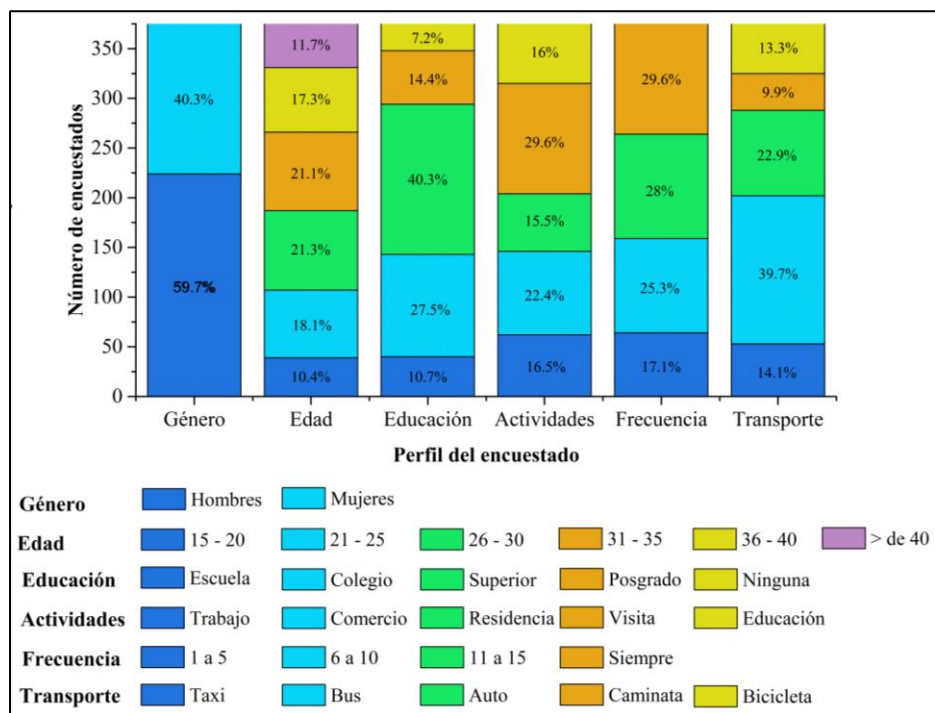
15) Cuáles de las siguientes medidas considera usted que se debe ejecutar para mejorar la movilidad en la parroquia La Matriz.

- Fomentar el uso de la bicicleta _____
- Mejorar el transporte urbano público _____
- Promover el uso de biocombustibles _____
- Utilizar medios de transporte eléctricos _____
- Otros: _____

Anexo C. Resultados de la encuesta aplicada en la parroquia La Matriz.

Figura 2

Perfil personal de la muestra poblacional.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3

Respuestas de la pregunta 1.

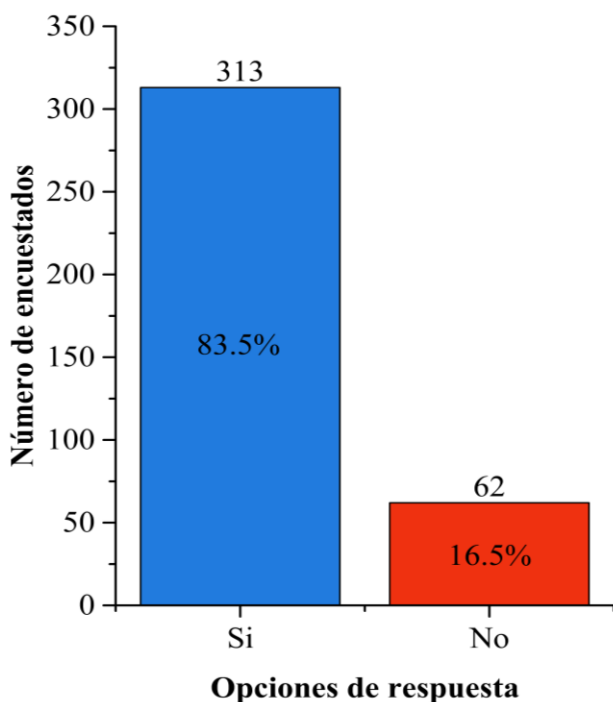


Figura 4

Respuestas de la pregunta 2.

