

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

Incidencia de la infraestructura ciclística de la ciudad de Cuenca en los
siniestros de ciclistas en el periodo 2017-2023.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autor(es)

Zhunio Peláez Andrés Alexander

Director

Ing. Mateo Coello Salcedo MSc.

CUENCA – ECUADOR

2024

DEDICATORIA

A lo largo de la carrera universitaria existieron muchos caminos difíciles de recorrer que hacen que las personas formen su carácter y fortalezcan sus valores, y para ello es fundamental contar con el apoyo incondicional de las personas que están siempre cercanas especialmente mis padres que su esfuerzo de varios años sean compensados con este objetivo que está por cumplirse, es por ese motivo que esta dedicatoria es para aquellas personas que estuvieron y están siempre ahí, brindando su apoyo de manera incondicional, siempre buscando la forma de contribuir para que el objetivo final pueda ser materializado.

Andrés Alexander Zhunio Peláez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a mis padres por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias para llevar a cabo esta investigación y culminar con éxito mi trayectoria universitaria. Expreso mi agradecimiento a mi tutor de tesis, docente de la Universidad del Azuay, por su asesoría y apoyo académico.

Incidencia de la infraestructura ciclística de la ciudad de Cuenca en los siniestros de ciclistas en el periodo 2017-2023.

Resumen

La presente investigación constituye un aporte significativo al estudio de la movilidad activa en la ciudad de Cuenca-Ecuador, al analizar por primera vez la relación entre la infraestructura ciclística de la ciudad y los siniestros ocurridos entre los años 2017 y 2023. Para llevar a cabo este análisis, se empleó la metodología Manhattan, que considera la distancia de un punto a otro siguiendo una ruta y no en línea recta, para determinar la proximidad de los siniestros a la infraestructura ciclística. Además, se utilizó un análisis espacial para identificar visualmente la ubicación de los siniestros en relación con la infraestructura ciclística.

Los resultados de la investigación muestran una relación directa entre el crecimiento acumulado de los kilómetros de infraestructura ciclística y el número acumulado de siniestros por año. Asimismo, se observa que a medida que aumenta la extensión de la infraestructura ciclística, la distancia promedio de la infraestructura a los siniestros disminuye.

Palabras claves: carriles bici, siniestros de ciclistas, distancia Manhattan, desplazamientos en bicicleta, movilidad sostenible.

Ing. Mateo Coello Salcedo Msc.

Director del trabajo de titulación

Ing. Robert Rockwood Iglesias MSc.

Coordinador de escuela

Andrés Alexander Zhunio Peláez

Autor

Incidence of the cycling infrastructure of the city of Cuenca on cyclist accidents in the period 2017-2023.

Abstract

This research constitutes a significant contribution to the study of active mobility in the city of Cuenca-Ecuador, by analyzing for the first time the relationship between the city's cycling infrastructure and accidents that occurred between 2017 and 2023. To carry out In this analysis, the Manhattan methodology was used, which considers the distance from one point to another following a route and not in a straight line, to determine the proximity of the accidents to the cycling infrastructure. Additionally, spatial analysis was used to visually identify the location of accidents in relation to cycling infrastructure.

The results of the research show a direct relationship between the accumulated growth of kilometers of cycling infrastructure and the accumulated number of accidents per year. Likewise, it is observed that as the extension of the cycling infrastructure increases, the average distance from the infrastructure to accidents decreases.

Keywords: bike lanes, cyclist accidents, Manhattan distance, bicycle trips, sustainable mobility.

Ing. Mateo Coello Salcedo Msc.

Director del trabajo de titulación

Ing. Robert Rockwood Iglesias MSc.

Coordinador de escuela

Andrés Alexander Zhunio Peláez

Autor

Índice

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
Resumen	III
Abstract	IV
Índice	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	2
Para determinar la relación entre las ciclovías y los siniestros de ciclistas, se desarrollará una base de datos que contendrá las variables que aportarán a los análisis de este trabajo de titulación. Esta base de datos permitirá generar la representación espacial de los siniestros y la infraestructura ciclística, determinar la proximidad mediante la metodología Manhattan. Finalmente se procederá a obtener resultados mediante un análisis estadístico descriptivo.....	2
A. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS	2
B. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LOS SINIESTROS E INFRAESTRUCTURA CICLISTA	2
C. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD ENTRE SINIESTROS E INFRAESTRUCTURA CICLÍSTICA	2
D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA BASE DE DATOS	2
III. RESULTADOS	2
A. BASE DE DATOS	2
B. REPRESENTACIÓN ESPACIAL Y MAPAS DE CALOR	3
C. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD ENTRE SINIESTROS E INFRAESTRUCTURA CICLÍSTICA	5
D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA BASE DE DATOS	6
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8
V. REFERENCIAS	9

Incidencia de la infraestructura ciclística de la ciudad de Cuenca en los siniestros de ciclistas en el periodo 2017-2023.

Andrés Alexander Zhunio Peláez

Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Cuenca, Ecuador

zhunio931@es.uazuay.edu.ec

Ing. Mateo Coello MSc

Universidad del Azuay

Laboratorio de movilidad UDA

Cuenca, Ecuador

mfcoello@uazuay.edu.ec

Ing. Gustavo Álvarez MSc

Universidad del Azuay

ERGON

Cuenca, Ecuador

galvarezc@uazuay.edu.ec

Resumen— La presente investigación constituye un aporte significativo al estudio de la movilidad activa en la ciudad de Cuenca-Ecuador, al analizar por primera vez la relación entre la infraestructura ciclística de la ciudad y los siniestros ocurridos entre los años 2017 y 2023. Para llevar a cabo este análisis, se empleó la metodología Manhattan, que considera la distancia de un punto a otro siguiendo una ruta y no en línea recta, para determinar la proximidad de los siniestros a la infraestructura ciclística. Además, se utilizó un análisis espacial para identificar visualmente la ubicación de los siniestros en relación con la infraestructura ciclística.

Los resultados de la investigación muestran una relación directa entre el crecimiento acumulado de los kilómetros de infraestructura ciclística y el número acumulado de siniestros por año. Asimismo, se observa que a medida que aumenta la extensión de la infraestructura ciclística, la distancia promedio de la infraestructura a los siniestros disminuye.

