



Comportamiento ciclista en el respeto a la luz roja: estudio observacional

Obregón Biosca, Saúl Antonio; Reyes Guerrero, Esaul Eduardo
Comportamiento ciclista en el respeto a la luz roja: estudio observacional
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 1, marzo-junio 2023 | e187
Ciencias Humanas y de la Conducta

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Obregón Biosca, S. A. y Reyes Guerrero, E. E. (2023). Comportamiento ciclista en el respeto a la luz roja: estudio observacional. CIENCIA *ergo-sum*, 30(1). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n1a5>

Comportamiento ciclista en el respeto a la luz roja: estudio observacional

Cyclist's behavior on the red light respect: Observational study

Saúl Antonio Obregón Biosca*

Universidad Autónoma de Querétaro, México

saul.obregon@uaq.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-6915-4671>

Recepción: 22 de junio de 2021

Aprobación: 16 de noviembre de 2021

Esaul Eduardo Reyes Guerrero

Universidad Autónoma de Querétaro, México

ereyes124@alumnos.uaq.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-6841-2824>

RESUMEN

Se presenta un estudio observacional a través de grabaciones en video en el que se identifican los factores que motivan la decisión de los ciclistas de no respetar la luz roja en una intersección semaforizada. Los resultados del análisis estadístico chi-cuadrada muestran que las variables “hombres de 15-30 años”, “búsqueda visual” y “tamaño de grupo” influyen en la decisión de realizar el cruce en luz roja, mientras que el uso de casco, celular, cubrebocas, bicicleta pública de renta y chaleco reflectivo se asociaron al respeto de la señal de alto durante la duración de la indicación de luz roja en el semáforo.

PALABRAS CLAVE: ciclistas, comportamiento, semáforo, luz roja, infringir.

ABSTRACT

An observational study is presented through video recordings, with the aim to identify the factors that motivate the cyclist's decision to not respect the red light in a traffic light intersection. The results of the chi-square statistical analysis shown the following factors: “men aged 15-30 years”, the use of “visual search” and the “size group”, influence the decision to cross in red light. While the use of a cycling helmet, cell phone, face-mask, bicycle of sharing system and reflective vest are associated to the respect of the stop sign while the red-light indication is on at the traffic light.

KEYWORDS: cyclists, behavior, traffic light, red light, infringe.

INTRODUCCIÓN

La seguridad vial es un problema mundial, así lo señala Tencio (2008) al exponer que cada año se cobra un gran número de vidas a causa de errores humanos que pueden estar ligados a la falta de cultura vial. A partir de esto, Useche *et al.* (2019) mencionan que las crecientes tasas de accidentes de tránsito ciclistas son reconocidas como una preocupación primordial de salud pública y seguridad vial. Los accidentes se deben a comportamientos de riesgo y, en este sentido, Zhang *et al.* (2016) comentan que todos los usuarios, incluidos los ciclistas, suelen cometerlos.

Existen distintas conductas destacadas en el estudio del comportamiento de los ciclistas que han sido reportadas en el ámbito internacional, entre las que resalta la violación a la luz roja, que es un comportamiento ilegal de todos los usuarios de la vía pública (Johnson *et al.*, 2013). En ese sentido, Fraboni *et al.* (2018), a través del análisis de accidentes, revelan que estas violaciones juegan un rol clave en los sucesos fatales que involucran a los ciclistas.

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

saul.obregon@uaq.mx

Dado que los comportamientos de riesgo de los ciclistas en luz roja están estrechamente relacionados con la infraestructura disponible para su tránsito, autores como Johnson *et al.* (2013) y Schleinitz *et al.* (2019) coinciden en que la infraestructura debe ser considerada dentro del análisis de los comportamientos de los usuarios ante una luz roja y con ello determinar los factores que influyen en la decisión de un ciclista para no respetarla. Además, sustentan que la mayoría de los estudios (Bai *et al.*, 2015; Fraboni *et al.*, 2018; Johnson *et al.*, 2011, 2013; Richardson y Caulfield, 2015; Wu *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2018, entre otros), cubren nada más un escenario específico (un solo tipo de semáforo e intersección) y no son representativos.

A su vez, Fraboni *et al.* (2018) recomiendan analizar el fenómeno de la conducta ciclista en luz roja tomando en consideración variables como el uso de teléfono inteligente, y el de audífonos, el empleo de la búsqueda visual, los tiempos de espera en rojo y los grupos de edad. De acuerdo con esto, es necesario evaluar la sinergia entre el tipo de infraestructura (Johnson *et al.*, 2013; Schleinitz *et al.*, 2019) y las variables mencionadas con la finalidad de determinar los factores con mayor influencia en las conductas ciclistas ante una intersección semaforizada.

Este artículo tiene como propósito analizar el comportamiento de los ciclistas en la ciudad de Santiago de Querétaro. Para conseguirlo, se considera la metodología recomendada en Fraboni *et al.* (2018) a un entorno local, por medio del análisis de variables de relevancia reportadas en la literatura, además de tomar en cuenta el uso de cubrebocas así como el tipo de infraestructura. La identificación de los factores cruciales en los comportamientos de riesgo por parte de los usuarios de bicicleta funge como base para mejorar el diseño y planeación de la infraestructura dedicada a los ciclistas.

1. MARCO TEÓRICO

A continuación, se expone la importancia del cruce en luz roja y de su infraestructura en los comportamientos de riesgo. También, se mencionan diversos factores que tienen efecto comprobado en el comportamiento ciclista. Por último, buscando otorgar el contexto actual de los comportamientos ciclistas, se comentan los resultados de estudios similares, los cuales emplean metodología observacional o implementación de cuestionario.

De acuerdo con Goldenbeld *et al.* (2019), el cruzar en luz roja es un comportamiento asociado con accidentes que derivan en graves lesiones o fatalidades que lo convierten en una conducta de riesgo clave. Marshall y Ferenchak (2019) mencionan que, a pesar de que la bicicleta como medio de transporte se considera diez veces más peligroso que conducir, hay evidencia de que las ciudades con mayores índices de uso son seguras para todos los usuarios. En torno a la educación vial, autores como Shell *et al.* (2015) y Useche *et al.* (2018) destacan la repercusión que tiene concientizar al respecto y la de crear acciones que generen actitudes positivas para prevenir los comportamientos inseguros e incorrectos de los usuarios de la calle, entre las cuales se pueden tomar en cuenta las que Obregón-Biosca *et al.* (2018) proponen para mejorar la educación vial.