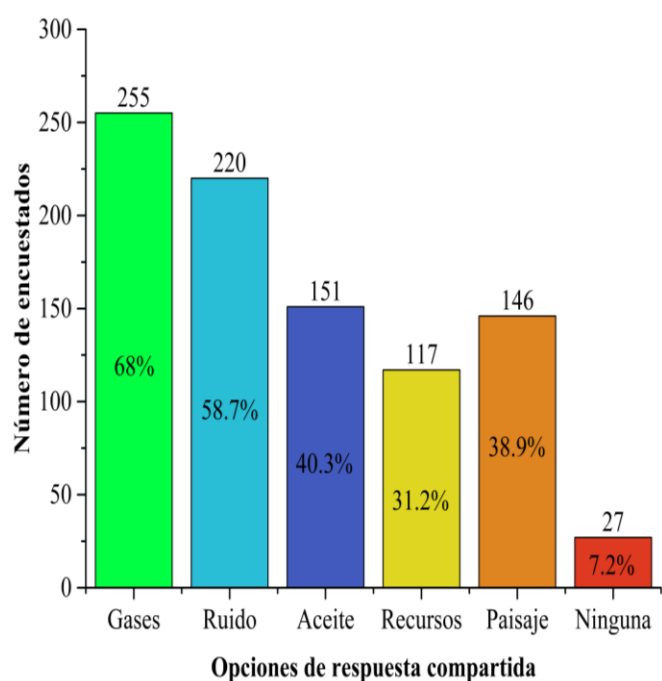


Figura 5

Respuestas de la pregunta 3.

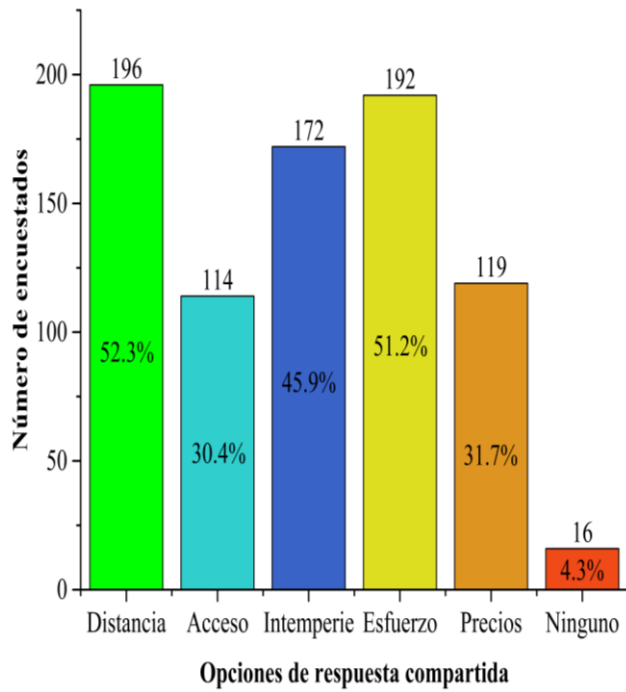


Figura 6

Respuestas de la pregunta 4.

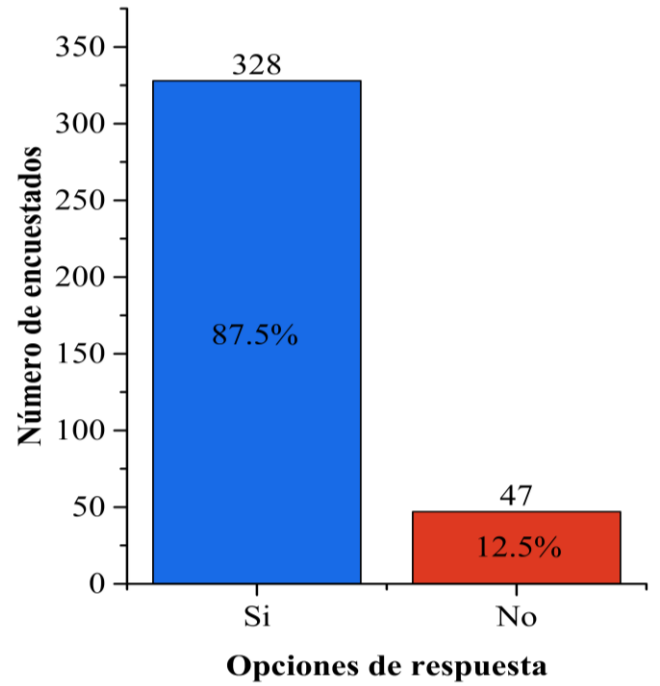


Figura 7

Respuestas de la pregunta 5.

