Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante
ISSN: 0213-4691 | eISSN: 1989-9890
https://www.investigacionesgeograficas.com

Localización y factores territoriales asociados a los accidentes ciclistas en Ciudad de México

Location and factor territorials associated to bicycle accidents in Mexico City

AUTORÍA
Mateo Carlos Galindo Pérez
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México (CRIM-UNAM), México.

DOI
https://doi.org/10.14198/INGEO.27906

CITACIÓN
Galindo Pérez, M.C. (2025). Localización y factores territoriales asociados a los accidentes ciclistas en Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, (84), 231-248. https://doi.org/10.14198/INGEO.27906

CORRESPONDENCIA
Mateo Carlos Galindo Pérez (carlosgp@crim.unam.mx)

HISTORIA
Recibido: 5 julio 2024
Aceptado: 24 febrero 2025
Publicado: 23 julio 2025
(Publicación anticipada: 16 mayo 2025)

TÉRMINOS
© 2025 Mateo Carlos Galindo Pérez
Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El objetivo de este trabajo es examinar, para Ciudad de México, la localización de los accidentes ciclistas e identificar qué tipo de factores asociados a la estructura vial y del transporte inciden en este tipo de accidentes. A partir del empleo de densidades y mediante un modelo de regresión de Poisson, se analiza la incidencia de accidentes ciclistas sobre la estructura urbana. En Ciudad de México para el período 2019-2023 se registraron 6.341 accidentes ciclistas; el centro de la ciudad se reconoce como el área con mayor incidencia de este tipo de accidentes. Entre los principales factores que ayudan a explicar la accidentabilidad ciclista está: la presencia de infraestructura para la movilidad ciclista (ciclovías), vías primarias, alta densidad de población, empleo y de automóviles en circulación, así como la más alta concentración de semáforos y rutas de transporte público concesionado y no concesionado (en superficie). Que la mayor incidencia de accidentes ciclistas se registre, territorialmente, en el centro de Ciudad de México y, en específico, en el área que cuenta con la mayor y mejor infraestructura para la movilidad ciclista, se contrapone con los hallazgos de otras investigaciones que han demostrado que la dotación de infraestructura ciclista aumenta la percepción de seguridad y reduce significativamente la accidentabilidad. En Ciudad de México la investigación sobre accidentes ciclistas debe enfocarse a identificar y estudiar (además de algunos datos generales, como el día de ocurrencia y la hora), las características individuales (sexo, edad) y los factores materiales e inmateriales involucrados en el accidente, para diseñar y promover las políticas pertinentes para proteger no sólo a los ciclistas, sino al conjunto de usuarios de la vía.

Palabras clave: accidentes; bicicletas; estructura vial; transporte; análisis espacial; Ciudad de México.

Abstract

The aim this study is to analyze the location of cycling accidents in Mexico City and to examine what type of territorial factors associated with the road and transportation structure have an impact on this type of accident. Using densities and a Poisson regression model, the incidence of cycling accidents on the urban structure is analyzed. In Mexico City, 6,341 cycling accidents were recorded for the period 2019-2023; the city center is recognized as the area with the highest incidence of this type of accident. Among the main factors that help explain cycling accidents

are the presence of infrastructure for cycling mobility (bicycle lanes), major streets, high population density, employment and cars in circulation, as well as the highest concentration of traffic lights and concessioned and non-concessioned (surface) public transport routes. The fact that the highest incidence of cycling accidents is registered, territorially, in the center of Mexico City and, specifically, in the area with the largest and best infrastructure for cycling mobility, contrasts with the findings of other research that has shown that the provision of cycling infrastructure increases the perception of safety and significantly reduces accident rates. In Mexico City, research on cycling accidents should focus on identifying and studying (in addition to some general data, such as the day and time of occurrence), the individual characteristics (sex, age) and the material and immaterial factors involved in accidents, so as design and promote relevant policies to protect not only cyclists, but all road users.

Keywords: accidents; bicycles; vial structure; transport; spatial analysis; Mexico City.

1. Introducción

Los ciclistas se han colocado en el segundo lugar (después de los peatones), como los usuarios de la vía con el mayor grado de vulnerabilidad (World Health Organization [WHO], 2013). Uno de los efectos negativos derivados del incremento de la movilidad ciclista son los accidentes.[1] Los análisis tendenciales en algunas ciudades principales de países como Inglaterra (Gilbert & McCarthy, 1994), Estados Unidos (Tuckel et al., 2014), Australia (City of Melbourne, 2017) y Polonia (Bauer et al., 2021) han monitoreado el número de accidentes en los que está involucrado un ciclista y, de ese seguimiento, se concluyó que la tasa de accidentes ciclistas aumentó en la última década, paralelo a la reducción del uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano.

Una de las líneas de investigación interesadas en los accidentes ciclistas se ha ocupado de identificar el perfil sociodemográfico del ciclista involucrado; entre las variables más reconocidas está el género y la edad. Se ha concluido que los ciclistas masculinos en edades de entre 14-35 años tienen una probabilidad mayor de sufrir un accidente, en comparación con las ciclistas femeninas y el resto de los grupos etarios (Prati et al., 2019). Y en aquellos países donde el uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano ya tiene una trayectoria de larga data, la accidentabilidad ciclista se extiende al grupo etario de 36-70 años (Mason-Jones et al., 2022).

En estrecha asociación con la labor de identificar el perfil sociodemográfico del ciclista accidentado, otras investigaciones se han orientado a identificar y examinar las características epidemiológicas: cuáles son los tipos de lesiones más recurrentes, el pronóstico y los cuidados médicos en los módulos de urgencias, así como el examen de la reducción de la gravedad de las lesiones por el uso del casco y otro tipo de protecciones (González Pacheco et al., 2014; Varriano et al., 2022).

Otro tipo de análisis se ha ocupado de estimar el costo individual y global de este tipo de accidentes. Por ejemplo, para Noruega (Veisten et al., 2007) se evaluó (período 1996-2004) en 300 millones de euros el costo promedio anual de los accidentes de ciclistas; en la estimación se incluyeron: gastos médicos, pérdida de productividad laboral, daños a la propiedad, gastos administrativos y retrasos en la circulación. Un cálculo similar para Bélgica (Aertsens et al., 2010) estimó que un accidente menor en bicicleta representa, para el afectado, un promedio de 841 euros de gastos directos (daños a la bicicleta y revisión médica), pero al incorporar gastos indirectos y extrapolar dicho gasto al total de accidentes ciclistas registrados anualmente en el país, el costo total oscila entre 57 y 183 millones de euros.

Por otra parte, están los análisis que buscan identificar los factores humanos involucrados en un accidente ciclista. Por ejemplo, en España, Martínez Ruiz et al. (2015) examinaron 1.228 accidentes ocurridos en áreas urbanas exclusivamente entre peatones y ciclistas (ocurridos en el período 1993-2011) para identificar la combinación de factores dependientes del peatón, del ciclista y ambientales que configuran un escenario de alto riesgo de provocar una colisión. Entre sus hallazgos identificaron que, por parte del peatón, influye no utilizar los pasos peatonales y cruzar la vía antirreglamentariamente; por parte del ciclista, influye conducir distraído y no respetar el paso de peatones.

Desde el campo de los estudios territoriales, la investigación plantea que los análisis de los accidentes en general y de los accidentes ciclistas en particular, deben realizarse espacialmente desglosados, ya que el número y la gravedad del evento difiere según el contexto geográfico (Aertsens et al., 2010). En esta línea de investigación se desarrolla el presente documento.

1 Además de la probabilidad de sufrir un accidente, los ciclistas están expuestos también a sufrir agresiones (Fruhen & Flin, 2015; Delbosc et al., 2019), hurtos y asaltos (Monet, 1997; Johnson et al., 2008; Flatley, 2017; Ding et al., 2019).

1.1. Examen territorial de los accidentes ciclistas

El análisis de los accidentes ciclistas al interior de las ciudades ha permitido reconocer que no son eventos aleatorios o aislados en tiempo y espacio. Un accidente ciclista se configura territorialmente y tiene repercusiones en el corto, mediano y largo plazo por las secuelas que deja en las personas: cicatrices, fracturas, lesiones ortopédicas permanentes (Donaldson et al., 2009), secuelas psicosociales (Mayou & Bryant, 2002) y, en el caso más extremo, defunciones (Graw & Köning, 2002).

Entre los factores identificados de tipo urbano que provocan accidentes ciclistas se reconocen los de tipo material, que son indicativos de las condiciones estructurales de las vías: longitud, anchura, estado físico y conservación del pavimento, ausencia/presencia de banqueta (McMahon et al., 1999), obstáculos (baches, topes, coladeras destapadas), intersecciones viales (Harris et al., 2013) y la presencia o carencia de infraestructura ciclista (Reynolds et al., 2009; Ling et al., 2020). Por otra parte, están los factores inmateriales que se asocian al comportamiento del ciclista durante el desplazamiento: inexperiencia, circular en sentido contrario, manejar distraído, utilizar el teléfono móvil, exceder los límites de velocidad, ignorar las señales de tránsito, manejar en la obscuridad (falta de alumbrado público) o bajo los efectos del alcohol u otras substancias (Clarke et al., 2006; Billot-Grasset et al., 2016; Useche et al., 2018). Asimismo, la edad también se considera un factor de riesgo, ya que se ha encontrado evidencia de que los accidentes ciclistas tienen relación significativa con indicadores de salud mental reportados en los ciclistas de edad más avanzada (Useche et al., 2019).