Palabras claves: carriles bici, siniestros de ciclistas, distancia Manhattan, desplazamientos en bicicleta, movilidad sostenible.

Abstract

This research constitutes a significant contribution to the study of active mobility in the city of Cuenca-Ecuador, by analyzing for the first time the relationship between the city's cycling infrastructure and accidents that occurred between 2017 and 2023. To carry out In this analysis, the Manhattan methodology was used, which considers the distance from one point to another following a route and not in a straight line, to determine the proximity of the accidents to the cycling infrastructure. Additionally, spatial analysis was used to visually identify the location of accidents in relation to cycling infrastructure.

The results of the research show a direct relationship between the accumulated growth of kilometers of cycling infrastructure and the accumulated number of accidents per year. Likewise, it is observed that as the extension of the cycling infrastructure increases, the average distance from the infrastructure to accidents decreases.

Keywords: bike lanes, cyclist accidents, Manhattan distance, bicycle trips, sustainable mobility.

I. INTRODUCCIÓN

Cuenca, Ecuador, con actualmente 700 000 habitantes, se encuentra situada a 2 550 m.s.n.m. y rodeada de montañas, se ha convertido en una atracción turística y hogar de muchos extranjeros, especialmente jubilados. Está considerada uno de los principales destinos para jubilados en todo el mundo. Desde el desarrollo del Plan de Movilidad y Espacios Públicos en 2015 (Municipio de Cuenca et al., 2015), la ciudad ha estado promoviendo activamente en las últimas décadas modos de transporte sostenibles para hacer frente al aumento significativo de vehículos con motores de combustión interna, causantes de la congestión vehicular, contaminación. Como parte de este esfuerzo, la ciudad ha ampliado su red de carriles bici a 70.15 km para 2023 y ha implementado un sistema público de bicicletas compartidas con 20 estaciones y 240 bicicletas desde 2019 según (El Comercio, 2019).

La bicicleta se ha consolidado como un medio de transporte sostenible y beneficioso para la salud, el medio ambiente y la movilidad urbana. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada, como ciclovías segregadas, expone a los ciclistas a diversos problemas y vulnerabilidades. Los ciclistas comparten el espacio vial con vehículos motorizados, lo que aumenta su riesgo de sufrir siniestro graves. Además, la ausencia de ciclovías seguras limita la expansión y la adopción de la bicicleta como medio de transporte preferido, afectando negativamente la calidad de vida de los ciudadanos y la sostenibilidad de las ciudades.

La literatura respalda la relación positiva entre la expansión de la infraestructura ciclista y el aumento en el número de ciclistas. Por ejemplo, (Schepers et al., 2014) encontraron que "la construcción de nuevas infraestructuras ciclistas puede aumentar significativamente el número de ciclistas en una ciudad" (p. 45). De manera similar, (Parker et al., 2013) señalan que "las inversiones en infraestructura ciclista han demostrado ser efectivas para promover el ciclismo como medio de transporte" (p. 2). Estos hallazgos subrayan la importancia de desarrollar y mantener infraestructuras ciclistas adecuadas para fomentar la movilidad activa en las ciudades.

Por otra parte, varios estudios destacan el impacto positivo de los carriles bici en la reducción de los siniestros de ciclistas en zonas urbanas. (Morrison et al., 2019) destacan la importancia del tipo de carril bici y su separación del tráfico de vehículos para reducir los riesgos de colisión y mejorar la seguridad de los ciclistas. Además, (Smith et al., 2019) encontró que la introducción de carriles bici urbanos condujo a una notable disminución de la gravedad de las lesiones entre los ciclistas.

Con estos antecedentes se evidencia la necesidad de poder tener información relacionada a la incidencia de la infraestructura ciclistas con los siniestros de ciclistas, más aún ahora, que la ciudad de Cuenca en el año 2024 ha recibido un financiamiento internacional por parte del Banco de Desarrollo Alemán (KfW) para la ampliación de la red de ciclovías (Municipio de Cuenca, 2024). Sin embargo, hasta la fecha, no se ha realizado ninguna evaluación en la ciudad de Cuenca sobre el impacto del aumento de la infraestructura ciclista en la seguridad de los ciclistas, que podría medirse a través del número de siniestros ocurridos.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del aumento de kilómetros de carril bici en el área urbana de la ciudad de Cuenca entre 2017 y 2023. Emplea un análisis correlacional y espacial para identificar los efectos sobre los siniestros de ciclistas y la construcción de infraestructuras para bicicletas. Estos resultados contribuirán a tener una línea base sobre la relación que existe entre la infraestructura para ciclistas y su seguridad en la ciudad de Cuenca, aportando información para la argumentación y toma de decisiones en nuevos proyectos de construcción de ciclovías.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la relación entre las ciclovías y los siniestros de ciclistas, se desarrollará una base de datos que contendrá las variables que aportarán a los análisis de este trabajo de titulación. Esta base de datos permitirá generar la representación espacial de los siniestros y la infraestructura ciclistica, determinar la proximidad mediante la metodología Manhattan. Finalmente se procederá a obtener resultados mediante un análisis estadístico descriptivo.

A. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS

La base de datos a construir contendrá información detallada sobre los siniestros de ciclistas y la infraestructura ciclistica en el periodo 2017-2023 en la ciudad de Cuenca. Para su creación, se requerirá recopilar datos de la Empresa Pública de Movilidad de Cuenca (EMOV EP) respecto a los siniestros, y de la Dirección General de Movilidad de Cuenca (DGM) sobre la infraestructura ciclista en el mismo periodo.

Los datos relacionados con los siniestros incluirán: fecha, hora, tipo de siniestro, fatalidad del ciclista, edad y género del ciclista, así como la ubicación geográfica precisa del incidente, entre otros. Respecto a la infraestructura ciclista, se solicitará el trazado dentro de la ciudad, especificando latitud y longitud, el kilometraje construido por año.

Para validar los datos de los siniestros, se comparará con la información disponible en la página web de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) (ANT, 2024). La base de datos se estructurará siguiendo una codificación específica en una hoja de cálculo en formato de matriz.

B. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LOS SINIESTROS E INFRAESTRUCTURA CICLISTA

El contenido generado en la base de datos será utilizada para construir mapas en el software QGIS mediante sistemas de información geográfica, empleando datos como la latitud y longitud. Estos mapas mostrarán las ubicaciones de los siniestros, respectivamente. Además de los siniestros, se generarán en los mismos mapas pero en capas diferentes los trazados de infraestructura ciclistica, clasificados por año. En esta representación espacial se construirán también mapas de calor de los siniestros.

Para crear los mapas de calor, se utilizará el software QGIS, el cual emplea la técnica de estimación de densidad kernel (QGIS, 2024). Esta técnica se aplicará a las capas previamente generadas en el apartado B. Finalmente, para presentar el mapa, se llevará a cabo una composición en QGIS que incluirá toda la información geoespacial de un mapa, como sus coordenadas, título, nombres, fecha, escala, leyendas, entre otros.

C. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD ENTRE SINIESTROS E INFRAESTRUCTURA CICLISTICA.

Utilizando la metodología Manhattan (Izquierdo & Ardila, 2013), se determinará la distancia de cada siniestro a la ciclovía más cercana. Este método será aplicado para cada año de análisis, lo que permitirá registrar la proximidad de los siniestros a la infraestructura ciclistica. Las distancias se calcularán a través de Google Earth, aplicando la función de trazado de líneas aplicada a cada siniestro.

Finalmente, con las distancias registradas de cada siniestro, se elaborará un histograma para analizar la relación entre los siniestros y la distancia a la infraestructura ciclistica más cercana. Se emplearán rangos específicos para lograr una representación gráfica precisa.

D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA BASE DE DATOS

Utilizando la base de datos, se llevará a cabo un análisis estadístico descriptivo con el propósito de extraer información relevante, como el día más recurrente en los siniestros, la hora, mes, género, edad, cantidad de fallecidos y número de siniestros por año.

Además, se examinará la presencia de infraestructura ciclista en los lugares donde ocurrieron los siniestros, el porcentaje de incremento de la red de ciclovías, la cantidad de lesionados, los tipos de vehículos implicados en los siniestros y el progreso de la infraestructura ciclistica por año.

Finalmente, haciendo uso de la base de datos, se realizará un análisis correlacional entre las variables. Mediante el empleo de una matriz de correlación, se identificarán relaciones entre las variables presentadas y se verificará si existe correlación entre ellas.

III. RESULTADOS

A. BASE DE DATOS

Una vez levantada la información y generada la matriz se cuenta con 143 registros en el periodo 2017-2023. Estos registros cuenta con 21 variables, dichas variables se encuentran descritas en la Tabla 1. La base de datos se la puede encontrar en el repositorio (<https://lc.cx/o6Fuoq>).

Tabla 1: Variables base de datos.

Codificación	Variable	Unidad	Descripción
acc	Número de siniestros	S/U	Cantidad de siniestros que se levantaron en el periodo 2017-2023
c_nc	(c) Ciclovía (nc) no ciclovía	S/U	Identifica si el siniestro ocurrió dentro o fuera de la ciclovía.
m_nm	(m) Muere (nm) no muere	S/U	Indica si en el siniestro existe o no víctimas mortales
lat	Latitud	Decimales dd	Coordenadas geográfica de los siniestros
lon	Longitud	Decimales dd	Coordenadas geográfica de los siniestros
tipac	Tipo de siniestro	S/U	Descripción del tipo de siniestro
dia	Día del siniestro	S/U	Descripción del día que ocurrió el siniestro
mes	Mes del siniestro	S/U	Descripción del mes que ocurre el siniestro
anio	Año del siniestro	S/U	Descripción del mes que ocurre el siniestro
ho	Hora del siniestro	hora	Descripción de la hora en la que sucedió el siniestro 00-24 horas.
kmxani	Kilómetros por año	km	Distancia de la infraestructura ciclistica construida en ese año
kmacu	Kilómetros acumulados por año	km	Sumatoria de kilómetros de ciclovía de los años anteriores hasta el año de registro.
inpci	Incremento porcentual de la ciclovía por año	%	Indica el incremento porcentual de la ciclovía de cada año con respecto al año anterior
dcic	Distancia a la ciclovía más cercana	m	Distancia desde el siniestro hacia la ciclovía más cercana
acxani	Siniestros por año	S/U	Sumatoria de siniestros acumulados en ese año
acacu	Siniestros acumulados por año	S/U	Sumatoria de siniestros registrados de años anteriores hasta el año de registro.

inps	Incremento porcentual de siniestros por año	%	Indica el porcentaje de incremento de los siniestros del año seleccionado con respecto al año anterior.
les	Lesionados	S/U	Sumatoria de lesionados para cada año
gen	Género	S/U	Determina si la víctima del siniestro es hombre o mujer
vehi	Vehículos involucrados	S/U	Vehículos que intervienen en el siniestro registrado.
edad	Edad del ciclista	S/U	Indica la edad del ciclista siniestrado

B. REPRESENTACIÓN ESPACIAL Y MAPAS DE CALOR

Mediante un análisis espacial se incorporan mapas de calor que representan la densidad de siniestros en la ciudad de Cuenca, se utiliza una escala graduada que va desde 1 (color azul) hasta 6 (color rojo). El análisis se realizó por años, donde las líneas en tonos rojizos representan la infraestructura ciclistica construida en los años previos al año analizado, mientras que las líneas de tonalidad verde indican las infraestructura ciclistica implementadas en el año seleccionado. Este análisis contribuirá para la visualización de los lugares de los siniestros, su frecuencia y su proximidad a la infraestructura ciclistica. A continuación se mostrará un análisis por cada año del periodo de estudio.

Año 2017

La Figura 1 muestra un total de 17 siniestros, de los cuales el 100% ocurrieron fuera de la ciclovía, a una distancia promedio de 2.58 kilómetros de la ciclovía más cercana, la cual alcanzó una longitud de 34.97 km en este año. Además, se observa que la mayor concentración de siniestros de ciclistas ocurrieron en las proximidades de la Universidad de Cuenca, el terminal terrestre y Milchichig.