En términos de género, Garrard *et al.* (2008), tras analizar el comportamiento ciclista en distintas locaciones, encuentran que la proporción de ciclistas femeninas aumenta en ciclovías segregadas del tráfico vehicular. De acuerdo con sus resultados, las mujeres perciben en mayor medida riesgos e incomodidad respecto a los automóviles (Bösehans y Massola, 2018; Wang *et al.*, 2012; Prati *et al.*, 2019).

Souza *et al.* (2014) señalan a la ausencia de una infraestructura adecuada como el principal elemento disuasorio contra el ciclismo y aseguran que la falta de seguridad vial también está asociada a esta carencia. En concordancia con esto, Wu *et al.* (2019) concluyen que una infraestructura vial correctamente diseñada, con carriles seguros y de fácil acceso para bicicletas, puede reducir los comportamientos inseguros de conducción y accidentes no deseados. De igual manera, Kummeneje y Rundmo (2020) mencionan que, además de construir nueva infraestructura e implementar medidas de seguridad para los ciclistas, y de priorizarlos como usuarios de la calle, es determinante concientizar a los usuarios sobre la seguridad y los riesgos relacionados

con el ciclismo. Es necesaria más educación, conciencia y un conjunto mejorado de actitudes positivas hacia la seguridad vial para prevenir los comportamientos inseguros e incorrectos de los usuarios de la calle (Shell *et al.*, 2015; Useche *et al.*, 2018).

Diversos autores como Bai y Sze (2020), Fraboni *et al.* (2018), Johnson *et al.* (2011), Schleinitz *et al.* (2019), Wu *et al.* (2012), entre otros más, sustentan que la violación a la luz roja depende de diversos factores o características de los usuarios. De acuerdo con sus resultados, los ciclistas que infringen con mayor frecuencia la luz roja son en su mayoría hombres jóvenes. De igual modo, concluyen que la probabilidad de que los ciclistas se involucren en un accidente por ignorar una luz roja es mayor si no han estado relacionados con uno previamente (Johnson *et al.*, 2013; Marshall *et al.*, 2017). Es importante mencionar que la presencia de otros ciclistas en la intersección también es factor clave para determinar el comportamiento en un semáforo (Fraboni *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2012).

Por su parte, Yang *et al.* (2018) a partir de un cuestionario encuentran que aquellos mayores de 40 años se identificaron a sí mismos como más cautelosos y que aquellos que cuentan con licencia de manejo plantean que este tipo de comportamientos son difíciles de realizar, además de considerarlos como moralmente incorrectos. También muestran que las variables demográficas (edad, estado civil, grado educacional), las variables de la teoría del comportamiento planificado (actitud y control conductual percibido) y las variables extendidas (normas morales e identidad) son significantes predictores en la intención de pasarse la luz roja.

Adoptando una metodología observacional, Fraboni *et al.* (2018) analizan las diferencias en los comportamientos ciclistas en intersecciones en relación con las violaciones de semáforos, uso de teléfonos inteligentes, comportamiento de búsqueda visual y las características demográficas de los ciclistas. Para la selección de intersecciones consideran un alto volumen de tráfico ciclista y los tipos más comunes de infraestructura en el municipio, así como parámetros con mayor influencia como comportamiento en luz roja, género, edad, uso de teléfono inteligente, estrategias de búsqueda visual, tamaño de grupo ciclista.

Empleando también metodología observacional, Schleinitz *et al.* (2019) investigan sobre el comportamiento en luz roja de 88 ciclistas en sus viajes diarios durante cuatro semanas. Observan que la incidencia contra la luz roja es menor cuando manejan por la calle y que la complejidad de la intersección influye en este comportamiento. Concluyen que es más común infringir la luz roja cuando el siguiente movimiento es girar hacia la derecha y que incluso, en un número considerable de casos, el usuario cambiaba de infraestructura para así evitar la luz roja. En este sentido, Richardson y Caulfield (2015) toman en cuenta infraestructura segregada y, en conjunto con la calle, revelan que al transitar en esta última es más común cruzar en luz roja.

2. MÉTODO Y ADQUISICIÓN DE DATOS

Por medio de un estudio observacional y cuestionario en línea, Richardson y Caulfield (2015) analizan los comportamientos ciclistas; los resultados demuestran diferencias entre los métodos. En el estudio observacional se obtiene que un promedio de 61.9% de los ciclistas infringía la luz, en cambio el 49% de los ciclistas que contestaron en línea aseguraba que nunca o rara vez habría infringido una luz roja. Por lo tanto, se concluyó que en un estudio observacional se obtendrán datos con mejor exactitud, ya que la veracidad del encuestado puede verse comprometida.

De acuerdo con este antecedente, este artículo opta por una metodología observacional para llevar a cabo el análisis de la conducta de los usuarios y relaciona este comportamiento con diferentes factores, tales como edad, sexo, búsqueda visual, presencia de semáforo exclusivo o mixto, entre otros. El estudio se lleva a cabo en la zona centro del municipio de Santiago de Querétaro, Querétaro. Se identifican las intersecciones por medio de la presencia del carril bicicleta y accidentes cercanos a éstas; además, se realizan aforos de cada intersección para obtener los periodos de máxima demanda matutina y vespertina, la cual varía dependiendo de la ubicación; sin embargo, los picos se presentan entre las 8 y las 10 h y entre las 17 y las 19 h.

2. 1. Sitios observacionales

En este apartado se describen los sitios observacionales. Se incluye el volumen horario de máxima demanda obtenido, características de la infraestructura, así como imágenes de planta y punto de vista del ciclista (el campo de visión fue calculado a través del *software* AutoCAD). De igual manera, se externa si el semáforo presente corresponde a un semáforo exclusivo (E) o un semáforo mixto (M).