También se reconocen factores externos: suelo resbaladizo (por condiciones climáticas), fuga de agua o derrame de otro tipo de líquidos (Medina et al., 2017), la influencia de la falta de señalética y la interacción con el resto de los usuarios de la vía: vehículos automotores (Raslavičius et al., 2017), motociclistas, otros ciclistas y peatones (Mesimäki & Luoma, 2021). Por su parte, zonas de alta densidad de población son más propensas a los accidentes ciclistas por el congestionamiento generado (Fishman, 2016). Este cumulo de factores contribuye a reconocer áreas de mayor probabilidad de registrar accidentes ciclistas.

1.2. Los accidentes ciclistas en el caso de Ciudad de México

En México, los accidentes viales y en particular los atropellamientos, ya se reconocen como un problema de salud pública (Rodríguez-Hernández et al., 2011; Hidalgo-Solórzano et al., 2020). Pero la investigación particular sobre los accidentes ciclistas es un nicho aún por explorar que adquiere cada vez mayor relevancia, debido al ascenso del paradigma de ciudades sustentables en el que la movilidad no motorizada y en particular, la movilidad ciclista, asume un rol protagónico.

Específicamente, en Ciudad de México (CDMX) el arranque de la política de movilidad ciclista inició formalmente en el año 2010 cuando, el gobierno local, a través de la Secretaría de Medio Ambiente (Sedema) implementó el Sistema de Bicicletas Públicas, Ecobici. Como parte de dicho programa, para impulsar la movilidad ciclista se dotó a la ciudad (y sobre todo, al área central de la ciudad), de la infraestructura *ad hoc*, que consistió en una red de ciclovías y de biciestacionamientos. Con el paso de los años, esa infraestructura se ha ampliado en distintas fases hasta alcanzar en 2023, 678 mil usuarios y 99 millones de viajes (cifras acumuladas) y 9.300 bicicletas en funcionamiento.[2]

Paralelo al crecimiento de la infraestructura ciclista también se ha registrado un aumento de la movilidad ciclista y, del número de accidentes. Las cifras oficiales indican que, en CDMX, los accidentes ciclistas pasaron de 379 en el año 2019, a 1.700 en 2023, lo que significa que este tipo de accidentes tuvo un incremento de 4,5 veces en cinco años. La pregunta inmediata que se desprende de estas cifras es: ¿este incremento debe de asumirse como un inevitable efecto lineal: a más bicicletas e infraestructura ciclista, más personas en bicicleta y por lo tanto, más accidentes ciclistas? ¿o como una alternativa, se debe de examinar la localización de los accidentes ciclistas a través de los factores territoriales asociados? Como se señaló, el análisis debe realizarse espacialmente desglosado, ya que el número y la gravedad de los accidentes ciclistas difieren según el contexto geográfico.

Con base en estos planteamientos la pregunta de investigación es: para el caso de CDMX ¿qué tipo de factores demográficos y de actividad económica, así como asociados a la infraestructura vial y del transporte ayudan a explicar la distribución territorial de los accidentes ciclistas? No se trata sólo de mostrar la localización de los accidentes en bicicleta en CDMX, sino de encontrar los factores explicativos asociados a la estructura urbana, el diseño de la red vial y la cobertura del sistema de transporte público concesionado y no concesionado (en superficie); se busca contribuir a la argumentación para reconocer a los accidentes ciclistas como parte de un problema que involucra al conjunto de usuarios de la vía.

2 https://ecobici.cdmx.gob.mx/

2. Metodología

2.1. Área de estudio

Se analiza CDMX conformada por 16 alcaldías que abarcan una superficie de 1.460 km^2 y 60% corresponde al área urbana. Para contextualizar el uso de la bicicleta como modo de transporte, según el *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* de México, para el año censal 2020, CDMX registr**ó** 2,6 millones de viviendas particulares habitadas de las que, 21% cuentan con al menos una bicicleta que se utiliza como modo de transporte cotidiano (no sólo para uso recreativo)) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021). En cuanto a la promoción de la movilidad en bicicleta, CDMX cuenta con 493,63 kilómetros de carriles para circulación ciclista. Para los fines de este trabajo se utilizará la nomenclatura de infraestructura ciclista, para referirse de manera conjunta a este tipo de carriles.

Estructuralmente, el sur de la ciudad por sus características topográficas no favorece el uso cotidiano de la bicicleta; las zonas centro y oriente son las más aptas para promover este tipo de movilidad (Suárez Lastra et al., 2022). Y precisamente, en el área central de la ciudad es donde se decidió ubicar la infraestructura para la movilidad ciclista del Sistema de Bicicletas Púbicas, Ecobici, que actualmente cubre un área aproximada de 4.045 hectáreas en la que está contenida 44,3% de la infraestructura ciclista de la ciudad (Figura 1).

Figura 1. Ciudad de México: ubicación geográfica

Elaboración propia

2.2. Datos

La selección de información se realizó bajo un criterio de representatividad de algunas características demográficas y económicas, así como de condiciones de la estructura vial y del transporte que influyen en la accidentabilidad ciclista. Bajo ese criterio se recurrió a las siguientes fuentes. *Portal de Datos Abiertos* (Gobierno de la Ciudad de México, s/f a) para obtener: 1) el conteo y ubicación de los accidentes ciclistas (enero 2019 a diciembre 2023); serie recabada por el *Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México* (C5). Los códigos reportados en los que se clasifican los

accidentes son: (A) Afirmativo, (N) Negativo, (I) Informativo, (F) Falso y (D) Duplicados.[3] Para este trabajo sólo se consideraron los códigos tipo A (n = 6.341) (Tabla 1). Con base en la coordenada X-Y asociada a cada registro, los accidentes se georreferenciaron sobre la traza urbana de CDMX.

Tabla 1. CDMX: Accidentes ciclistas, 2019-2023

Año	Accidentes	
	Total	%
2019	379	6,0
2020	1.004	15,8
2021	1.456	23,0
2022	1.802	28,4
2023	1.700	26,8
Total	6.341	100

Fuente: *Portal Datos Abiertos Ciudad de México*. Elaboración propia

También del *Portal de Datos Abiertos* se obtuvo: 2) la red (kilómetros) de ciclovías; 3) la red (kilómetros) de rutas y corredores del transporte público concesionado;[4] y 4) la red (kilómetros) de rutas de transporte público no concesionado en superficie (rutas de Metrobús,[5] Trolebús y Red de Transporte de Pasajeros [RTP o M1]). Del sitio del INEGI se obtuvo: 5) el registro de población a escala de manzana, proveniente del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021); 6) el número de empleos por unidad económica proveniente del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, s/f b); 7) la cobertura de calles y avenidas (para la obtención del número de intersecciones viales y la identificación de las vías primarias), proveniente del Marco Geoestadístico Nacional 2020 (INEGI, s/f a); y de la *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017* (INEGI-Setravi-II-UNAM, 2017) se obtuvo: 8) el número de automóviles en circulación por hora del día; y de una fuente privada, se obtuvo: 9) la ubicación de semáforos.

2.3. Método estadístico

Entre las características distintivas de los accidentes ciclistas se reconocen: 1) son eventos poco frecuentes; 2) aleatorios, no ocurren siguiendo un patrón espacial o temporal recurrente; 3) independientes, no suceden en función de un accidente previo; y 4) discretos, su conteo resulta en un número entero positivo. Dadas estas características, la labor inmediata fue definir el método estadístico a emplear; se realizó una primera prueba para identificar si los accidentes ciclistas se ajustan a un patrón territorial concentrado o aleatorio. Con ayuda de sistemas de información geográfica (QGIS versión 3.34) y del programa R Core Team (2020) se aplicó la prueba de aleatoriedad espacial completa (*Complete Spatial Randomness*, CRS) (Baddeley & Turner, 2005). La CRS es una prueba de hipótesis para determinar si eventos puntuales se distribuyen aleatoriamente sobre un área específica; la prueba funciona mediante la comparación estadística de la distribución observada (real) de los eventos, contra su distribución esperada (aleatoria) (Demirsoy, 2022).

Según los planteamientos de la CRS, los eventos en la distribución esperada deben de ser aleatorios, independientes y distribuirse uniformemente en un área específica bajo dos criterios: homogeneidad (todas las unidades territoriales tienen la misma probabilidad de que ocurra un evento) y no interacción (la probabilidad de ocurrencia de un evento en una unidad territorial no condiciona la probabilidad de ocurrencia de otro evento); y, su conteo debe de resultar en un número aleatorio con media constante (Demirsoy, 2022).