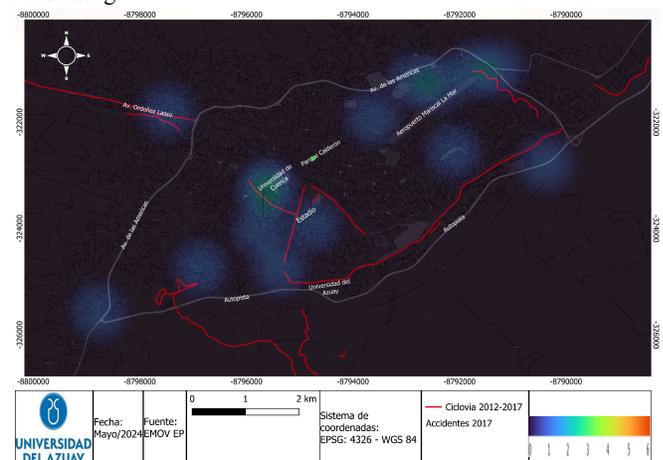


Figura 1. Infraestructura ciclistica y siniestros 2017

Fuente: Elaboración propia

Año 2018

En las Figuras 1 y 2, se constata una disminución de los siniestros en el área adyacente a la Universidad de Cuenca, donde se han habilitado 7.47 kilómetros adicionales de ciclovía. Durante este período se contabilizaron 19 siniestros, de los cuales el 89% sucedieron fuera de la ciclovía, a una distancia promedio de 1.75 kilómetros de la ciclovía más cercana.

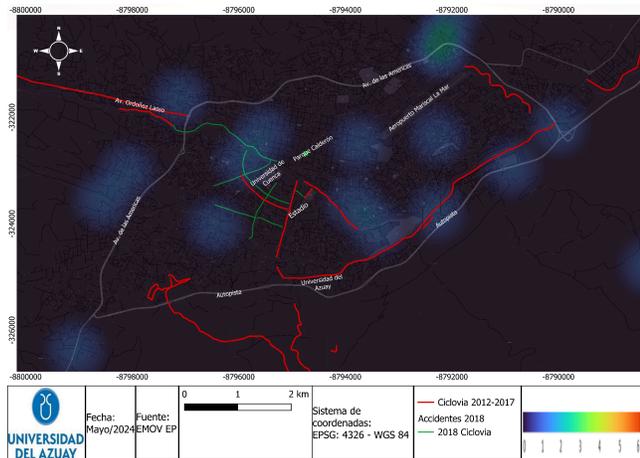


Figura 2. Infraestructura ciclista y siniestros 2018
Fuente: Elaboración propia

Año 2019

En este año no se construyeron ciclovías y se mantiene la extensión total de 42.43 kilómetros de ciclovía. En este año se registraron 15 siniestros, de los cuales el 100% sucedieron fuera de la ciclovía, a una distancia promedio de 7.93 kilómetros de la ciclovía más cercana.

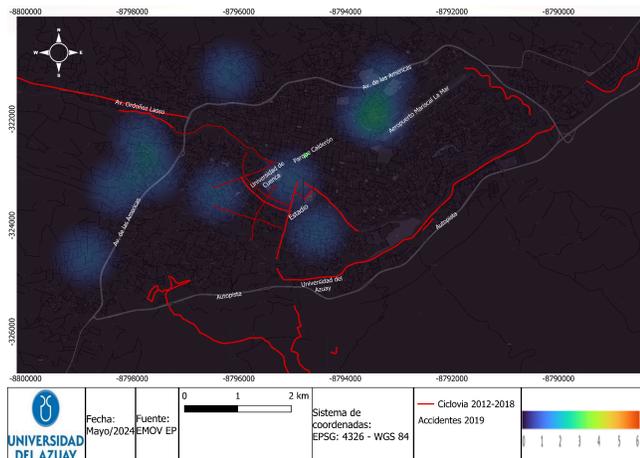


Figura 3. Infraestructura ciclista y siniestros 2019
Fuente: Elaboración propia

Año 2020

En la Figura 4 se visualiza un incremento de la ciclovía, con una extensión de 10.11 kilómetros, aumentando la infraestructura ciclista a 52.55 kilómetros. Se han registrado 28 siniestros, de los cuales el 86% ocurre fuera de la ciclovía a una distancia promedio de 1.88 kilómetros.

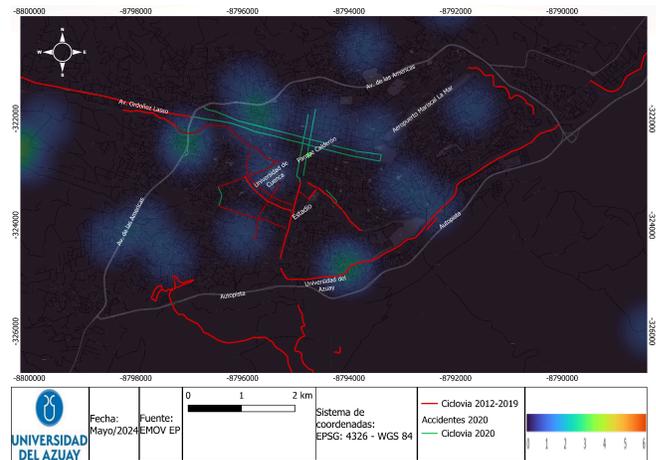


Figura 4. Infraestructura ciclista y siniestros 2020
Fuente: Elaboración propia

Año 2021.

Se han registrado 19 siniestros, de los cuales el 95% sucede fuera de la ciclovía, con una distancia promedio de 1.06 kilómetros hasta la ciclovía más cercana. Además, se observa una reducción de siniestros en comparación con el año 2020. En este período, se construyó el proyecto "Cuenca Unida en bici", el cual agregó una extensión de 13.5 kilómetros a la red ciclista, alcanzando un total de 66.05 kilómetros de ciclovía.