En la figura 1 se muestra la intersección 5 de febrero/Río Ayutla (1E), la cual une el lado oeste y el este de la ciudad. Es muy concurrida con un VHMD (volumen horario de máxima demanda) de 3 846 vph (vehículos por hora), en la cual se encontró una gran presencia de autobuses, automóviles, motocicletas, bicicletas e incluso vehículos pesados. Cuenta con semaforización exclusiva para ciclistas con tiempos de espera de entre 100 y 130 s. El carril bicicleta está al lado de la calzada y no se mezcla con los vehículos de automotor.



FIGURA 1
Intersección 5 de febrero/Río Ayutla
Fuente: elaboración propia.

La figura 2 corresponde a la intersección Av. Universidad/Tecnológico (2E). Este sitio cuenta con un VHMD de 2 460 vph. Cuenta con la presencia de autobuses, automóviles, motocicletas y bicicletas. La semaforización es exclusiva para ciclistas y el tiempo de espera es de 80 s. En todos los brazos de la intersección, el carril bicicleta está a un lado de la calzada y no se mezcla con los vehículos de automotor.

En la figura 3 se observa Hidalgo/Tecnológico (3M), intersección con muchos puntos de interés cercanos, tales como universidades, hospital, plazas, entre otros. Este sitio es el menos concurrido, con un total de 1 658 vph para su VHMD. Hay presencia de autobuses, automóviles, motocicletas y bicicletas. No cuenta con semaforización exclusiva para ciclistas y el tiempo de espera es de 60-100 s. Uno de los brazos presenta carril bicicleta al lado de la calzada; en otro el carril está junto a los vehículos automotor y después del semáforo pasa a ser segregado.



FIGURA 2

Intersección Av. Universidad/Tecnológico

Fuente: elaboración propia.

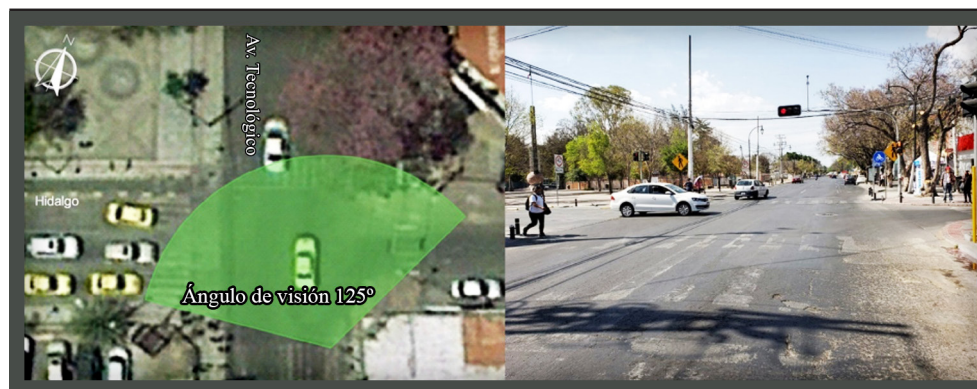


FIGURA 3

Intersección Hidalgo/Tecnológico

Fuente: elaboración propia.

Por último, en la figura 4 se presenta la intersección Tecnológico/Zaragoza (4M), la cual une el lado norte y el sur de la ciudad y es el cruce de una de las avenidas principales de la ciudad con altas demandas. Cuenta con varios puntos de interés cercanos como hospitales, restaurantes o paradas de autobuses. Es una intersección concurrida con un VHMD total de 3 446, la cual exhibe gran presencia de autobuses, automóviles, motocicletas y bicicletas. El semáforo es mixto, ya que el carril bicicleta se mezcla con los vehículos de automotor y el tiempo de espera es de 70 s.



FIGURA 4
Intersección Tecnológico/Zaragoza
Fuente: elaboración propia.

El cuadro 1 presenta el número de ciclistas contados por cada sitio, así como el volumen horario de máxima demanda obtenido por medio de aforos en los sitios; cabe mencionar que varios ciclistas se descartaron, ya sea porque pasaron durante fase verde o porque no fue posible apreciar el comportamiento en el video. Se tiene una distribución aproximada del 25% de ciclistas observados por cada intersección. En todos los sitios se obtuvo un total de ocho horas de grabación, de las cuales se repartieron cuatro por la mañana y las cuatro restantes por la tarde.

CUADRO 1
Ciclistas por sitio observacional y VHMD

Sitios observacionales	Número de ciclistas	VHMD
5 de febrero/Río Ayutla (1E)	231 (23.1%)	3 846
Av. Universidad/Tecnológico (2E)	256 (25.6%)	2 460
Hidalgo/Tecnológico (3M)	275 (27.5%)	1 658
Tecnológico/Zaragoza (4M)	238 (23.8%)	3 446

Fuente: elaboración propia con datos en campo.
Nota: VHMD = volumen horario de máxima demanda; E = semáforo exclusivo; M = semáforo mixto.

2. 2. Variables

Las variables se seleccionaron por medio de su trascendencia encontrada en estudios previos, o bien por las recomendaciones de autores como futuras fuentes de investigación. En la tabla 1 se describe cada una de las variables utilizadas; se incluye, por cuenta propia, el tipo de mochila y el uso de cubrebocas –debido a la pandemia– con el fin de encontrar una relación con el comportamiento en luz roja.

TABLA 1
Variables consideradas

Variable	Descripción
Comportamiento en luz roja	Se registra de acuerdo con su clasificación en estudios previos (Fraboni <i>et al.</i> , 2018; Pai y Jou, 2014), es decir, conforme con los tres tipos de comportamiento: detenerse en luz roja, pasar después de una parada y no detenerse en la luz roja.
Género	La relevancia que tiene esta variable en estudios previos (Bai <i>et al.</i> , 2015; Fraboni <i>et al.</i> , 2018; Guo <i>et al.</i> , 2014; Pai y Jou, 2014; Richardson y Caulfield, 2015; Wu <i>et al.</i> , 2012). La mayoría de estos trabajos señala a los hombres como más propensos.
Edad	La edad se considera en intervalos: de 15 a 30 años, de 30 a 50 años y mayores de 50 años. Tiene protagonismo en diversos estudios (Bai y Sze, 2020; Johnson <i>et al.</i> , 2011; Schleinitz <i>et al.</i> , 2019; Wu <i>et al.</i> , 2012).