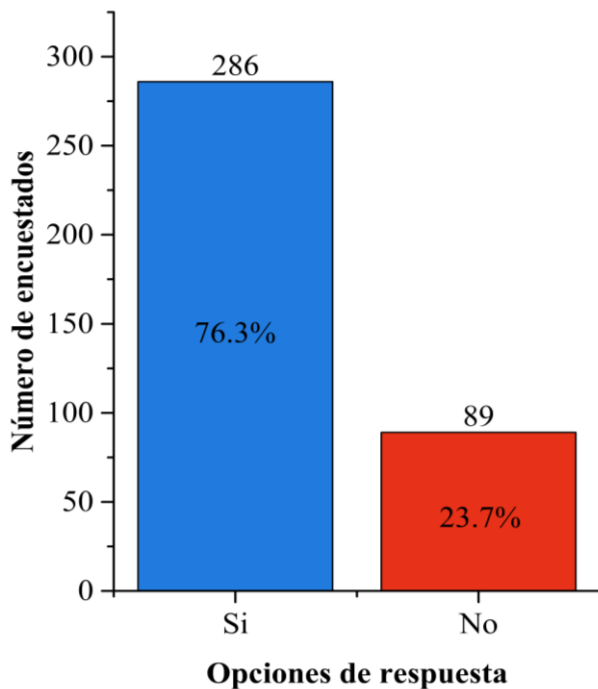


Figura 8

Respuestas de la pregunta 6.

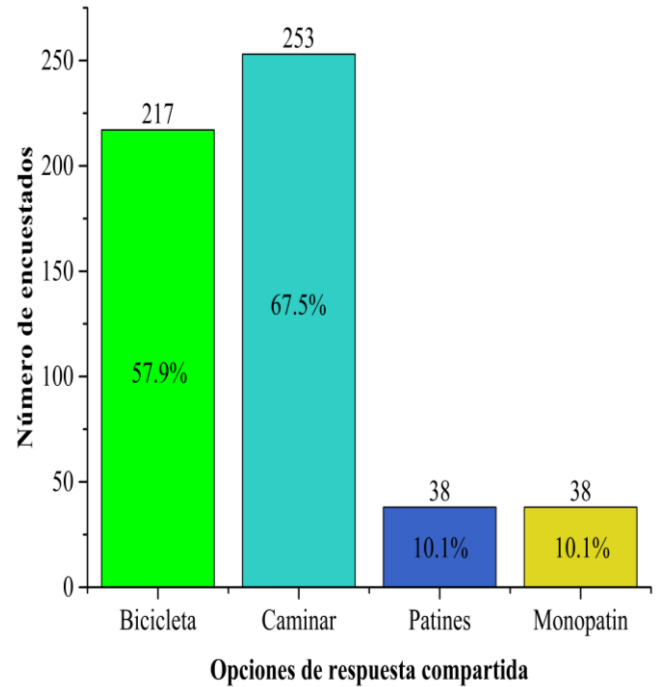


Figura 9

Respuestas de la pregunta 7.

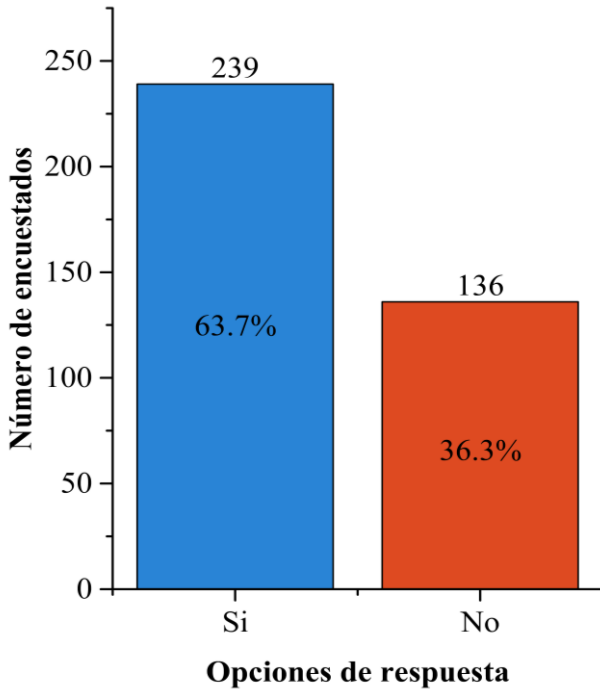


Figura 10

Respuestas de la pregunta 8.