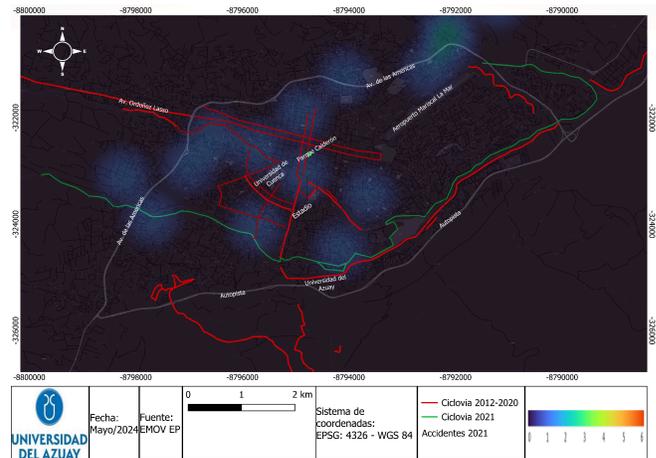


Figura 5. Infraestructura ciclista y siniestros 2021
Fuente: Elaboración propia

Año 2022.

Se registraron 23 siniestros, de los cuales el 91% ocurrió fuera de la ciclovía, a una distancia promedio de 1.18 km hasta la ciclovía más cercana. Por otra parte, durante este año se han construido 2.66 km adicionales de ciclovía, lo que ha ampliado la red de ciclovías a 68.70 kilómetros en la ciudad de Cuenca.

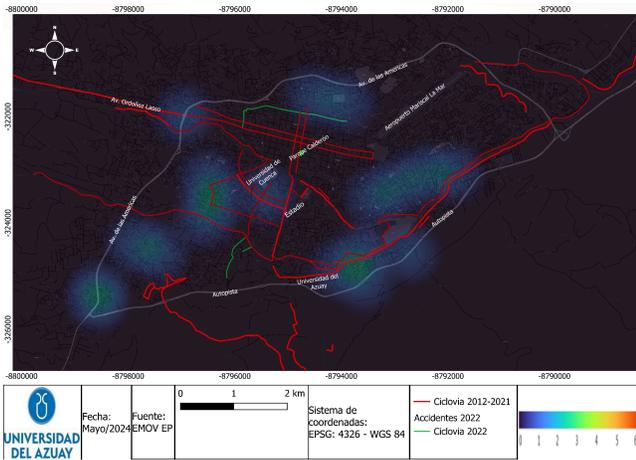


Figura 6. Infraestructura ciclística y siniestros 2022.
Fuente: Elaboración propia

Año 2023.

La ciclovía incrementa 1.45 kilómetros, alcanzando así un total de 70.15 kilómetros. Este dato sugiere una tendencia decreciente en la construcción de infraestructura para ciclistas cada año. Por otro lado, se han registrado 22 siniestros, de los cuales el 100% tuvo lugar fuera de la ciclovía, con una distancia promedio de 1.13 kilómetros hasta la ciclovía más cercana.

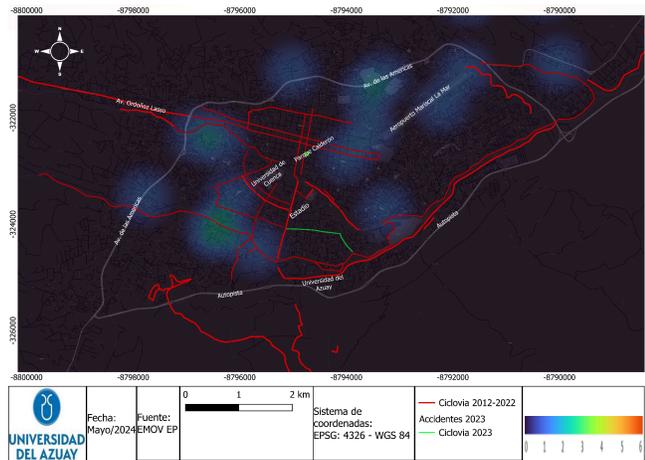


Figura 7. Infraestructura ciclística y siniestros 2023.
Fuente: Elaboración propia

Además de los mapas anteriores se realizó un análisis de los siniestros e infraestructura acumulada de todos los años. Se evidencia una frecuencia de siniestros mayor en zonas específicas como el sector del terminal terrestre de Cuenca, la Universidad de Cuenca, Milchichig y Galap.

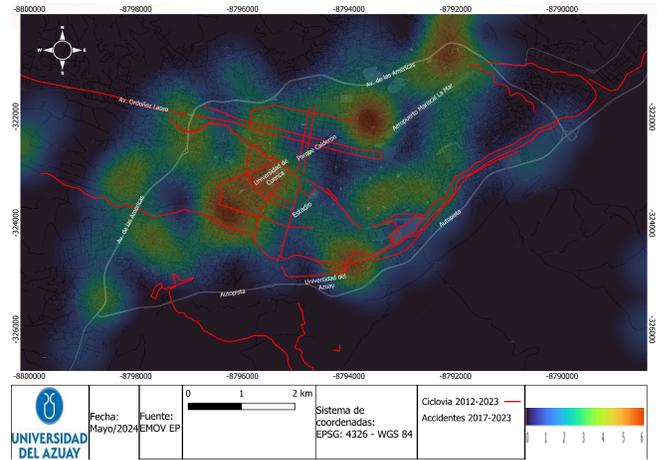


Figura 8. Siniestros de Ciclistas y Ciclovías: Mapa de Calor (2017-2023).
Fuente: Elaboración propia.

C. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD ENTRE SINIESTROS E INFRAESTRUCTURA CICLÍSTICA

En la Figura 9 se indica cómo se obtienen las distancias Manhattan teniendo en cuenta aspectos como las señales de tránsito, la naturaleza de las vías (unidireccionales o bidireccionales) y las restricciones de acceso, entre otros factores de todos los siniestros registrados en el 2017-2023.

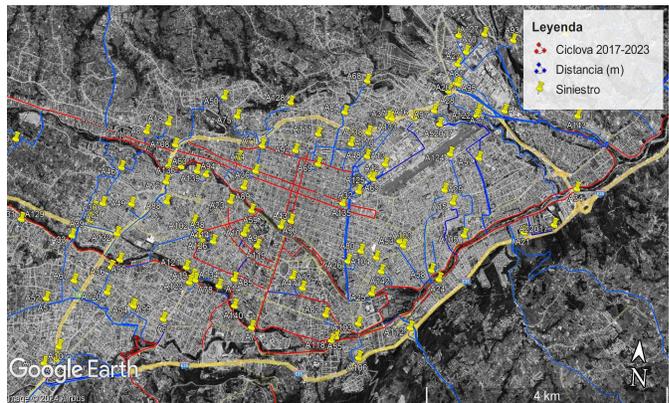


Figura 9. Distancia Manhattan de los siniestros.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 se muestra un histograma que indica las distancias registradas entre cada incidente y la ciclovía más próxima. Se constata que de los 143 siniestros reportados, 118 ocurrieron a una distancia superior a los 100 metros de la ciclovía más cercana, mientras que los 25 restantes ocurrieron a una distancia menor a 100 metros. Por lo tanto, la línea de tendencia sugiere que a medida que los ciclistas se encuentran más alejados de la ciclovía, aumenta el riesgo de que suceda un siniestro.