TABLA 1 (continúa)
Variables consideradas

Variable	Descripción
Estrategias de búsqueda visual	Se registra si hay movimiento hacia uno o dos lados, o bien si no se aprecia movimiento de la cabeza (Fraboni <i>et al.</i> , 2018).
Tamaño de grupo	El tamaño de grupo ayuda a observar el comportamiento en conjunto (Fraboni <i>et al.</i> , 2018; Wu <i>et al.</i> , 2012). Se distribuye de cuatro formas: la presencia de otro ciclista, dos ciclistas más, entre tres o cuatro ciclistas y cinco o más ciclistas, aparte del registrado.
Tipo de bicicleta	Diversos autores, como Johnson <i>et al.</i> , (2011), Pai y Jou, (2014), Schleinitz <i>et al.</i> , (2019) y Zhang y Wu, (2013), evalúan el tipo de bicicleta: montaña, ruta, recreativa, plegable, renta o BMX.
Infraestructura	Por sugerencia de Richardson y Caulfield (2015), se considera a la infraestructura en dos tipos: exclusiva (con presencia de semáforos ciclistas) y mixta (semáforos junto a vehículos de automotor).
Hora del día	Al igual que en estudios previos (Pai y Jou, 2014; Richardson y Caulfield, 2015; Yan <i>et al.</i> , 2016), la hora del día se toma en cuenta por las horas pico matutinas y vespertinas.
Mochila	El uso de mochila se registra para tener una idea de la actividad que realiza el ciclista. También se presta atención a los ciclistas que porten una mochila tipo repartidor, ya que esto indicaría que laboran para una aplicación de entregas a domicilio.
Audífonos	Al igual que Fraboni <i>et al.</i> (2018), se analiza sobre el uso de audífonos debido a la interferencia que puede existir entre el ciclista y su entorno.
Teléfono inteligente	Se toma en cuenta el uso del celular del ciclista mientras maneja, así como en qué tipo de comportamiento se utiliza (Fraboni <i>et al.</i> , 2018).
Casco	Johnson <i>et al.</i> (2011) y Pai y Jou (2014) observan el uso del casco en los comportamientos en luz roja, al igual que la relación que conlleva portarlo.
Cubrebocas	Debido a la pandemia, el cubrebocas puede representar responsabilidad social. Al respecto, es interesante apreciar la asociación entre su uso y el respeto a la luz roja.

Fuente: elaboración propia.

2. 3. Análisis estadístico

Autores como Fraboni *et al.* (2018) y Bai *et al.* (2015) llevan a cabo para sus investigaciones la prueba chi-cuadrada por medio del *software* SPSS. Estos autores identifican tres diferentes tipos de comportamientos de riesgo para analizar el comportamiento en luz roja: no detenerse en la línea de detención, circulación en carriles motorizados y circular en contra del tráfico. Además, optan por una metodología de clasificación de diagrama de árbol basado en el método algorítmico CHAID, como recomiendan Elmitiny *et al.* (2010).

Para el análisis estadístico se opta por el uso del *software* SPSS Versión 23 y el empleo del estadístico descriptivo chi-cuadrada (Bai *et al.*, 2015; Fraboni *et al.*, 2018) debido a los buenos resultados en estudios previos. Se examina la relación entre las variables como género, edad y estrategias de búsqueda visual entre los diferentes tipos de comportamiento en luz roja. Para una mejor comprensión del comportamiento y predicciones, se aplica una metodología de clasificación de diagrama de árbol. Se clasifican las observaciones dividiendo recursivamente el espacio del predictor; el modelo resultante puede expresarse como una estructura de árbol jerárquica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a través del análisis estadístico chi-cuadrada, los cuales permitieron confirmar o rechazar la dependencia estadística entre las variables y el comportamiento en la luz roja. Asimismo, se expone una clasificación de diagrama de árbol que provee de manera esquemática un panorama de las variables estudiadas y su importancia en la predicción del comportamiento en luz roja.

Se observa a un total de 1 000 ciclistas, del cual 193 son mujeres, quienes en general tienen un comportamiento más cauteloso: el 40% obedeció la luz roja, el 38% cruzó después de un alto y el 22% cruzó sin realizar una parada

previa. En cuanto a la edad, cerca del 75% de los ciclistas se encuentra dentro del rango de edad de entre 15 a 30 años (solamente el 28% respetó la luz roja).

3. 1. Chi-cuadrada

De acuerdo con la tabla 2, en la intersección de Av. Universidad/Tecnológico (2E) la mayoría de los ciclistas no para durante la luz roja. Este dato supera con dos ciclistas a la intersección Hidalgo/Tecnológico (3M), donde el número de ciclistas que viola la luz roja después de una parada fue ligeramente mayor por seis ciclistas. Ambas intersecciones presentan un mayor comportamiento de riesgo.

TABLA 2
Comportamiento en luz roja por sitio observacional

Sitio observacional	Para durante toda la duración		Viola la luz roja después de una parada		No para en luz roja	
	n	%	n	%	n	%
1E	87	37.70%	88	38.10%	56	24.20%
2E	56	24.20%	104	45.00%	96	41.60%
3M	71	30.70%	110	47.60%	94	40.70%
4M	106	45.90%	62	26.80%	70	30.30%
Total	320	32.00%	364	36.40%	316	31.60%

Fuente: elaboración propia.

Nota: E = semáforo exclusivo; M = semáforo mixto.

En la tabla 3 se muestran los resultados para la chi-cuadrada. Se aprecia que existe una dependencia estadística de las variables de donde se obtienen como resultados que el género y la edad tienen una gran importancia. En este tenor, los hombres de entre 15 y 30 años son más propensos a cruzar la luz roja, ya sea después de una parada o de no parar en ella. Por su parte, la búsqueda visual es determinante a la hora de cruzar la luz roja, aunque suelen ser más los casos en donde sólo se voltea a un lado, que es hacia el sentido contrario de circulación de los vehículos motorizados. El tamaño del grupo de personas es una característica básica en aquellos ciclistas que optaron por cruzar después de una parada.

TABLA 3
Valores chi cuadrada para las variables analizadas

Variable	Comportamiento en luz roja (X^2)
1. Género	12.75**
2. Edad	27.185***
3. Búsqueda visual	333.969***
4. Uso de casco	16.155***
5. Porta mochila	6.246
6. Grupo de personas	28.233***
7. Tipo de infraestructura	4.492
8. Uso de audífonos	0.967
9. Uso de celular	17.842***
10. Hora del día	4.24
11. Uso de cubrebocas	10.604**
12. Tipo de bicicleta	33.158**
13. Chaleco reflectivo	56.396***

Fuente: elaboración propia.