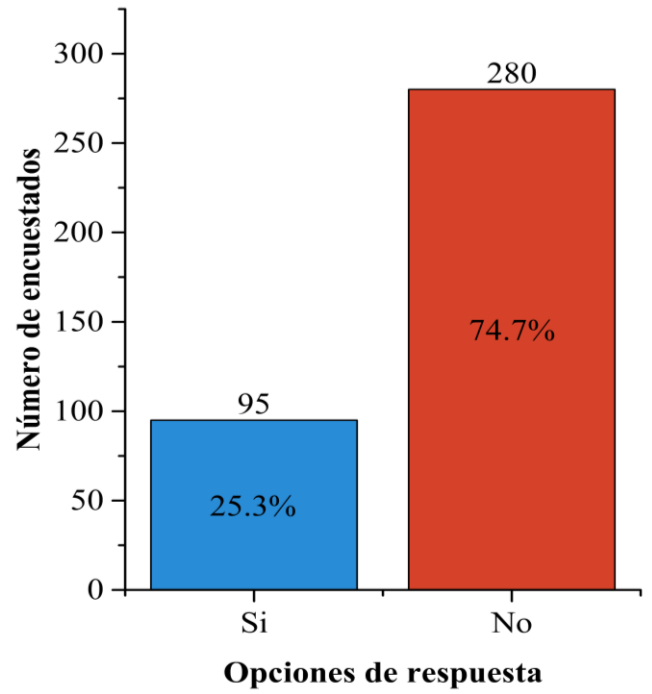


Figura 11

Respuestas de la pregunta 9.

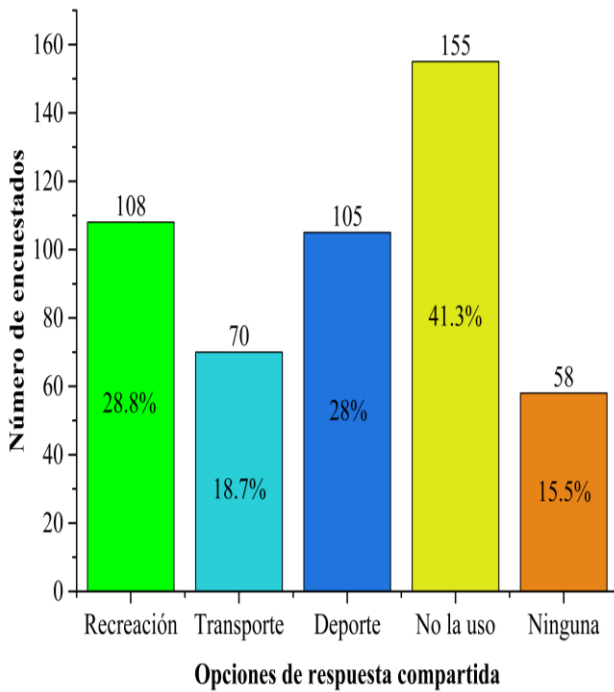


Figura 12

Respuestas de la pregunta 10.