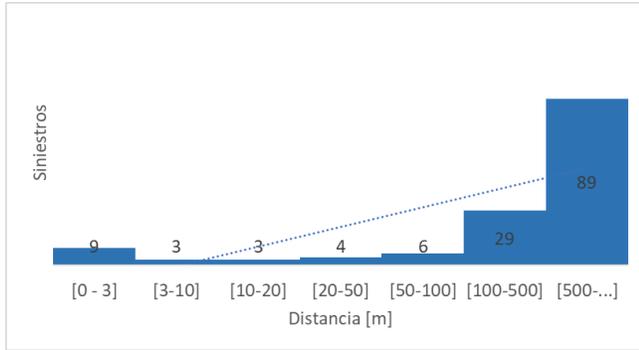


Figura 10. Histograma de los siniestros en función de la distancia

Fuente: Elaboración propia

D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA BASE DE DATOS

La Figura 11 presenta la distribución geográfica de las víctimas mortales ocurridos entre 2017 y 2023. El 9% de los siniestros registrados tiene víctimas mortales, de los cuales solo una persona falleció en una intersección dentro de la ciclovia.

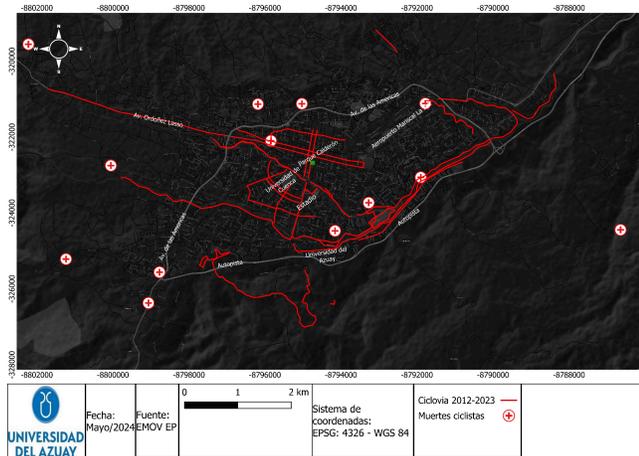


Figura 11. Víctimas mortales de los siniestros (2017-2023).

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12 se muestra donde ocurre un siniestro tipo choque lateral en el año 2020, con una víctima mortal de 19 años en la ciclovia a las 17:00 del domingo. Según la EMOV EP, este siniestro involucró a una bicicleta y un automóvil que no respetó la señal de tránsito en la intersección.



Figura 12. Lugar del siniestro

Fuente: Elaboración propia

De ahí que se puede ver que a pesar de contar con infraestructura ciclista, el tipo de infraestructura y el irrespeto a las señales de tránsito puede causar pérdidas humanas.

Día más recurrente para los siniestros en el periodo 2017-2023

En la Figura 13 se presentan la frecuencia de siniestros por día. A pesar de no haber una diferencia marcada se puede apreciar que durante el período de 2017 a 2023, los días con mayor incidencia de siniestros son los lunes, martes y domingos.

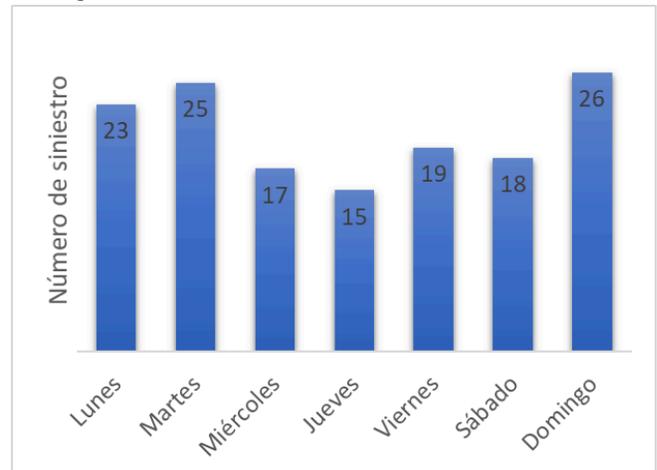


Figura 13. Cantidad de siniestros por día en el periodo 2017-2023.

Fuente: Elaboración propia.

Hora más frecuente para los siniestros en el periodo 2017-2023.

En la Figura 14 se indica el intervalo horario en el cual se producen la mayoría de los siniestros entre 2017 y 2023. Durante las horas pico de mayor actividad, aumenta la cantidad de incidentes. La Figura indica que no hay una

tendencia o rango horario específico en el cual se ejecutan los siniestros.

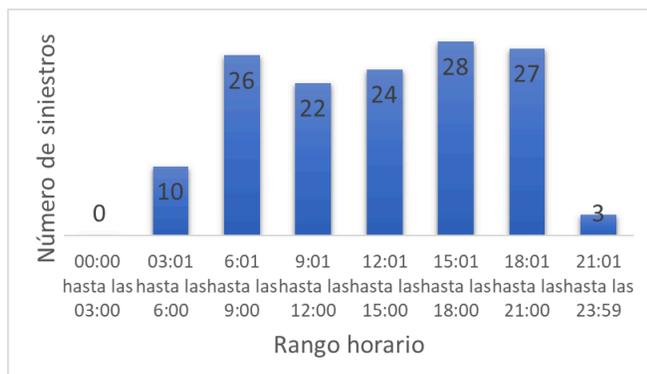


Figura 14. Hora más frecuente de los siniestros.

Fuente: Elaboración propia.