Para este ejercicio, la distribución observada de los accidentes ciclistas (eventos) se compara con su distribución esperada en el área urbana de CDMX (área específica). Para realizar la prueba CRS, como primer insumo se requirió la ubicación de los accidentes ciclistas; y como segundo insumo, el área urbana de CDMX se seccionó en cuadrantes de 250 metros^2 para definir un intervalo de superficie de 6,25 hectáreas (del seccionamiento se obtuvieron 14.132 cuadrantes). A continuación, tomando como base los cuadrantes se generó la distribución aleatoria de los accidentes ciclistas (Figura 2); para concluir, la prueba CRS contabilizó el número de eventos (observados y esperados) por cuadrante para realizar una prueba de Chi-cuadrada (X^2).

3 (A) Afirmativo: una unidad de atención a emergencias fue despachada, llegó al lugar de los hechos y confirmó la emergencia reportada; (N) Negativo: una unidad de atención a emergencias fue despachada, llegó al lugar de los hechos, pero en el sitio del evento nadie confirmo la emergencia ni fue solicitado el apoyo de la unidad; (I) Informativo: corresponde a solicitudes de información; (F) Falso: el incidente reportado inicialmente fue considerado como falso en el lugar de los hechos; (D) Duplicados: el incidente reportado se registró en dos o más ocasiones procediendo a mantener un solo reporte como el original.

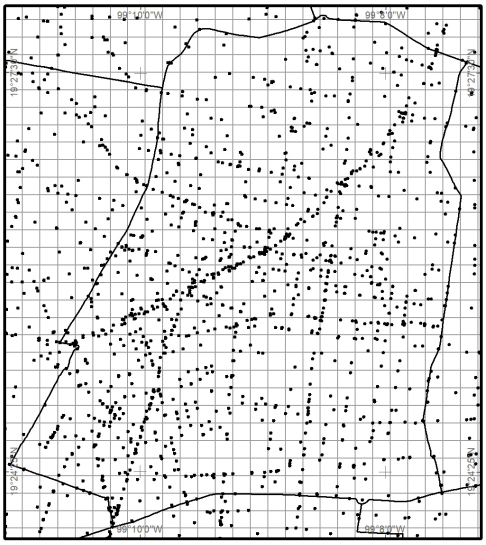
4 Rutas de transportes operadas por particulares con regulación del Gobierno de CDMX.

5 Autobuses de Tránsito Rápido (*Bus Rapid Transit*, BRT, por sus siglas en inglés); autobuses de alta capacidad para carga de pasajeros, que operan mediante carriles exclusivos. Estás rutas de transporte son administradas por el Gobierno de CDMX o bajo asociación público-privada

Figura 2. CDMX: prueba CRS de los accidentes ciclistas

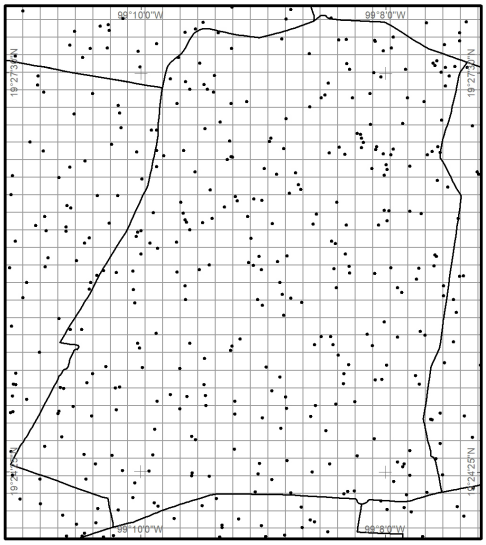
Distribución espacial (muestra)

Observada (real)



Prueba CRS de Chi-cuadrada mediante recuento de cuadrantes
X^2 = 35.292 gl = 14,131 *p-value* = <2,2e-16
hipótesis alternativa: bilateral
Cuadrantes: 14,132 (ventanas irregulares)

Esperada (aleatoria)



Prueba CRS de Chi-cuadrada mediante recuento de cuadrantes
X^2 = 13.259 gl = 14,131 *p-value* = 1,203e-07
hipótesis alternativa: bilateral
Cuadrantes: 14,132 (ventanas irregulares)

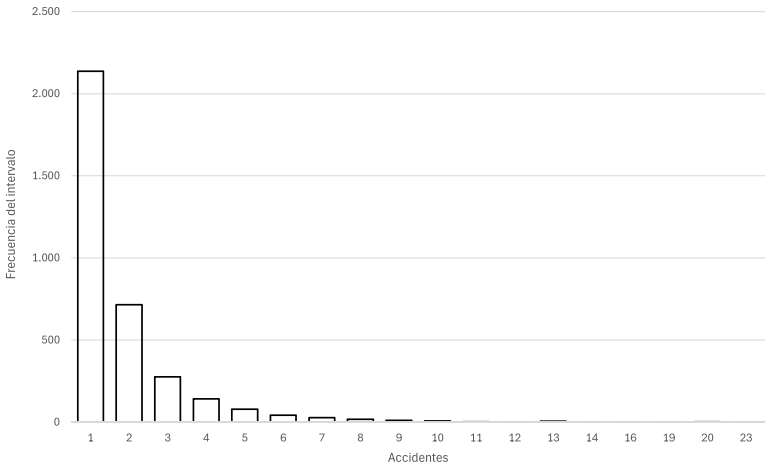
Fuente: *R Core Team*. Elaboración propia.

Al comparar los *p-value* de la prueba CRS para los datos observados (< 2,2e-16) y esperados (1,203e-07), aunque ambos son estadísticamente significativos, el valor indica que hay diferencia, lo que sugiere que los puntos generados aleatoriamente no siguen una distribución perfectamente aleatoria; por su parte, la distribución de los puntos observados no es espacialmente aleatoria, por lo tanto, no se ajusta a un modelo CSR si no a algún tipo de patrón espacial, lo que ayuda a la decisión sobre qué tipo de modelo utilizar.

De forma complementaria, se contabilizaron los accidentes ciclistas por intervalo de superficie y se observó que los datos presentan un fuerte sesgo positivo (a la derecha) sobre la curva de distribución: 3.521 cuadrantes registraron por lo menos un accidente y 10.611 cuadrantes registraron cero accidentes (Figura 3).

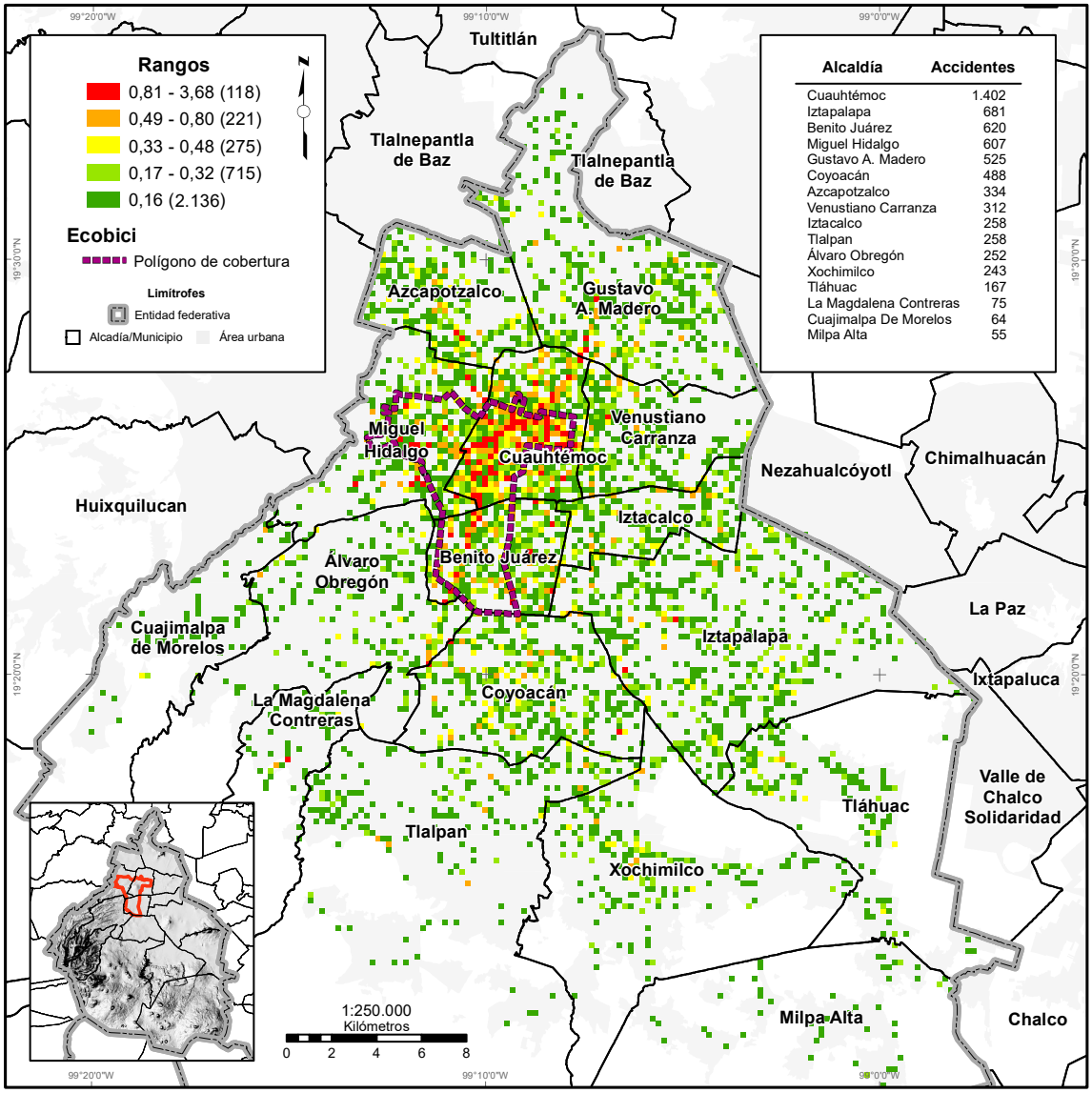
Por su parte, al trasladar los datos al territorio, las mayores densidades de accidentes ciclistas en CDMX se observan en el área central, específicamente en la alcaldía Cuauhtémoc (Figura 4); como información adicional, 24% de los accidentes ciclistas ocurren al interior del polígono de cobertura de Ecobici; en suma, se identifica un patrón no aleatorio de este tipo de eventos.