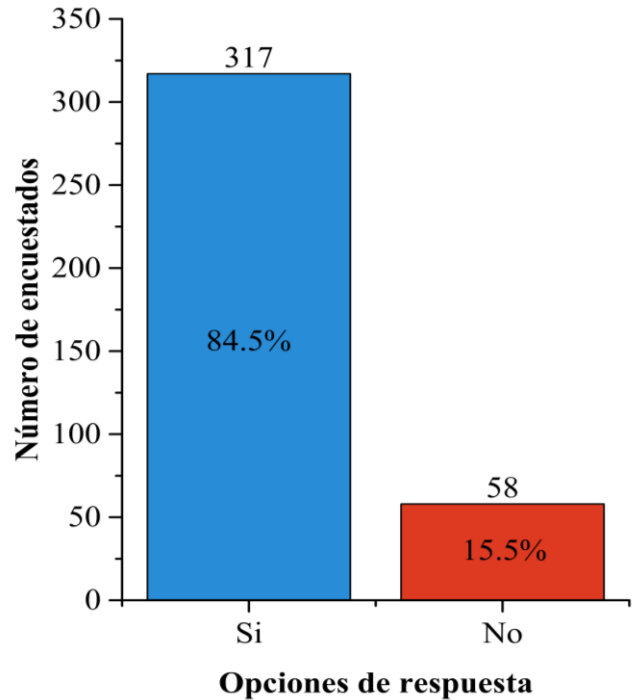


Figura 13

Respuestas de la pregunta 11.

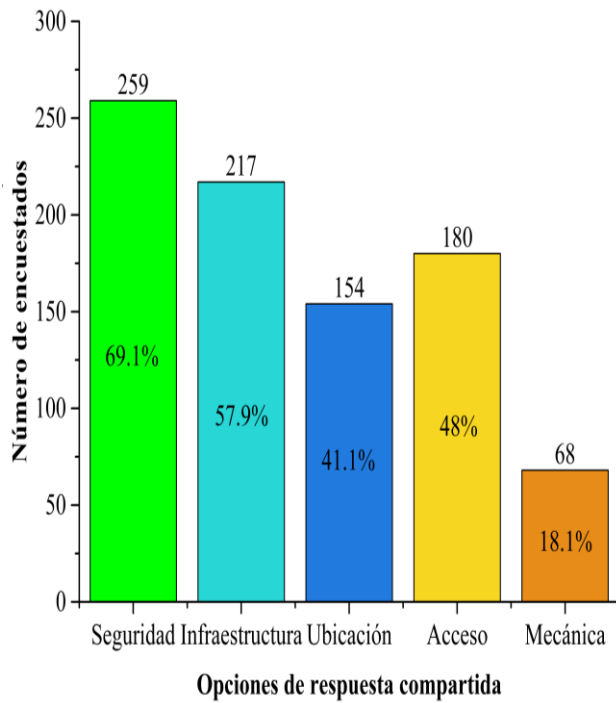


Figura 14

Respuestas de la pregunta 12.

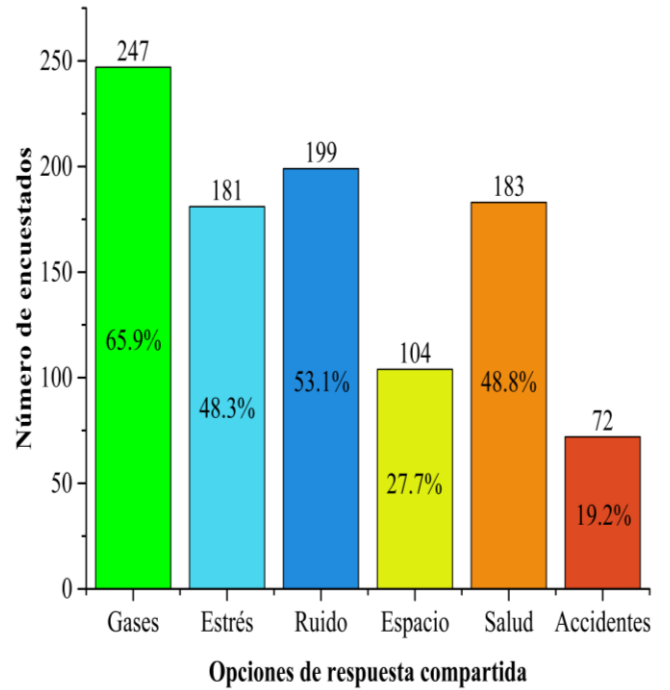


Figura 15

Respuestas de la pregunta 13.