Nota: ***, **, * = Nivel de significancia al 1%, 5% y 10 % respectivamente.

Los ciclistas que paran durante toda la duración de la luz roja suelen ser quienes portan en mayor medida los cascos y el cubrebocas, lo cual está relacionado con una responsabilidad social mayor. En cuanto al uso de audífonos, no hay relevancia alguna con los comportamientos y el uso del celular, pero es notorio en aquellos ciclistas que paran y aprovechan el tiempo de espera para usarlos. El traer consigo una mochila no tuvo efectos significantes en el cruce de luz roja, al igual que la hora del día.

Por otro lado, el tipo de infraestructura no tiene algún efecto notorio. Sin embargo, se identificó que en el cruce después de una parada inicial, el ciclista hace búsqueda visual antes de realizar su cruce. El tipo de bicicleta resulta sobresaliente a la hora del análisis, ya que un gran número de usuarios de bicicletas de ruta se pasó la luz roja. Los usuarios de bicicletas tipo BMX son todos hombres, quienes en su mayoría hacen una parada antes de cruzar la luz roja; en cuanto a los usuarios de las bicicletas que el estado (QroBici) proporciona para renta se aprecia el respeto que tienen a los semáforos, al igual que los de carga frontal.

3. 2. Diagrama de árbol

Para una mejor comprensión del comportamiento en intersecciones semaforizadas, se presenta el diagrama de árbol, el cual considera todas las variables estudiadas. De acuerdo con la clasificación del comportamiento, para la primera partición, se incluye el nodo raíz (nodo 0) y la muestra de un total de mil ciclistas repartidos en tres nodos subsecuentes correspondientes al empleo de búsqueda visual: *a)* 583 lo hicieron hacia un lado, *b)* 132 para ambos lados, de los cuales 75 cruzaron la luz roja después de una parada, y *c)* 285 ciclistas no lo hicieron, de los cuales 209 esperaron en luz roja.

El diagrama sigue un conjunto de reglas de decisión aplicadas en secuencia. El árbol de clasificación termina por sí mismo cuando no hay otras particiones asociadas significativamente con el nodo, es decir, el nodo terminal (Fraboni *et al.*, 2018). De acuerdo con la figura 5, la segunda partición termina en el nodo 5, en donde se observa que los ciclistas que usan casco son más propensos tanto a esperar en luz roja, o bien a cruzar en luz roja después de una parada.

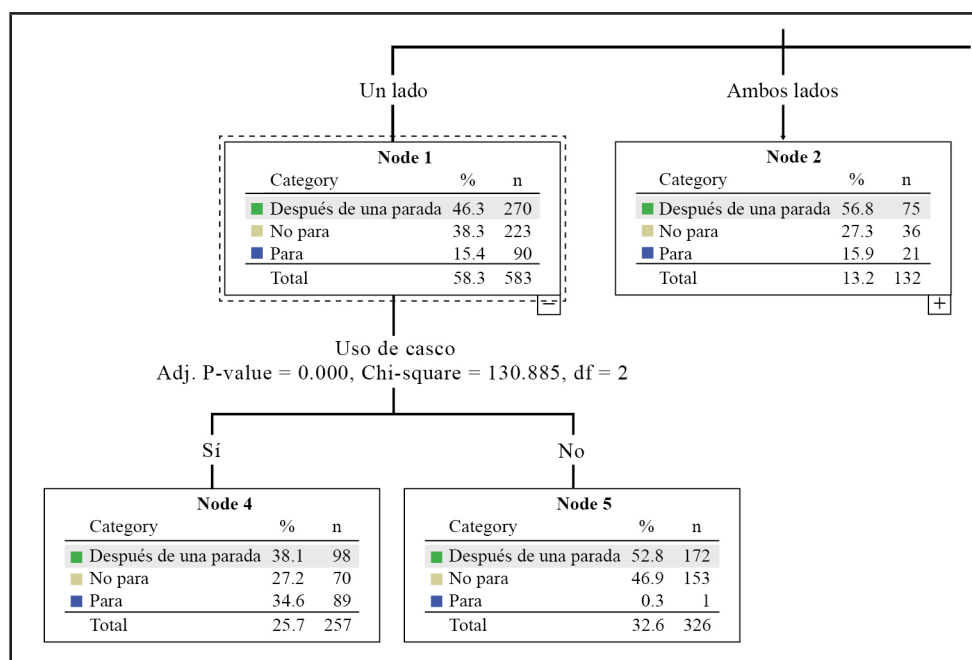


FIGURA 5
Diagrama de árbol, segunda partición
Fuente: elaboración propia.

La figura 6 ilustra la tercera partición del diagrama. Se muestra el nodo 2 que corresponde a la búsqueda por medio del movimiento de cabeza hacia ambos lados. En este aspecto, un poco más de los ciclistas de entre 30-50 años volteará a ambos lados y realizará un cruce después de una parada. Por el contrario, de los ciclistas de entre 15-30 años un 55% no parará una vez realizada la búsqueda visual a ambos lados.