Figura 3. CDMX: accidentes ciclistas según frecuencia del intervalo



Elaboración propia

Figura 4. CDMX: densidad de accidentes ciclistas



Elaboración propia

En función de las características y propiedades de los datos se optó por aplicar un modelo de regresión de Piosson para estimar la incidencia de los accidentes ciclistas sobre el área urbana de CDMX. Algunas de las ventajas del modelo Poisson respecto a otros modelos de regresión está que, entre los supuestos en los que se fundamenta, sólo es posible magbbejar números positivos y discretos; además, su diseño estadístico está configurado para trabajar con eventos poco frecuentes y que es posible cuantificar y agregar en función de intervalos de tiempo, distancia o área: algunos intervalos registran cero eventos, mientras que otros intervalos registran alto número de eventos (Cameron & Trivedi, 1998).

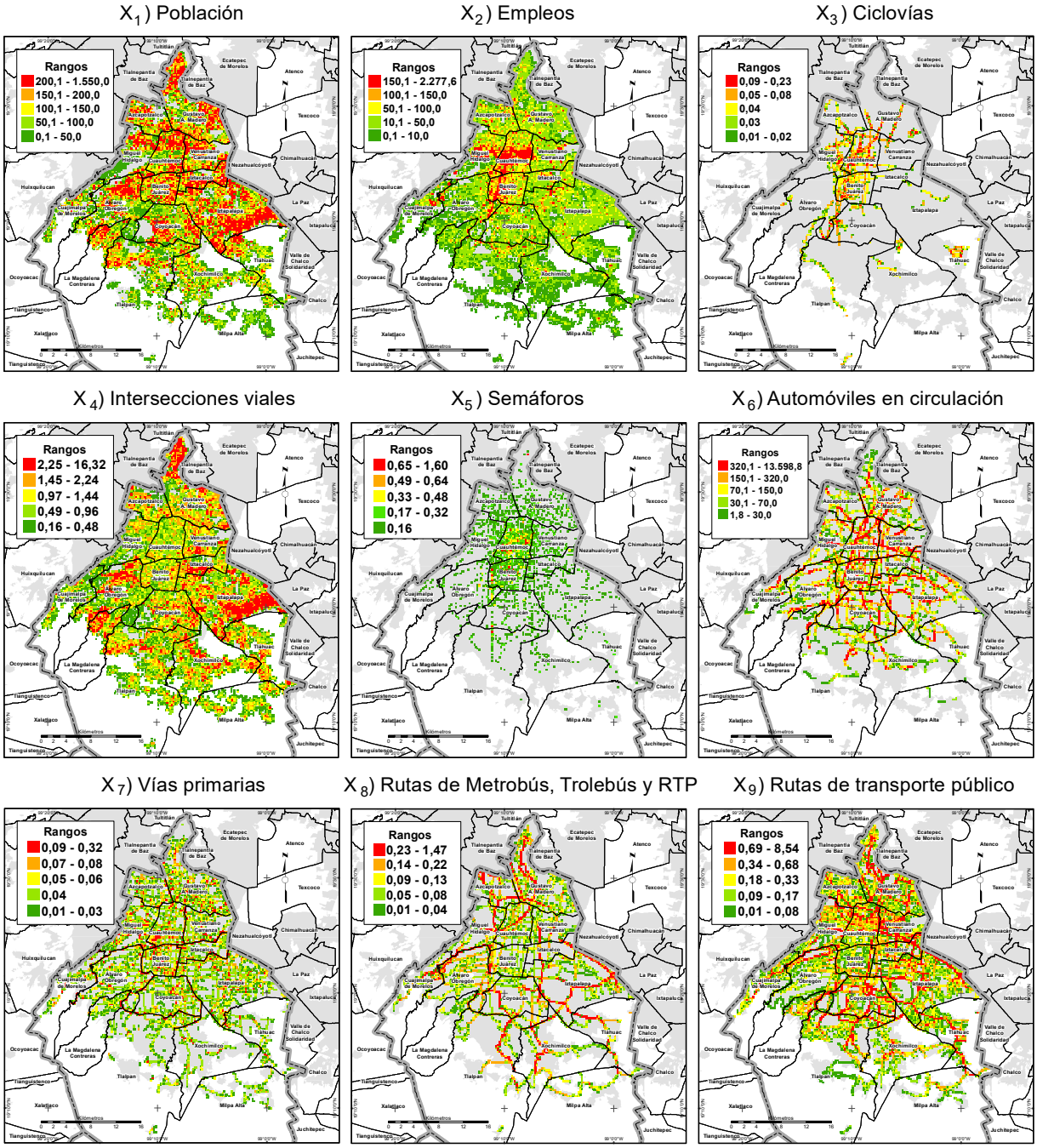
La distribución de Poisson representa la probabilidad de que un determinado número de eventos (en este caso, accidentes ciclistas) sucedan en un intervalo fijo de tiempo y/o espacio si estos eventos: 1) se producen a una tasa media constante; y 2) independientemente del tiempo transcurrido desde el último evento. El modelo Poisson sigue esta notación:

$$P(X = k) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{k}}{x!}$$

Donde: *X* es la variable aleatoria que se ajusta a una distribución de Poisson; *k* es el número de ocasiones que sucede el evento; *P*(*X*=*k*) es la probabilidad de que un evento ocurra *k* veces; *e* es una constante (2,718); λ es el promedio de ocasiones que sucede un evento; ! es la función factorial. Como variable dependiente se

designó a: (*Y*) la densidad de accidentes ciclistas, que es el recuento del número total de accidentes ciclistas en un período de tiempo de cinco años (2019-2023), en un área de 250 x 250 metros (intervalo de área de 6,25 hectáreas). Y como variables independientes (X_1+X_2+...+X_p) se eligieron las densidades de: 1) población, 2) empleos, 3) ciclovías, 4) intersecciones viales, 5) semáforos, 6) automóviles en circulación a las 10:00 AM, 7) vías primarias, 8) rutas de Metrobús, Trolebús y RTP, y 9) rutas de transporte público concesionado (Figura 5).

Figura 5. Densidades



Elaboración propia

Para comprobar la pertinencia de las variables seleccionadas se realizó el cálculo de correlaciones (Tabla 2). La matriz de correlación indica que hay evidencia de correlación moderada entre la densidad de accidentes ciclistas y las densidades de empleo, ciclovías, semáforos, autos en circulación, rutas concesionadas del transporte y vías primarias; en tanto que, con el resto de las densidades, si bien la correlación es débil, no deja de ser significativa, siendo las densidades de población y de intersecciones viales, las menos importantes. Se justifica así la pertinencia predictora de las variables incluidas en el modelo de regresión de Poisson.