Mes más frecuente para los siniestros en el periodo 2017-2023

En la figura 15 se aprecia una marcada diferencia en términos de siniestros. Sin embargo, en los meses de enero, marzo y noviembre, se registra un aumento de los siniestros que podría estar relacionado con actividades específicas de desplazamiento de las personas como por ejemplo las fiestas de noviembre de la ciudad.

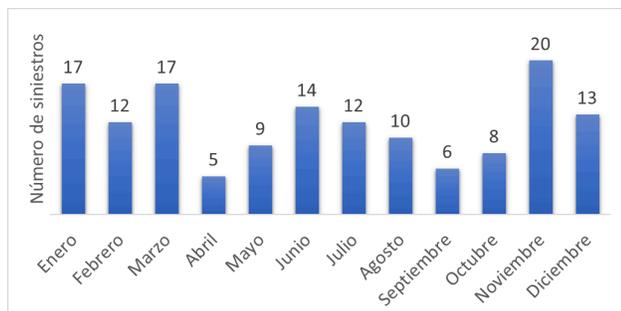


Figura 15. Mes con mayor incidencia de siniestros

Fuente: Elaboración propia.

Género en los siniestros en el periodo 2017-2023

En la Figura 16 se aprecia el reparto por género de los siniestros. La sección “no identificado” hace referencia a que al momento de llegar el personal de emergencia al lugar del siniestro el ciclista ya no se encontraba en el lugar.

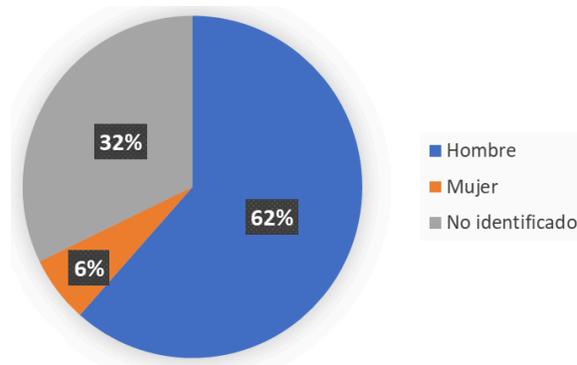


Figura 16. Porcentaje de siniestros en función del género.

Fuente: Elaboración propia.

Edad más frecuente para los siniestros en el periodo 2017-2023

En la Figura 17, se presentan diferentes rangos de edades, que se registran en los siniestros se puede apreciar que el rango de edad que sufre más siniestros es el de jóvenes adultos de entre 20-40 años.

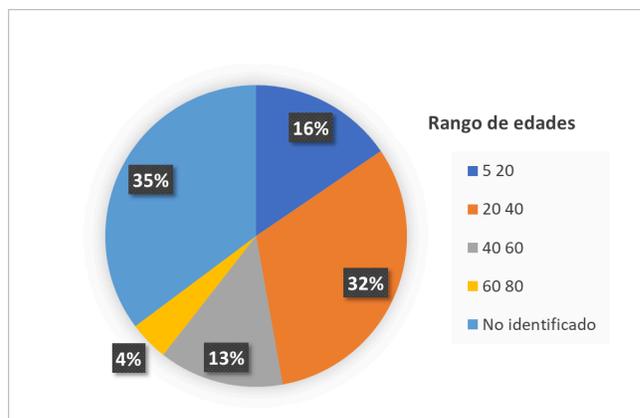


Figura 17. Clasificación de siniestros por edades

Fuente: Elaboración propia.

Siniestros, fallecidos y lesionados para el periodo 2017-2023

En la Figura 18 la línea de tendencia indica un aumento en la cantidad de siniestros. No obstante, es importante tener en cuenta que este incremento de siniestros también está influenciado por el crecimiento en el número de ciclistas registrado en informes realizados por la EMOV EP indican como los bici usuarios han ido aumentando en los últimos años mediante dispositivos contadores colocados en estaciones específicas de la ciclovia (EMOV EP, 2021). En estos reportes realizados desde 2021-2023 demuestra que en el año 2021 se colocaron estos dispositivos solo en 6 estaciones pero para el año 2023 las estaciones que contabilizaban los ciclistas alcanzaron a 15 zonas.

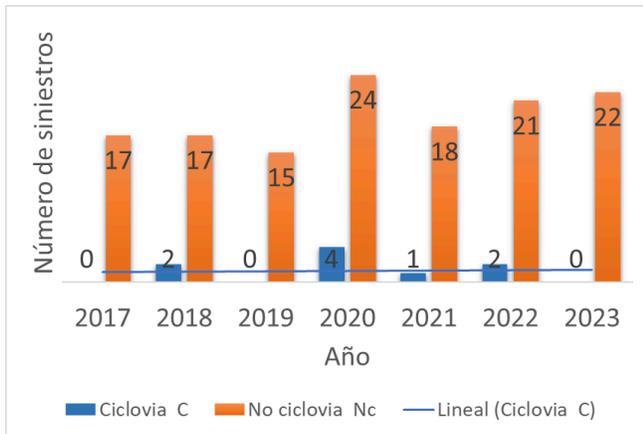


Figura 18. Sinistros, fallecidos y lesionados por año.
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el 85% de los siniestros tuvieron lugar fuera de la ciclovía. Por otra parte, la línea de tendencia revela que la cantidad de siniestros ocurridos dentro de la ciclovía ha aumentado a lo largo de los cinco años analizados.

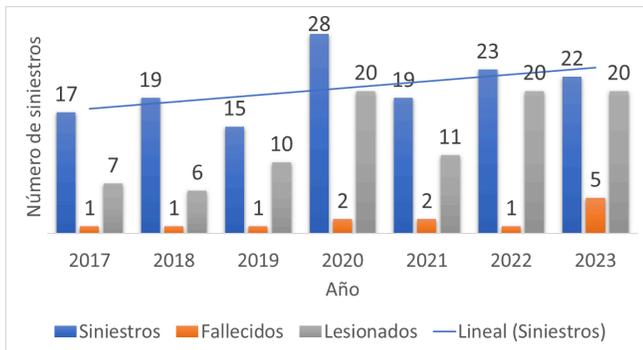


Figura 19. Sinistros dentro o fuera de la ciclovía por año.
Fuente: Elaboración propia.