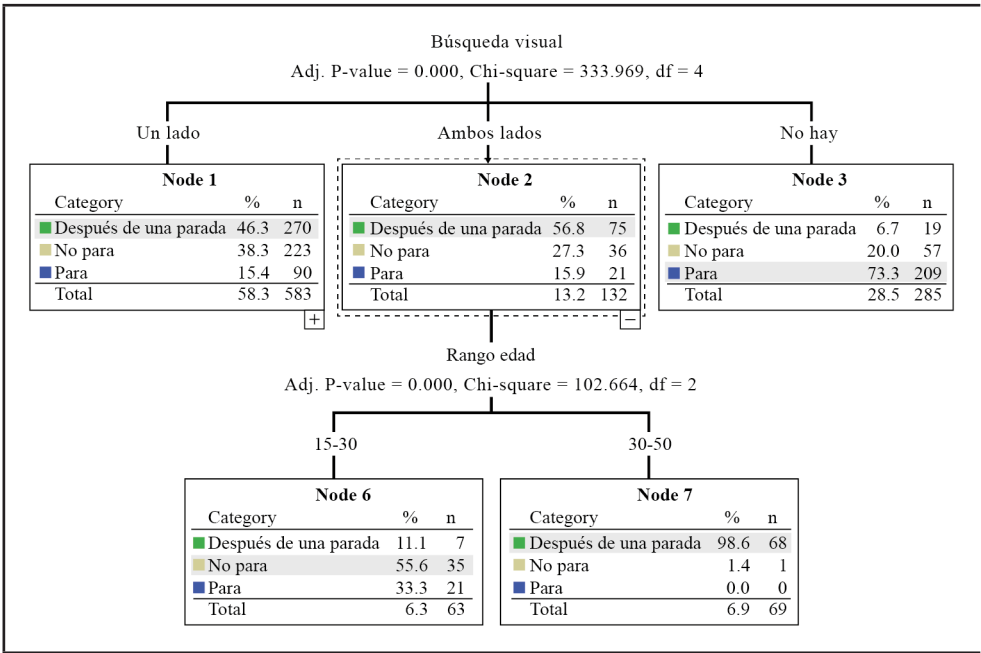


FIGURA 6
Diagrama de árbol, tercera partición
Fuente: elaboración propia.

La figura 7 corresponde a la cuarta partición del diagrama. El nodo 3 muestra el no empleo de búsqueda visual y en su mayoría son ciclistas de entre 30-50 años. Finalmente, en el nodo 9, se observa que alrededor de un 60% se trata de mujeres que se detienen en la intersección.

El uso del cubrebocas no fue analizado previamente por ningún autor y, por lo tanto, su análisis es básico debido a la situación actual; por ello, resulta interesante la dependencia estadística, pues se encontró que su uso está relacionado con el respeto a la señal de alto. Howard (2021) habla de la percepción del uso de cubrebocas y asocia dicho comportamiento con la educación, persuasión e incentivación, esto es, un mayor respeto hacia la ley.

En cuanto a la infraestructura, el análisis del semáforo exclusivo y mixto no resultó significativo en este comportamiento. Si bien, como lo mencionan Richardson y Caulfield (2015), el uso de infraestructura por parte del ciclista en una fase siga peatonal, resulta en conflictos y es un riesgo para ambos usuarios.

A partir de los resultados obtenidos, se constata que los ciclistas masculinos jóvenes son más propensos a realizar cruces en luz roja, lo que concuerda con autores como Bai y Sze (2020), Fraboni *et al.* (2018), Guo *et al.* (2014), Johnson *et al.* (2011, 2013), Pai y Jou (2014), Wu *et al.* (2012) y Yang *et al.* (2018), aunque suele haber casos específicos como el de Zhang *et al.* (2016), quienes no lograron encontrar notoriedad en edad o género; en la mayoría de los casos se concuerda con los resultados. En este artículo se esperaba contar con mayor influencia sobre la infraestructura, tal es el caso de Johnson *et al.* (2011), Richardson y Caulfield, (2015) y Schleinitz *et al.* (2019), quienes señalan la importancia que tiene; sin embargo, fue posible notar que muchos de los cruces fueron durante la fase verde peatonal haciendo cambios entre infraestructura peatonal o ciclista, lo que causa conflicto a los peatones.

La ciudad de Santiago de Querétaro se encuentra en un porcentaje bastante alto respecto al cruce en luz roja, ya que 680 ciclistas fueron los que cometen dicha infracción, lo que representa el 68% de la muestra. Este resultado

fue mayor que otros estudios realizados en China con porcentajes de entre el 50 y el 64% (Wu *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2012), Irlanda (Richardson y Caulfield, 2015) con el 61.9%, Italia (Fraboni *et al.*, 2018) con el 62.9% y Australia (Johnson *et al.*, 2011, 2013), que con 6.9%-37% representa la diferencia más grande y los mínimos reportados en los estudios.

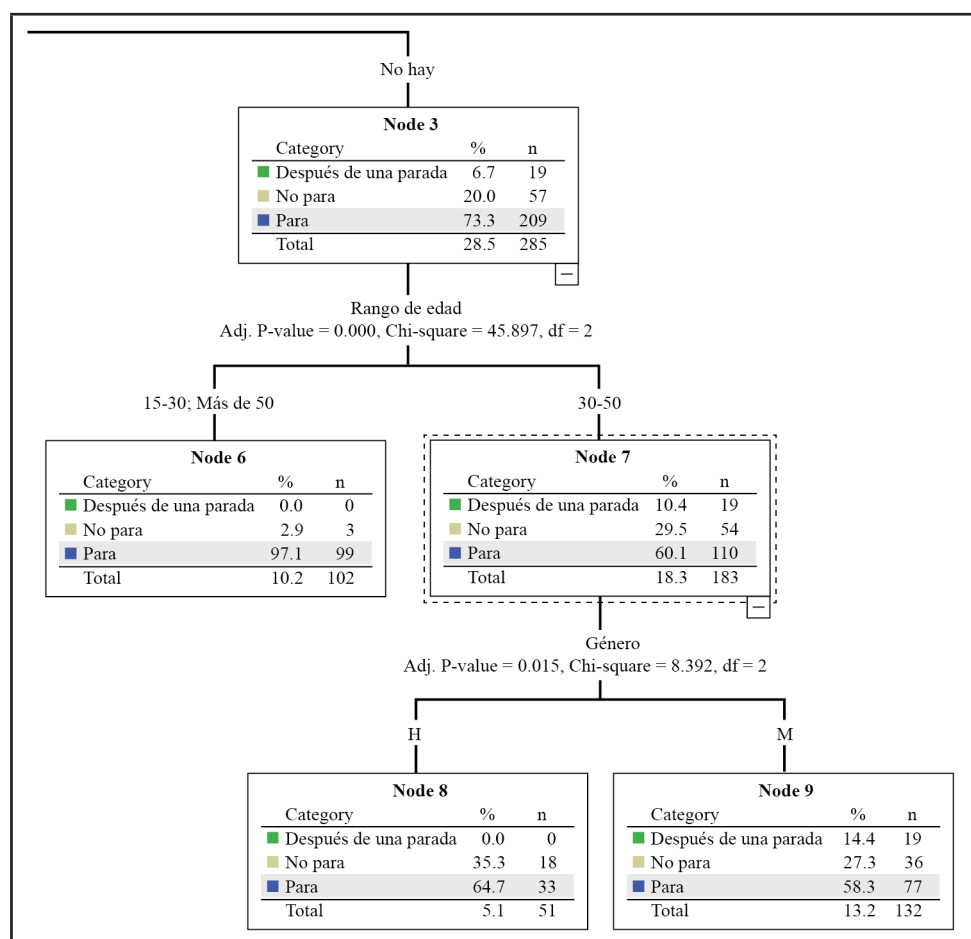


FIGURA 7
Diagrama de árbol, cuarta partición
Fuente: elaboración propia.