Tabla 2. Matriz de correlaciones

Densidades	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
Y. Accidentes Sig. (bilateral)	1									
X_1. Población Sig. (bilateral)	,197** 0,000	1								
X_2. Empleos Sig. (bilateral)	,418** 0,000	,489** 0,000	1							
X_3. Ciclovías Sig. (bilateral)	,308** 0,000	,041** 0,000	,246** 0,000	1						
X_4. Intersecciones viales Sig. (bilateral)	,184** 0,000	,642** 0,000	,440** 0,000	,000 0,998	1					
X_5. Semáforos Sig. (bilateral)	,379** 0,000	,145** 0,000	,422** 0,000	,306** 0,000	,093** 0,000	1				
X_6. Automóviles en circulación Sig. (bilateral)	,334** 0,000	,111** 0,000	,407** 0,000	,213** 0,000	,094** 0,000	,341** 0,000	1			
X_7. Vías primarias Sig. (bilateral)	,329** 0,000	,163** 0,000	,446** 0,000	,206** 0,000	,200** 0,000	,349** 0,000	,567** 0,000	1		
X_8. Rutas de Metrobús, Trolebús y RTP Sig. (bilateral)	,274** 0,000	,082** 0,000	,383** 0,000	,192** 0,000	,124** 0,000	,271** 0,000	,558** 0,000	,526** 0,000	1	
X_9. Rutas de transporte público Sig. (bilateral)	,353** 0,000	,240** 0,000	,559** 0,000	,167** 0,000	,248** 0,000	,359** 0,000	,591** 0,000	,605** 0,000	,638** 0,000	1

** La correlación es significativa en el nivel de 0,01 (bilateral)

Fuente: *R Core Team*. Elaboración propia

Por último, para verificar la bondad de ajuste del modelo de Poisson se aplicaron dos pruebas: la primera fue la *Prueba de sobre-dispersión* que consiste en calcular un índice de dispersión mediante la división de la suma de los residuos de Pearson entre los grados de libertad; si el índice de dispersión es mucho mayor a 1, hay indicios de sobre-dispersión. La segunda fue la *Prueba de bondad de ajuste de Pearson* que calcula la suma de los residuos de Pearson elevados al cuadrado, para compararlos con la distribución de Chi-cuadrada; si el *p-value* que se obtiene es pequeño (<0,05) indica un mal ajuste (Cameron & Trivedi, 1990).

3. Resultados

En primer lugar, los resultados de las pruebas de bondad de ajuste para el modelo Poisson que aquí se presenta son los siguientes: el valor obtenido de la *Prueba de sobre-dispersión* fue de 0,22, lo que indica que no hay evidencia de sobre-dispersión de los datos. Por su parte, el *p-value* que se obtuvo de la *Prueba de bondad de ajuste de Pearson* fue de 1 (uno), lo que significa que no hay discrepancias en los dos conjuntos de datos, lo que respalda la hipótesis nula de que el modelo reproduce los datos observados. En resumen, el modelo Poisson presenta un buen ajuste.

Respecto a las variables independientes, los resultados del modelo indican que están asociadas de manera positiva con la densidad de accidentes de ciclistas, lo que significa que un incremento en las densidades provocaría también un aumento en la accidentabilidad; las variables con mayor efecto son las densidades de ciclovías y vías primarias (Tabla 3).

El mayor peso de estas variables se debe a dos factores principales: 1) en CDMX la construcción de la infraestructura ciclista (carriles ciclistas) coincide territorialmente, en algunos de los segmentos, con el trazo de vías primarias; y 2) en aquellas zonas de la ciudad que carecen de infraestructura para la movilidad en bicicleta, los ciclistas optan por circular por vías primarias, lo que aumenta su probabilidad de accidentarse dada la congestión vehicular. Como evidencia, se obtuvo que 30% de los accidentes ciclistas en CDMX ocurren a menos de 50 metros de un carril ciclista; y específicamente, 20% de este tipo de accidentes ocurren dentro del rango de distancia de 10 metros a un carril ciclista (Figura 6).

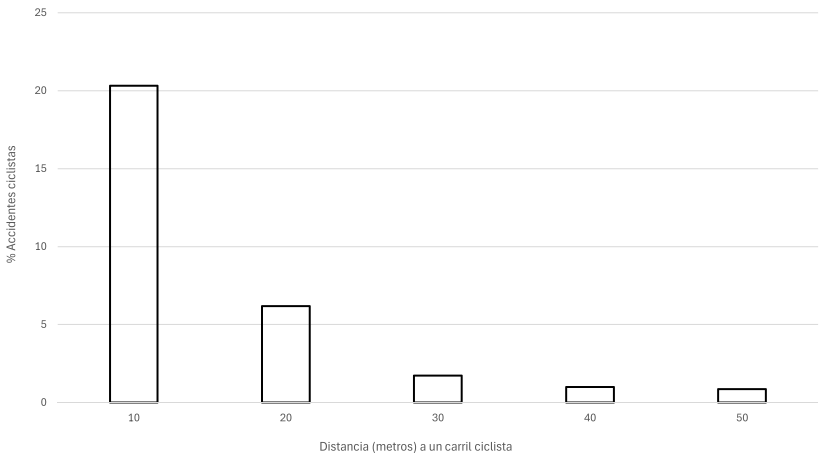
Tabla 3. Modelo de regresión de Poisson

	Beta	Error estándar	*z-value*	Pr(>|z|)	Significancia estadística	Exp(Beta)
Intercepto	-3,670	0,067	-55,036	< 2e-16	***	-
Población	0,002	0,000	6,166	0,000	***	1,002
Empleos	0,002	0,000	9,456	< 2e-16	***	1,002
Ciclovías	8,959	0,899	9,971	< 2e-16	***	7.776,549
Intersecciones viales	0,086	0,031	2,780	0,005	**	1,090
Semáforos	1,682	0,170	9,879	< 2e-16	***	5,375
Automóviles en circulación	0,000	0,000	4,994	0,000	***	1,000
Vías primarias	8,346	0,914	9,134	< 2e-16	***	4.213,233
Rutas de Metrobús, Trolebús y RTP	0,958	0,301	3,178	0,001	**	2,607
Rutas de transporte público	0,124	0,048	2,583	0,010	**	1,132

Significancia: 0,000 *** 0,005 ** 0,1 *
Desviación nula: 3.334,8 en 14.021 gl
Desviación residual: 2.227,5 en 14.012 grados de libertad
Número de interacciones de la puntuación de Fisher: 5

Fuente: *R Core Team*. Elaboración propia

Figura 6. CDMX: distribución de los accidentes ciclistas según distancia a un carril ciclista



Elaboración propia

Por lo tanto, esta correlación: a mayor infraestructura ciclista, mayor incidencia de accidentes se contrapone con los resultados obtenidos por otras investigaciones, que hallaron que la dotación de infraestructura para la circulación ciclista es una opción eficaz y de bajo costo que contribuye a mejorar la percepción de seguridad por parte de los usuarios, lo que incentiva el uso de la bicicleta como modo de transporte y reduce los accidentes en zonas urbanas (Teschke et al., 2012; Gu et al., 2017; Ling et al., 2020).

De esta primera correlación se desprende una pregunta principal: ¿por qué en CDMX la presencia de infraestructura ciclista resulta un promotor de accidentes ciclista, cuando debería ocurrir lo opuesto? Para responder a esta pregunta se deben de considerar las características de la infraestructura ciclista: carriles designados para la circulación de ciclistas y segregados del tránsito automotor, pero en algunos segmentos compartidos con vehículos particulares y del transporte público. No obstante, en el caso de CMDX la principal zona de concentración de este tipo de carriles coincide con la mayor concentración de personas en movimiento, así como de automóviles y vehículos de transporte público (concesionado y no concesionado) en circulación, por lo que, a pesar de tratarse de carriles para la circulación ciclista, dadas las condiciones de congestionamiento en CDMX,[6] los ciclistas en algunos segmentos deben de compartir el uso de la vía y en otros casos, sucede la invasión de ciclovías por parte de automóviles. Investigaciones sobre este tema en

6 Según el Tom Tom Traffic Index (2023), CDMX se ubicó en la posición número trece en la lista de ciudades más congestionadas del mundo. https://www.tomtom.com/traffic-index/mexico-city-traffic/

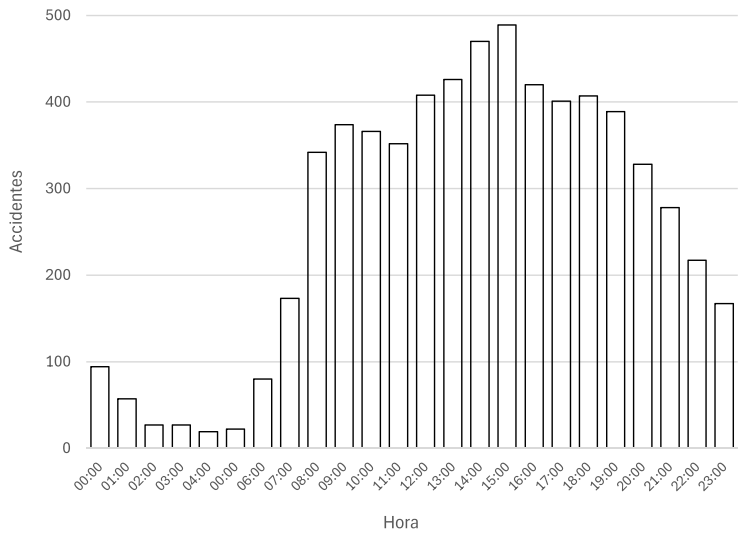
particular han reconocido un incremento del riesgo de accidente para los ciclistas, por la amenaza percibida de la cantidad de automóviles en circulación, lo que desalienta el uso bicicleta como modo de transporte (Fishman, 2016).