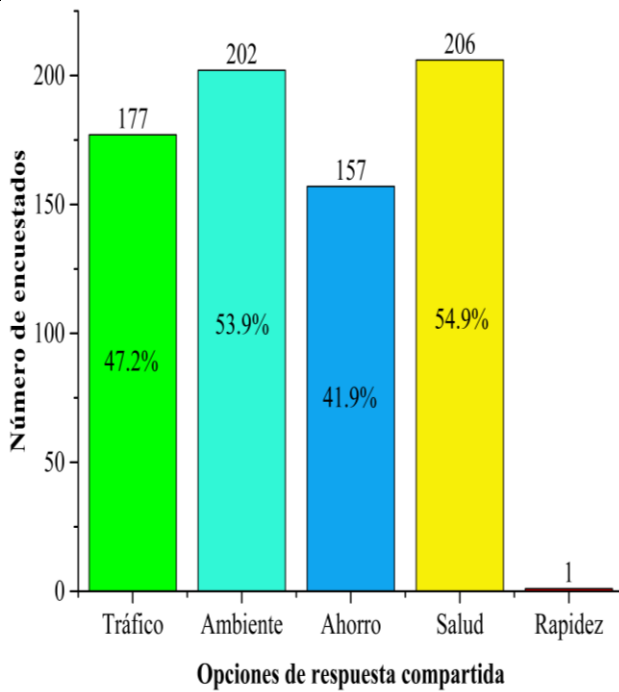


Figura 16

Respuestas de la pregunta 14.

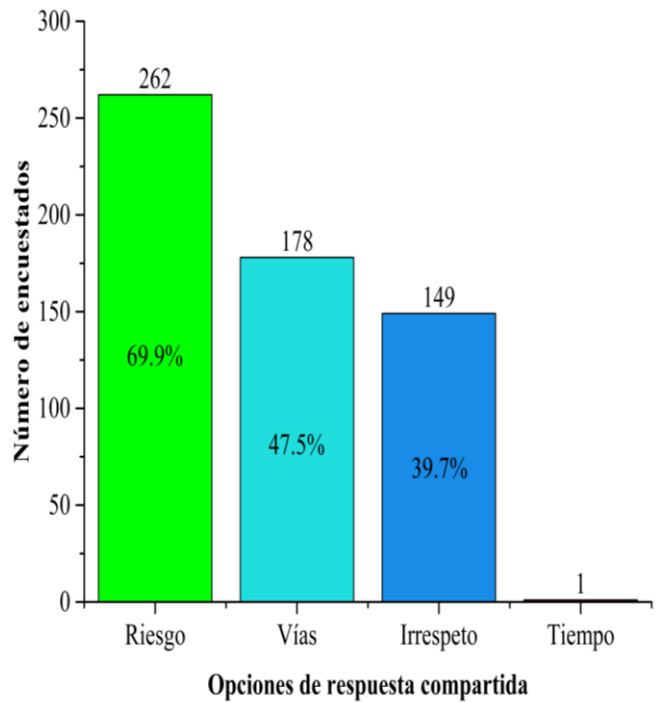
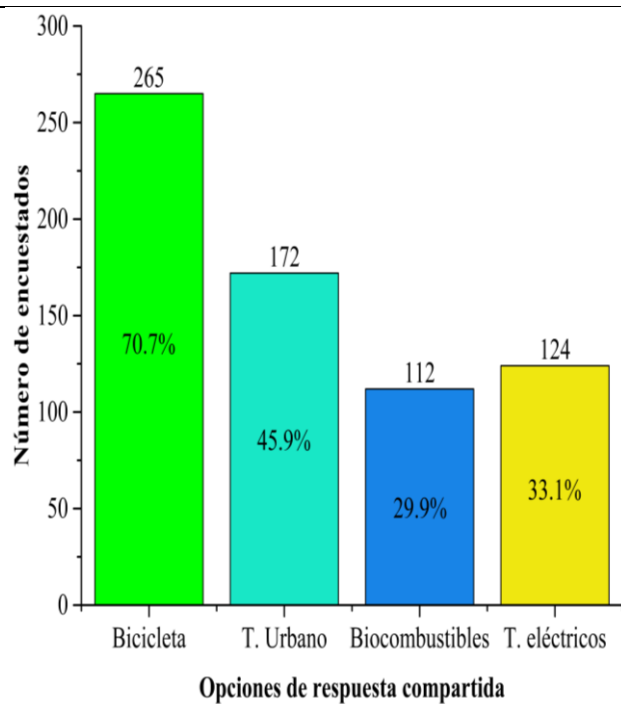


Figura 17

Respuestas de la pregunta 15.



Nota: Elaboración propia.