PROSPECTIVA

Considerando la tendencia de elegir la bicicleta como medio de transporte en zonas urbanas, se espera un aumento en el número de usuarios. Este panorama favorecerá en futuros estudios porque se podrá con un mayor número de ciclistas urbanos para analizar sus comportamientos. Así, aumentará el número de intersecciones con afluencia ciclista, diversidad de tipos y, por ende, una mayor diversidad de variables. Lo anterior resulta necesario para implementar diseños de infraestructura que prioricen a los usuarios vulnerables y, conforme con sus características de comportamiento, se eviten conductas de riesgo como cruzar mientras esté la luz roja o transitar por calles complejas.

El fomento en el uso de la bicicleta en zonas urbanas deberá venir asociado a campañas que destaquen los beneficios que conlleva, como mitigar la congestión vial o por el aumento de los efectos ambientales y en la salud (Börjesson y Eliasson, 2012), y a la difusión de rutas más seguras, como carriles bicicleta o carriles compartidos con prioridad al ciclista, en la normativa de tránsito vigente en la localidad y en las campañas de educación vial. Así, al

contar con un mayor número de estudios enfocados en la comprensión de los comportamientos del ciclista, haya un aporte positivo al desarrollo de su infraestructura, en las campañas de fomento de su uso y respeto al usuario vulnerable, en la dotación de sistemas públicos de renta. Y, de esta manera, medir los beneficios a largo plazo que van desde la disminución de enfermedades cardíacas hasta contar con ciudades con una movilidad sostenible.

CONCLUSIONES

El uso cubrebocas en ciclistas no había sido analizado; sin embargo, está asociado con un respeto mayor hacia la luz roja. De igual manera, portar casco, usar el celular, vestir chaleco reflectivo o ser usuario de bicicleta de renta son variables que resultan interesantes para su análisis y para conocer cómo es que pueden determinar una acción en un deber social.

Los resultados de este artículo muestran que hay consistencia en las variables observadas en los estudios previos, los cuales han demostrado la relevancia al momento de analizar las conductas en la luz roja, además de considerar aquellas recomendaciones futuras que influirían en los ciclistas ante estas situaciones. Cabe mencionar que algunas variables como el uso de cubrebocas se agregaron por cuenta propia debido a que se volvió imprescindible durante la pandemia de COVID-19 (Gandhi y Marr, 2021).

La interpretación de los datos resalta que tanto la edad, género, estrategias de búsqueda visual, tamaño de grupo, tipo de bicicleta como el uso de casco, celular, cubrebocas y chaleco reflectivo son variables que tienen una dependencia estadística. De este modo, los hombres de entre 15-30 años son quienes en mayor medida incurren en el hecho de cruzar en luz roja, ya sea con parada previa o sin haber realizado un alto en la intersección. La búsqueda visual da un indicativo previo al cruce; sin embargo, si algún ciclista estaba esperando su verde para cruzar y llega otro que cruza en rojo, el primero suele seguirlo. Además, la presencia de un mayor número de vehículos automotor indica mayor respeto a la señal de alto; esto sucede también porque se toma en cuenta la complejidad de la intersección.

Portar mochila, usar audífonos, la hora del día o el tipo de infraestructura son variantes poco significativas en el artículo. Si bien se encuentra que para algunos estudios como el de Richardson y Caulfield (2015) esta última variante es relevante, e incluso se sugiere que sea analizada, se puede concluir que la semaforización, tanto exclusiva como mixta, no tiene repercusión en este comportamiento; de igual manera, muchos de los cruces se realizan en la fase peatonal.

Los resultados de este artículo brindan conocimiento sobre el comportamiento de los ciclistas en la ciudad de Santiago de Querétaro; por lo tanto, es fundamental implementar medidas que lo disminuyan. Dichas infracciones se ven influenciadas por distintos factores; sin embargo, es posible concluir que los ciclistas que no cruzan en luz roja suelen ser los más cuidadosos y respetuosos.

Diversos estudios respecto a los comportamientos de ciclistas han tomado en cuenta distintas variables, las cuales si bien no han tenido impacto en sus casos particulares, es posible que en otras ciudades o entornos sí la tengan, por lo que se recomienda que futuros estudios tomen en cuenta características de la infraestructura más a fondo, tales como longitud de cruce, tipo de intersección. De igual manera, la velocidad ha sido sobresaliente en estudios como el de Pai y Jou (2014), por lo que es importante su estudio. Los grupos de edad pueden ser más precisos al emplear cámaras con mayor resolución, ya que en ocasiones no puede llegar a visualizarse la edad del sujeto. Se recomienda realizar investigaciones futuras de comportamiento en el periodo pospandemia, para definir si con mayores volúmenes de usuarios de la vía se ven modificados sus patrones de comportamiento. Por último, resulta interesante la implementación de un algoritmo de *clustering* que permita la identificación de patrones entre los ciclistas. Por lo anterior, mediante la solicitud de interesados, los autores de este artículo ponemos a disposición los videos para futuros análisis.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los árbitros anónimos sus valiosos comentarios y sugerencias al artículo.