Por su parte, la influencia del resto de variables tiene un impacto más moderado; por ejemplo, por cada unidad que se incremente la densidad de semáforos, la densidad de accidentes ciclistas aumentaría en 5.4 unidades. En este caso se debe considerar el comportamiento de algunos ciclistas durante su desplazamiento, por su renuencia a respetar las señales de tránsito (factores inmateriales), en particular los semáforos. La investigación al respecto ha demostrado que los hombres, pertenecientes al grupo etario entre 20-30 años, son el grupo de población ciclista que menos obedecen la luz roja de los semáforos (Obregón Biosca & Reyes Guerrero, 2023).

En el caso de la densidad de rutas de Metrobús, Trolebús y RTP, por cada unidad de aumento, los accidentes ciclistas se incrementarían en 2,6 unidades. Dado que para circular las rutas de Metrobús y algunas de Trolebús cuentan con un carril exclusivo (y en ocasiones en contraflujo), las velocidades de desplazamiento de estos modos de transporte son mayores y constantes, por lo que un factor que provoca el accidente es la invasión de ese carril exclusivo por parte de los ciclistas.

Respecto al efecto del resto de variables, su efecto aumentaría en alrededor de una unidad la densidad de accidentes de ciclistas; por ejemplo, la densidad de vehículos en circulación (10:00 AM). Para examinar esta correlación se muestra la distribución de los accidentes ciclistas según hora del día (Figura 7), ya que hay estudios que han demostrado que la accidentabilidad ciclista varía según la hora pico matutina y vespertina (Pai & Jou, 2014; Richardson & Caulfield, 2015).

Figura 7. CDMX: distribución de los accidentes ciclistas según hora del día, 2019-2023



Elaboración propia

Entre las causas que ayudan a explicar esta distribución horaria de los accidentes ciclistas se reconoce: en las primeras horas de la mañana, la movilidad en bicicleta tiene un comportamiento similar al grueso de la movilidad general (hora de ingreso al trabajo y planteles educativos), y debido a la saturación vial por automóviles, la velocidad de desplazamiento se ralentiza, por lo que el número de accidentes ciclistas es bajo. Además, la presencia de un mayor número de vehículos automotor se asocia a un mayor respeto por las señales de alto (semáforos), y también se correlaciona con la complejidad de la intersección (Obregón Biosca & Reyes Guerrero, 2023).

Después de la hora de máxima movilidad matutina los accidentes en bicicleta siguen incrementándose, lo que se explica por: 1) conforme pasa la hora de ingreso al trabajo o escuelas (menos personas en la vía) y disminuye la saturación vial por automóviles, los ciclistas incrementan su velocidad de desplazamiento; y 2) la actividad laboral que se realiza en bicicleta (y que se incrementó durante y después de la pandemia por Covid-19): repartidores y mensajería, principalmente (World Economic Forum [WEF], 2020). Por la tarde, nuevamente la movilidad en bicicleta se ajusta al comportamiento del grueso de la movilidad: regreso a casa, para reducirse hacia la noche.

Por su parte, la correlación entre la densidad de rutas de transporte público concesionado y los accidentes ciclistas se debe a la alta densidad de este tipo de rutas en toda la ciudad, específicamente en el área central, donde aunado a la congestión vial, ayuda a explicar dicha correlación. En el caso particular de la densidad de intersecciones viales, se deben de considerar las intersecciones, pero semaforizadas, ya que se ha demostrado la correlación positiva entre intersecciones viales y semáforos con la incidencia de accidentes ciclistas. Hay trabajos que al examinar el perfil urbano de la accidentabilidad han identificado cuáles son los tipos de maniobras que los ciclistas realizan según el tipo de rasgo urbano, y que tienen mayor probabilidad de provocar un accidente: cruce, intersección, incorporación, retorno o con vehículos en movimiento o estacionados (Harris et al., 2013; Haworth et al., 2019).

Al examinar el resultado a escala de ciudad, se reconoce que, en CDMX 46% de los accidentes ciclistas ocurre en las alcaldías centrales: Cuauhtémoc 22%, Miguel Hidalgo 9,7%, Benito Juárez 9,6% y Venustiano Carranza 5%. En este punto hay que considerar que en el centro de CDMX está la mayor cantidad infraestructura ciclista (ciclovías) y, como ya se señaló, debido a la saturación y la baja velocidad de desplazamiento, un factor que provoca el accidente es la invasión del carril exclusivo para bicicletas por parte de automóviles.

La zona con mayor incidencia de accidentes ciclistas corresponde a lo largo de la avenida de los Insurgentes (que atraviesa CDMX en sentido norte-sur, en una trayectoria de 28,8 kilómetros). A lo largo del corredor que marca esta vía se registran las más altas densidades de actividad económica (empleos y uso del suelo), lo que se refleja en altas densidades de población (residente y flotante), número de intersecciones semaforizadas y automóviles en circulación (particulares y de transporte público concesionado y no concesionado). Como elemento adicional, en un segmento paralelo al trazo de esta vía se extiende la segunda ciclovía de mayor longitud de la ciudad (Suárez Lastra et al., 2022).

Como la investigación previa ha demostrado, el uso del suelo y las características de las infraestructuras (vías, tramos de vías e intersecciones) afectan a la seguridad ciclista (Schepers et al, 2014); asimismo, la presencia de una ciclovía sobre una avenida de trazo recto permite a los ciclistas alcanzar velocidades mayores lo que, en caso de percance, reduce la capacidad de reacción y se incrementa el daño potencial de la lesión: dado el número de intersecciones a lo largo de la vía, la probabilidad de accidentarse se incrementa ya que, a menor número de intersecciones, mayor velocidad continua y menor capacidad de respuesta en el momento del frenado (McMahon et al., 1999).

4. Discusión de resultados

El hallazgo más relevante obtenido del análisis realizado es el reconocimiento, para CDMX, del patrón de localización que siguen los accidentes ciclistas: es mayor en el centro de la ciudad y, específicamente, en aquellas áreas que cuentan con la mayor dotación y calidad de infraestructura ciclista; sin embargo, se debe de tener en consideración que en esta zona también es mayor la movilidad en bicicleta. Este resultado se contrapone con el de otras investigaciones que han demostrado que, la dotación de infraestructura ciclista aumenta la percepción de seguridad y reduce significativamente la accidentabilidad (Teschke et al., 2012; Gu et al., 2017; Ling et al., 2020).

Actualmente, para el caso mexicano, más allá del género y la edad, no es posible construir un perfil a detalle de los actores involucrados en un accidente ciclista. A futuro, la investigación sobre este tipo de accidentes ya no debe enfocarse sólo en el levantamiento del reporte policial y de algunos datos de identificación individual (sexo, edad), sino en el reconocimiento del mayor número de factores materiales e inmateriales involucrados. Es necesario elaborar una acta de hechos los más completa que recoja el perfil de los involucrados e identifique al causante (ciclista, peatón o automovilista) y la causa del percance (distracción, exceso de velocidad, no respetar señales de tránsito); y asimismo, enlistar las circunstancias ambientales (día y hora) y del lugar (presencia de semáforo, cruce de calle, paso de peatones, ausencia/presencia de señalética), así como las condiciones de seguridad del ciclista (dentro o fuera de la ciclovía, uso de casco). Por ejemplo, en países como Inglaterra el reporte policial sobre el accidente incluye, además del género y la edad, la hora del día y la experiencia del ciclista involucrado (Clarke et al., 2006). De esta forma, se incrementa la probabilidad de esclarecer en mayor medida la compleja combinación de factores en los que tuvo lugar el accidente.

Hay que considerar también que, para el caso particular de CDMX, influye en la accidentabilidad ciclista la carencia de tradición del uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano, por lo que la competencia por el uso de la vía entre los automóviles particulares, el transporte público, ciclistas y peatones desemboca en accidentes (Fruhen & Flin, 2015; Useche et al., 2019). Pero si el objetivo es reducir el uso del transporte

automotor, uno de los principales requerimientos para impulsar la movilidad ciclista es la mejora en la percepción de seguridad al transportarse; se ha demostrado que un valor de elasticidad agregado mayor a uno (es decir, un aumento del 10%) en la percepción de seguridad, se traduce en un incremento superior al 10% de personas que viajan en bicicleta (Noland, 1995).

Asimismo, para CDMX comienza a ser un requerimiento la elaboración de estudios de tipo actuarial, para determinar el costo promedio anual de los accidentes de ciclistas, no sólo para las personas involucradas, sino también para las empresas y la ciudad. Identificar el costo, influirá en un cambio de actitud sobre la necesidad de evitar en la medida de lo posible los accidentes ciclistas.