Correlación de variables

En función de la **Tabla 1**, se elabora la matriz de correlación presentada en la Figura 20.

En la matriz existe una relación señalada de color amarillo entre las variables lesionados y vehículo. Lo cual indica que el tipo de vehículo que interviene en el siniestro aumenta el riesgo de lesionados. En el año 2020, de los 28 incidentes registrados el 71.42% de lesionados implicaba la presencia tanto de un vehículo como de una bicicleta. También se puede apreciar que hay una correlación positiva señalada de color amarillo en la Figura 20 de 0.97 entre el número de km acumulados por año en relación al número de siniestros acumulados por año, esto no necesariamente significa que a mayor número de km de infraestructura ciclista existirá menor número de siniestros de ciclistas, pues existen factores externos como el incremento de ciclistas en las calles que puede ser un coadyuvante para el incremento de siniestros en el mismo periodo.

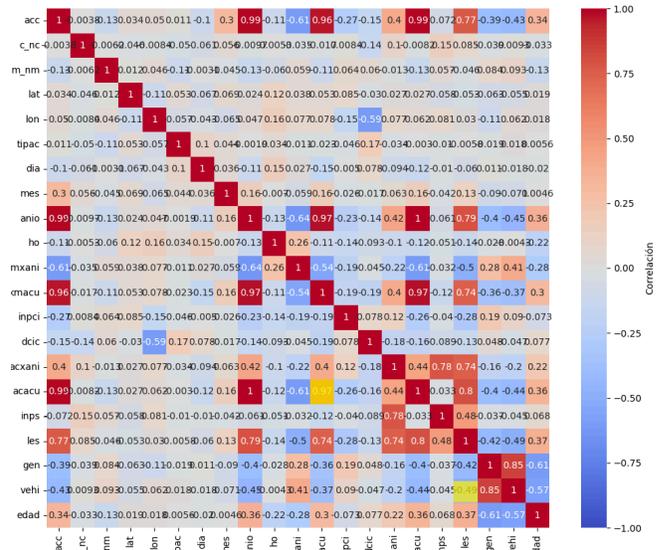


Figura 20. Variables de correlación
Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio, realizado por primera vez en la ciudad de Cuenca, analiza la relación entre la infraestructura ciclista y los siniestros de ciclistas. Los resultados se presentan mediante gráficos, estadística descriptiva y análisis correlacional. Se observa que la infraestructura ciclista contribuye a reducir siniestros y lesiones. Según Morrison et al. (2019), “los carriles para bicicletas reducen los riesgos reales y percibidos de siniestros entre bicicletas y vehículos motorizados, contribuyendo a una mayor participación de los ciclistas”.

El mapa de calor de siniestros de ciclistas en el período 2017-2023 muestra que las zonas de mayor riesgo se encuentran en la Universidad de Cuenca, Terminal Terrestre, Universidad del Azuay y Milchichig. Además, el 85.31% de los siniestros ocurre fuera de la ciclovía, y el riesgo de siniestros aumenta conforme el ciclista se aleja de la infraestructura ciclista.

No obstante, los datos disponibles no muestran una relación directa entre la cantidad de infraestructura y la seguridad de los ciclistas. Un aumento en los kilómetros de ciclovía no necesariamente se traduce en una reducción de los siniestros de ciclistas. Esta conclusión no puede validarse completamente debido a la falta de consideración de factores como el incremento de viajes en bicicleta durante el periodo de estudio, lo cual influye en el número de siniestros. Estudios de la EMOV EP demuestran el aumento de viajes en bicicleta en el periodo de estudio, respaldando esta observación (EMOV EP, 2021).

Este estudio puede fomentar un análisis más amplio que considere todas las variables y el aumento de usuarios de

bicicletas en años posteriores. Además, puede servir como herramienta de análisis y toma de decisiones para proyectos de infraestructura ciclista.

En futuras investigaciones sobre la relación entre infraestructura de ciclovías y siniestros, se debería incluir el registro de conteos de viajes de ciclistas. Esto permitiría tener una variable que refleje el comportamiento de los usuarios de bicicletas.

V. REFERENCIAS

ANT. (2024). *Visor de Siniestralidad Nacional*.
<https://lc.cx/ssYGZb>

El Comercio. (2019, marzo 31). *240 bicicletas públicas entrarán en operación en 20 estaciones de Cuenca*. <https://lc.cx/zjKwcz>

EMOV EP. (2021). <https://lc.cx/C61Gmf>

Izquierdo, R. A. C., Ardila, W. P. (2013). *ESTUDIO DE LA MÉTRICA DE MANHATTAN. SEGMENTOS, RECTAS, RAYOS, CIRCUNFERENCIAS Y ALGUNOS LUGARES GEOMÉTRICOS EN LA GEOMETRÍA DEL TAXISTA*.
<https://lc.cx/544P-R>

Morrison, C. N., Thompson, J., Kondo, M. C., & Beck, B. (2019). On-road bicycle lane types, roadway characteristics, and risks for bicycle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 123-131.

Municipio de Cuenca. (2024, febrero 26). *Alcaldía de Cuenca firma crédito por hasta USD 24,2 millones para Programa de Movilidad Urbana Sostenible*. 1.

Municipio de Cuenca, Universidad de Cuenca, Universidad del Azuay, Junta de Andalucía. (2015). *Plan de movilidad y espacios públicos*.
<https://lc.cx/2sA9Y1>

Parker, K. M., Rice, J., Gustat, J., Ruley, J., Spriggs, A., & Johnson, C. (2013). Effect of Bike Lane Infrastructure Improvements on Ridership in One New Orleans Neighborhood. *Annals of Behavioral Medicine*, 45(S1), 101-107.
<https://doi.org/10.1007/s12160-012-9440-z>

QGIS. (2024). *QGIS Documentation*.
<https://lc.cx/zbYbYi>

Schepers, P., Fishman, E., den Hertog, P., & Wolt, K.

K. (2014). *The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles*. 73, 174-180.

Smith, A., Zucker, S., Lladó-Farrulla, Monica, Friedman, J., Guidry, C., McGrew, P., Schroll, R., McGinness, C., & Duchesne, J. (2019). Bicycle lanes: Are we running in circles or cycling in the right direction? *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 87(1), 76-81.