REFERENCIAS

- Bai, L., Liu, P., Guo, Y., & Yu, H. (2015). Comparative analysis of risky behaviors of electric bicycles at signalized intersections. *Traffic Injury Prevention, 16*(4), 424-428. <https://doi.org/10.1080/15389588.2014.952724>
- Bai, L., & Sze, N. N. (2020). Red light running behavior of bicyclists in urban area: Effects of bicycle type and bicycle group size. *Travel Behaviour and Society, 21*, 226-234. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.07.003>
- Bösehans, G., & Massola, G. M. (2018). Commuter cyclists' risk perceptions and behaviour in the city of São Paulo. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 58*, 414-430. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.029>
- Börjesson, M., & Eliasson, J. (2012). The value of time and external benefits in bicycle appraisal. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46*(4), 673-683. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.01.006>
- Elmitiny, N., Yan, X., Radwan, E., Russo, C., & Nashar, D. (2010). Classification analysis of driver's stop/go decision and red-light running violation. *Accident Analysis & Prevention, 42*(1), 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.007>
- Fraboni, F., Marín Puchades, V., De Angelis, M., Pietrantonio, L., & Prati, G. (2018). Red-light running behavior of cyclists in Italy: An observational study. *Accident Analysis and Prevention, 120*, 219-232. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.08.013>
- Gandhi, M., & Marr, L. C. (2021). Uniting infectious disease and physical science principles on the importance of face masks for COVID-19. *Med, 2*(1), 29-32. <https://doi.org/10.1016/j.medj.2020.12.008>
- Garrard, J., Rose, G., & Lo, S. K. (2008). Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Preventive Medicine, 46*(1), 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.07.010>
- Goldenbeld, C., Daniels, S., & Schermers, G. (2019). Red light cameras revisited. Recent evidence on red light camera safety effects. *Accident Analysis and Prevention, 128*, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.04.007>
- Guo, Y., Liu, P., Bai, L., Xu, C., & Chen, J. (2014). Red light running behavior of electric bicycles at signalized intersections in China. *Transportation Research Record, 2468*, 28-37. <https://doi.org/10.3141/2468-04>
- Howard, M. C. (2021). Gender, face mask perceptions, and face mask wearing: Are men being dangerous during the COVID-19 pandemic? *Personality and Individual Differences, 170*, 110417. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.110417>
- Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J., & Newstead, S. (2013). Why do cyclists infringe at red lights? An investigation of Australian cyclists' reasons for red light infringement. *Accident Analysis and Prevention, 50*, 840-847. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.07.008>
- Johnson, M., Newstead, S., Charlton, J., & Oxley, J. (2011). Riding through red lights: The rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuter cyclists. *Accident Analysis and Prevention, 43*(1), 323-328. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.08.030>
- Kummeneje, A.-M., & Rundmo, T. (2020). Attitudes, risk perception and risk-taking behaviour among regular cyclists in Norway. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 69*, 135-150. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.01.007>

- Marshall, W. E., & Ferenchak, N. N. (2019). Why cities with high bicycling rates are safer for all road users. *Journal of Transport and Health*, 13, 285-301. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.03.004>
- Marshall, W.E., Piatkowski, D. & Johnson, A. (2017). Scofflaw bicycling: Illegal but rational. *Journal of Transport and Land Use*, 10(1), 1-32. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2017.871>
- Obregón-Biosca, S. A., Betanzo-Quezada, E., Romero-Navarrete, J. A., & Ríos-Núñez, M. (2018). Rating road traffic education. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56, 33-45. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.03.033>
- 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., Pietrantonio, L., Johnson, D., & Shires, J. (2019). Gender differences in cycling patterns and attitudes towards cycling in a sample of European regular cyclists. *Journal of Transport Geography*, 78, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.05.006>
- 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>
- Schleinitz, K., Petzoldt, T., Kröling, S., Gehlert, T., & Mach, S. (2019). (E-)Cyclists running the red light-The influence of bicycle type and infrastructure characteristics on red light violations. *Accident Analysis and Prevention*, 122, 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.002>
- Shell, D. F., Newman, I. M., Córdova-Cazar, A. L., & Heese, J. M. (2015). Driver education and teen crashes and traffic violations in the first two years of driving in a graduated licensing system. *Accident Analysis & Prevention*, 82, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.05.011>
- Souza, A. A., Sanches, S. P., & Ferreira, M. A. (2014). Influence of Attitudes with Respect to Cycling on the Perception of Existing Barriers for Using this Mode of Transport for Commuting. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162, 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.191>
- Tencio, C. B. (2008). Una alternativa para la formación vial. *Revista Educación*, 32(1), 13-26.
- Useche, S. A., Montoro, L., Tomas, J. M., & Cendales, B. (2018). Validation of the Cycling Behavior Questionnaire: A tool for measuring cyclists' road behaviors. *Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 1021-1030. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.08.003>
- Useche, S. A., Alonso, F., Montoro, L., & Esteban, C. (2019). Explaining self-reported traffic crashes of cyclists: An empirical study based on age and road risky behaviors. *Safety Science*, 113, 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.021>
- Wang, J. Y., Mirza, L., Cheung, A. K. & Moradi, S. (2012). Transforming Auckland into a bicycle-friendly city: understanding factors influencing choices of cyclists and potential cyclists. *Australasian Transport Research Forum (ATRF)*.
- Wu, C., Yao, L., & Zhang, K. (2012). The red-light running behavior of electric bike riders and cyclists at urban intersections in China: An observational study. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.001>
- Wu, X., Xiao, W., Deng, C., Schwebel, D. C., & Hu, G. (2019). Unsafe riding behaviors of shared-bicycle riders in urban China: A retrospective survey. *Accident Analysis & Prevention*, 131, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.06.002>
- Yan, F., Li, B., Zhang, W., & Hu, G. (2016). Red-light running rates at five intersections by road user in Changsha, China: An observational study. *Accident Analysis and Prevention*, 95, 381-386. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.06.006>

- Yang, H., Liu, X., Su, F., Cherry, C., Liu, Y., & Li, Y. (2018). Predicting e-bike users' intention to run the red light: An application and extension of the theory of planned behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.027>
- Yang, X., Huan, M., Si, B., Gao, L., & Guo, H. (2012). Crossing at a red light: Behavior of cyclists at urban intersections. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2012, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2012/490810>
- Zhang, G., Tan, Y., & Jou, R. C. (2016). Factors influencing traffic signal violations by car drivers, cyclists, and pedestrians: A case study from Guangdong, China. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.08.001>
- Zhang, Y., & Wu, C. (2013). The effects of sunshields on red light running behavior of cyclists and electric bike riders. *Accident Analysis and Prevention*, 52, 210-218. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.032>

CC BY-NC-ND