5. Conclusiones

En CDMX el número de accidentes ciclistas durante el período 2019-2023 presentó una tendencia creciente, al pasar de 379 eventos en el año 2019, a 1.700 en 2023, con un acumulado para el período de cinco años de 6.341 accidentes; de este total de accidentes, 30% se registra a una distancia de 50 metros o menos de un carril ciclista. En este trabajo, para analizar la accidentabilidad ciclista en CDMX, se recurrió al uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para calcular densidades (en intervalos de área de 6,25 hectáreas) de diferentes variables que influyen en la accidentabilidad ciclista: 1) población, 2) empleos, 3) ciclovías, 4) intersecciones viales, 5) semáforos, 6) automóviles en circulación, 7) vías primarias, 8) rutas de transporte público no concesionado (en superficie), y 9) rutas de transporte público concesionado. Posteriormente, mediante la aplicación de un modelo de regresión de Poisson se calculó el peso de cada tipo de densidad en la incidencia de la accidentabilidad ciclista. La metodología aquí propuesta es lo suficientemente robusta y de construcción simple para que pueda ser replicable en otras ciudades. Del modelo de regresión de Poisson se obtiene como resultado el reconocimiento de un patrón territorial asociado a la accidentabilidad ciclista: el área de central de CDMX se reconoce como la zona con mayor incidencia de accidentes. Pese a que el área central de CDMX cuenta, cuantitativa y cualitativamente, con la mayor y mejor infraestructura ciclista (ciclovías y biciestacionamientos), también registra la mayor concentración de accidentes ciclistas. Se identificó que, al interior del polígono de cobertura del Sistema Bicicletas Púbicas, Ecobici, está contenida 44,3% de la infraestructura ciclista de la ciudad y ocurren 24% de los accidentes ciclistas.

Este patrón territorial es indicativo de que la saturación de la vía por parte de personas (residentes y que van a trabajar), así como de vehículos (automóviles y transporte público concesionado y no concesionado) genera un ambiente de alto riesgo para la accidentabilidad ciclista. Con base en este resultado, se reconoce que, en CDMX la investigación sobre accidentes ciclistas debe de comenzar a identificar y estudiar (además de algunos datos generales, como el día de ocurrencia y la hora), las características individuales (sexo, edad) y los factores materiales e inmateriales involucrados en el accidente para diseñar y promover las políticas pertinentes para proteger no sólo a los ciclistas, sino al conjunto de usuarios de la vía.

CDMX con base en la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2022), que coloca a ciclistas en la posición número dos en la jerarquía de movilidad (después de los peatones), busca posicionarse como ciudad ciclista de clase mundial, por lo tanto, concebir y atender la problemática de los accidentes ciclistas como parte de una política de salud pública es esencial para alcanzar ese objetivo. Entre las medidas de política pública a implementar en CDMX para incrementar la seguridad de los ciclistas está incrementar la señalética y buscar, en la medida de lo posible, aislar físicamente el carril ciclista para incrementar la percepción de seguridad.

Asimismo, se deben de buscar sanciones más severas para los causantes de accidentes ciclistas; pero también es necesario considerar la opción de implementar un programa de infracción a ciclistas. En ocasiones, los ciclistas circulan por lugares no permitidos: banquetas, andadores o calles exclusivas para movilidad peatonal; y también circulan en vías tránsito rápido en las que está prohibida la movilidad ciclista. Pero, sobre todo, una conducta recurrente de los ciclistas es negarse a respetar las señales de tránsito, específicamente, los semáforos.

Asimismo, a pesar de la congestión vehicular y peatonal, los ciclistas circulan con exceso de velocidad y en sentido contrario al indicado. Debe de comenzar a cambiar la visión del ciclismo correcto y el resto de los usuarios de la vía sus adversarios y corruptores. Entre las opciones, se debe de exigir que los ciclistas lleven consigo un documento de identidad y también, que porten y utilicen implementos mínimos de seguridad, como el casco.

En caso de no portar los implementos mínimos de seguridad, el ciclista será merecedor de una amonestación o sanción administrativa y si reincide, una multa. En cuanto a no llevar documento de identidad, la bicicleta puede ser confiscada y remitida al módulo ministerial u oficina de vigilancia correspondiente y sólo podrá ser recuperada bajo obligatoria identificación del usuario y una sanción administrativa; pero en caso de reincidencia, la bicicleta se entregará sólo a través del pago de una multa. La cultura ciclista implica respeto por parte de los diferentes usuarios de la vía hacia el ciclista y del ciclista hacia los diferentes usuarios de la vía. Este tipo de medidas ya se contemplan en el *Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México 2023*, Título Quinto, Capítulo III, *De los hechos de tránsito y de la responsabilidad civil resultante*, pero es necesario pasar de la emisión de leyes a su aplicación (Gobierno de la Ciudad de México, s/f b).

Este tipo de políticas ya son una realidad en países como Suiza que, al consagrar constitucional el uso de la bicicleta y la infraestructura ciclista diseñó, además de las políticas de impulso al ciclismo, políticas de incremento a la seguridad (O'Sullivan, 2018). No se puede saber con exactitud cuándo y dónde ocurrirá un accidente ciclista; sin embargo, sí es posible reconocer las condiciones propiciatorias que, al combinarse, configuran un escenario de alta probabilidad de accidentabilidad. Para CDMX, en la agenda de investigación territorial sobre accidentes ciclistas queda la asignatura de reducir la escala de análisis para identificar a detalle los factores materiales, inmateriales y externos involucrados en la ocurrencia de este tipo de accidentes.

Agradecimientos

Se agradece a la Mtra. Teresita Ruiz Pantoja, Técnica Académica del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su ayuda en la verificación del modelo de regresión de Poisson y la interpretación de los coeficientes.

Referencias

Aertsens, J., de Geus, B., Vandenbulcke, G., Degraeuwe, B., Broekx, S., De Nocker, L., Liekens, I., Mayeres, I., Meeusen, R., Thomas, I., Torfs, R., Willems, H., & Panis, L. (2010). Commuting by bike in Belgium, the costs of minor accident. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 2149-2157. http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.07.008

Baddeley, A. & Turner, R. (2005). spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. *Journal of Statistical Software*, *12*(6), 1-42. https://doi.org/10.18637/jss.v012.i06

Bauer, M., Okraszewska, R., & Richter, M. (2021). Analysis of the causes and effects of cyclist-pedestrian accidents in biggest polish cities. *Archives of Transport*, *58*(2), 115-135. http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0014.8970

Billot-Grasset, A., Amoros, E., & Hours, M. (2016). How cyclist behavior affects bicycle accident configurations? *Transportation Research Part F.*, 41, 261-276. http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2015.10.007

Cameron, A.C., & Trivedi, P.K. (1990). Regression-based tests for overdispersion in the Poisson Model. *Journal of Econometrics*, *46*(3), 347-364. https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90014-K

Cameron, A.C., & Trivedi, P.K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511814365

City of Melbourne. (2017). *Annual Vehicle and Bicycle Counts*, Cycling Data. http://www.melbourne.vic.gov.au/sitecollectiondocuments/annual-bicycle-count-march-2017.pdf

Clarke, D.D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, T. (2006). Young driver accidents in the UK: The influence of age, experience, and time of day. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 871-878. http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.02.013

Delbosc, A., Naznin, F., Haslam, N., & Haworth, N. (2019). Dehumanization of cyclists predicts self-reported aggressive behaviour toward them: A pilot study. *Transportation Research Part F.*, 62, 681-689. https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.03.005

Demirsoy, I. (2022). Testing Complete Spatial Randomness on Linear Networks: Leon County Traffic Accident Example, *Cumhuriyet Science Journal*. 43(4), 769-776. https://doi.org/10.17776/csj.1120685

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). Decreto por el que se expide la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. *Diario Oficial de la Federación*. México. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5652187&fecha=17/05/2022#gsc.tab=0

Ding, N., Zhai, Y., Hu, X., & Ma, M. (2019). Crime prediction of bicycle theft based on online search data. In P. Krömer, H. Zhang, Y. Liang, J.S. Pan (Eds), *Proceedings of the Fifth Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications* (pp. 117-128). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03766-6_13

Donaldson, L.H., Brooke K., & Faux S.G. (2009). Orthopaedic trauma from road crashes: is enough being done? *Australian Health Review*, *33*(1), 72-83. https://doi.org/10.1071/ah090072

Fishman, E. (2016). Cycling as transport. *Transport Reviews*, *36*(1), 1-8. https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1114271

Flatley, J. (2017). Overview of bicycle theft: England and Wales A summary of the long-term trends in bicycle theft, including demographic and nature of crime data. Office for National Statistics. https://cy.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/crimeandjustice/articles/overviewofbicycletheft/2017-07-20

Fruhen, L.S. & Flin, R. (2015). Car driver attitudes, perceptions of social norms and aggressive driving behaviour towards cyclists. *Accident Analysis and Prevention*, 83, 162-170. https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.07.003

Gilbert, K. & McCarthy, M. (1994). Deaths of cyclist in London 1985-92: the hazards of road traffic. *BMJ*, 308, 1538. https://doi.org/10.1136/bmj.308.6943.1534

Gobierno de la Ciudad de México. (s/f a). *Portal de Datos Abiertos*. https://datos.cdmx.gob.mx/

Gobierno de la Ciudad de México. (s/f b). *Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México*. Secretaría de Seguridad Ciudadana. Gaceta Oficial del Distrito Federal el 17 de agosto de 2015 (última reforma del 10 de agosto de 2023). https://www.ssc.cdmx.gob.mx/organizacion-policial/subsecretaria-de-control-de-transito/reglamento-de-transito

González Pacheco, N., Marañón Pardillo, R., Storch de Gracia Calvo, P., Campos Calleja, C., Mojica Muñoz, E., Rodríguez Sáez, M.J., Crespo Rupérez, E., Panzino Occhiuzzo, F., Díez Sáez, C., Barea Martínez-Páis, V., Hernández González, A., Estopiñá Ferrer, G., Yagüe Torcal, F., Pociello Almiñana, N., García Peleteiro, P., & Pizà Oliveras, A. (2014). Accidentes de bicicleta atendidos en los Servicios de Urgencias. Estudio multicéntrico. *Anales de Pediatría*, *80*(4), 242-248. http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2013.05.031

Graw, M. & Köning, H.G. (2002). Fatal pedestrian-bicycle collisions. *Forensic Science International*, *126*(3), 241-247. https://doi.org/10.1016/S0379-0738(02)00085-3

Gu, J., Mohit, B., & Muenning, A. (2017). The cost-effectiveness of bike lanes in New York City. *Injury Prevention*, *23*(4), 239-243. http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2016-042057

Harris, M.A., Reynolds, C.C.O., Winters, M., Cripton, P.A., Shen, H., Chipman, M.L., Cusimano, M.D., Babul, S., Brubacher, J.R., Friedman, S.M., Hunte, G., Monro, M., Vernich, L., & Teschke, K. (2013). Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case–crossover design. *Injury Prevention*, 19, 303-310. http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040561

Haworth, N., Legge, M., Twisk, D., Bonham, J., O'Hare, T., & Johnson, M. (2019). Young drivers crashes with cyclists: identifying training opportunities. *Journal of the Transportation Research Board*, *2673*(12), 679–689. http://doi.org/10.1177/0361198119860118

Hidalgo-Solórzano, E., Pérez-Núñez, R., Mojarro, F.R., Vera-López, J.D., & Híjar, M. (2020). Accidentes no fatales en población mexicana, prevalencia y factores asociados. Ensanut 2018-19. *Salud Pública de México*, *62*(6), 829-839. https://doi.org/10.21149/11563

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. https://www.inegi.org.mx/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s/f a). *Marco Geoestadístico Nacional 2020*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s/f b). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

INEGI-Setravi-II-UNAM. (2017). *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal-Instituto de Ingeniería, UNAM.

Johnson, S.D., Sidebottom, A., & Thorpe, A. (2008). *Bicycle Theft. Problem-Oriented Guides for Police Problem-Specific Guides Series. Guide No. 52.* U.S. Department of Justice Office of Community Oriented Policing Services. http://www.cops.usdoj.gov

Ling, R., Rothman, L., Cloutier, M.S., Macarthur, C., & Howard, A. (2020), Cyclist-motor vehicle collisions before and after implementation of cycle tracks in Toronto, Canada. *Accident Analysis and Prevention*, 135, 105360. http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2019.105360

Martínez Ruiz, V., Jiménez Mejías, E., Amezcua Prieto, C., Olmedo Requena, R., Pulido Manzanero, J., & Lardelli Claret, P. (2015). Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011. *Gaceta Sanitaria*, *29*(S1), 10-15. https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.04.005

Mason-Jones, A.J., Turrell, S., Zavala Gomez, G., Tait, C., & Lovelace, R. (2022). Severe and Fatal Cycling Crash Injury in Britain: Time to Make Urban Cycling Safer. *Journal Urban Health*, 99, 334-343. https://doi.org/10.1007/s11524-022-00617-7

Mayou, R. & Bryant, B. (2002). Outcome 3 years after a road traffic accident. *Psychol Med*, *32*(4), 671-675. https://doi.org/10.1017/s0033291702005470

McMahon, P., Duncan, C., Stewart, J., Zegeer, C., & Khattak, A. (1999). Analysis of factors contributing to "walking along roadway" crashes. *Transportation Research Record*, *1674*(1), 41-48. https://doi.org/10.3141/1674-06

Medina, R.M., Cervone, G., & Waters, N.M. (2017). Characterizing and Predicting Traffic Accidents in Extreme Weather Environments. *The Professional Geographer*, *69*(1), 126-137. https://doi.org/10.1080/00330124.2016.1184987

Mesimäki, J. & Luoma, J. (2021). Near accidents and collisions between pedestrians and cyclists. *European Transport Research Review*, *13*(38). https://doi.org/10.1186/s12544-021-00497-z

Monet, C. (1997). Situational crime prevention: techniques for reducing bike theft at Indiana University, Bloomington. *Journal of Security Administration*, *20*(2), 1-14.

Noland, R.B. (1995). Perceived risk and modal choice: risk compensation in transportation systems. *Accident Analysis & Prevention*, *27*(4), 503-521. http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(94)00087-3

Obregón Biosca, S.A. & Reyes Guerrero, E.E. (2023). Comportamiento ciclista en el respeto a la luz roja: estudio observacional. *CIENCIA Ergo-Sum*, *30*(1). https://doi.org/10.30878/ces.v30n1a5

O'Sullivan, D. (2018, September 23). Bikes coast into Swiss constitutionwith clear voter support. Swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/eng/business/september-23-ballot_swiss-to-vote-on-the-importance-of-cycling/44409042

Pai, C.W. & Jou, R.C. (2014). Cyclists' red-light running behaviours: An examination of risk-taking, opportunistic, and law-obeying behaviours. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 191-198. https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.008

Prati, G., Fraboni, F., De Angelis, M., & Pietrantoni, L. (2019). Gender differences in cyclists' crashes: an analysis of routinely recorded crash data. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, *26*(4), 391-398. https://doi.org/10.1080/17457300.2019.1653930

R Core Team. (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. https://www.r-project.org/

Raslavičius, L., Bazaras, L., & Keršys, R. (2017). Accident Reconstruction and Assessment of Cyclist's Injuries Sustained in Car-to-Bicycle Collision. *Procedia Engineering*, 187, 562-569. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.415

Reynolds, C.C.O., Harris M.A., Teschke, K., Cripton, P.A., & Winters, M. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health*, *8*(47). http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-8-47

Richardson, M. & Caulfield, B. (2015). Investigating traffic light violations by cyclists in Dublin City Centre. *Accident Analysis and Prevention*, 84, 65-73. https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.08.011

Rodríguez-Hernández, J.M., Campuzano-Rincón, J.C., & Híjar, M. (2011). Comparación de datos sobre mortalidad por atropellamientos en la Ciudad de México: ¿se han presentado cambios en una década? *Salud Pública de México*, *53*(4), 320-328. https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v53n4/a06v53n4.pdf

Schepers, P., Hagenzieker, M., Methorst, R., van Wee, B., & Wegman, F. (2014). A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 331-340. http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.032

Suárez Lastra, M., Galindo Pérez, M.C., & Reyes García, V.A. (2022). Plan Bici CDMX. Una estrategia de movilidad en bicicleta para Ciudad de México. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, *LIV*(213), 665-682. https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.213.8

Teschke, K., Harris, M.A., Reynolds, C.C.O., Winters, M., Babul, S., Chipman, M., Cusimano, M.D., Brubacher, J.R., Hunte, G., Friedman, S.M., Monro, M., Shen, H., Vernich, L., & Cripton, P.A. (2012). Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: A case-crossover study. *American Journal of Public Health*, *102*(12), 2336-2343. https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.300762

Tuckel, P., Milczarski, & W., Maisel, R. (2014). Pedestrian injuries due to collisions with bicycles in New York and California. *Journal of Safety Research*, 51, 7-13. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.07.003

Useche, S., Alonso, F., Montoro, L., & Esteban, C. (2018). Distraction of cyclists: how does it influence their risky behaviors and traffic crashes? *PeerJ*, 6, e5616. http://dx.doi.org/10.7717/peerj.5616

Useche, S., Alonso, F., Sanmartin, J., Montoro, L., & Cendales, B. (2019). Well-being, behavioral patterns and cycling crashes of different age groups in Latin America: Are aging adults the safest cyclists? *PLoS ONE*, 14(8), e0221864. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221864

TomTom Traffic Index. (2023). *Measuring Congestion Worldwide*. https://www.tomtom.com/traffic-index/mexico-city-traffic/

Veisten, K., Sælensminde, K., Alvær, K., Bjørnskau, T., Elvik, R., Schistad, T., & Ytterstad, B. (2007). Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. *Accident Analysis and Prevention*, *39*(6), 1162-1169. https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.002

Varriano, B., Porplycia, D., & Friedman, S.M. (2022). Unhelmeted Injured Cyclists in a Canadian Emergency Department: Cycling Behavior and Attitudes Towards Helmet Use. *INQUIRY*, 59, 1-9. https://doi.org/10.1177/00469580221083276

World Economic Forum (WEF). (2020, September 2). La pandemia dispara el uso de las bicicletas en México. *World Economic Forum*. https://es.weforum.org/agenda/2020/09/la-pandemia-dispara-el-uso-de-las-bicicletas-en-mexico/

World Health Organization (WHO). (2013). *WHO global status report on road safety 2013: supporting a decade of action*. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/78256