

Relación cuantitativa entre atropellamientos y puentes peatonales en Chihuahua, México

Recibido: 2022-05-21

Aceptado: 2022-09-30

Sergio Andrade Ochoa

Universidad Autónoma de Chihuahua, México,
s.andrade.rat@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0396-1205>

Valeria Ivonne Chaparro Gómez

Instituto Tecnológico de Chihuahua, México,
arq.valeria.chaparro@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6069-8098>

Cómo citar este artículo:

Andrade Ochoa, S. y Chaparro Gómez, V. I. (2022). Relación cuantitativa entre atropellamientos y puentes peatonales en Chihuahua, México. *Revista INVI*, 37(106), 121-148.
<https://doi.org/10.5354/0718-8358.2022.67149>



Relación cuantitativa entre atropellamientos y puentes peatonales en Chihuahua, México

Resumen

La construcción de puentes peatonales en las ciudades latinoamericanas se ha planteado bajo el supuesto de que estas infraestructuras juegan un papel importante en la reducción de siniestros viales, específicamente en los atropellamientos a transeúntes. Sin embargo, es común encontrar reportes de personas atropelladas en las inmediaciones de tales infraestructuras, siendo, además, difícil encontrar documentos que evalúen la eficiencia o contribución de los puentes peatonales en la disminución de atropellamientos. El presente documento examina la relación entre los puentes peatonales de la ciudad de Chihuahua, México, y el número de peatones atropellados en sus inmediaciones. El análisis inició con la evaluación de la caminabilidad en los entornos en donde se ubican los puentes peatonales; posteriormente se utilizaron sistemas de información geográfica para la geolocalización de casos de atropellamientos en el periodo 2015-2020 y se realizó un análisis multivariante utilizando algoritmos genéticos. Los resultados obtenidos evidenciaron que un 34,7% de los atropellamientos en Chihuahua ocurre a 300 metros a la redonda de un puente peatonal y que la velocidad vehicular, la distancia de cruce al usar los puentes peatonales y las barreras a nivel de calle son descriptores que contribuyen de manera significativa en los riesgos viales que afrontan los transeúntes. Se concluye que en la ciudad de Chihuahua los puentes peatonales no contribuyen en la mejora de las condiciones de seguridad vial peatonal.

Palabras clave: caminabilidad, espacio público, salud pública, seguridad vial, Chihuahua (México).



Abstract

Latin American cities have built footbridges under the assumption that these infrastructures play an important role in reducing road accidents, specifically collisions with pedestrians. However, it is common to find reports of road accidents involving pedestrians in the vicinities of these infrastructures, while, on the other hand, it is difficult to find documents supporting the contribution of footbridges in the reduction of accidents involving pedestrians. The present document examines the relation between the footbridges in the city of Chihuahua, Mexico, and the number of pedestrians involved in collisions in their proximity. The analysis began with an assessment of the walkability in the proximity of the places where the footbridges are located, then geographic data systems were used for the geolocation of car-pedestrian collisions in the 2015-2020 period, and a multivariant analysis was carried out using genetic algorithms and a multivariate analysis was carried out using genetic algorithms. Results obtained showed that 34.7% of the collisions in Chihuahua occur within 300 meters of a pedestrian bridge and that vehicle speed, crossing distance when using pedestrian bridges, and barriers at street level are descriptors that contribute significantly to the road traffic risks faced by pedestrians. In general, it is concluded that footbridges in the city of Chihuahua do not contribute to the improvement of pedestrian road safety conditions.

Quantitative Relationship between Collisions and Footbridges in Chihuahua, Mexico.

Keywords: public health, public space, road safety, walkability, Chihuahua (Mexico).

Introducción

Según la Organización Panamericana de la Salud, en los países de América Latina y el Caribe mueren cada año más de 130 mil personas, más de un millón sufren heridas y cientos de miles sufren de una discapacidad permanente a consecuencia de las colisiones y atropellamientos en la vía pública. Dentro de estas cifras, las y los peatones corresponden al grupo más vulnerado y quienes encabezan las cifras por muertes y lesiones graves por esta causa. Sin embargo, es importante destacar que las estadísticas oficiales por lo general trabajan con subestimaciones, debido a la falta de sistemas homologados y robustos para el correcto levantamiento de información; por esto se estima que las cifras reales pudieran ser más elevadas.

El análisis para la reducción de los riesgos viales a los que se han de enfrentar las y los transeúntes es un objetivo político prioritario. Pese a esto, el abordaje del estudio peatonal no se aborda con el mismo rigor que aquellos que se enfocan en la seguridad vehicular y la generación de traslados seguros para automovilistas. Por lo general, en el abordaje tradicional de la seguridad vial se trata por separado los comportamientos peatonales y el entorno en donde se desplazan, abandonando el concepto de «caminar en condiciones seguras» y priorizando la idea de que cada persona es responsable de sus propios traslados y que para ello ha de impulsarse la «cultura vial» de quien realiza sus traslados a pie. Así, las necesidades de las personas que caminan quedan en un segundo término al priorizar al transporte motorizado en la planificación territorial y en el diseño del espacio público, generando así mayores riesgos viales para peatones.

La construcción de puentes peatonales se ha socializado en diversas urbes bajo la idea de que estas infraestructuras garantizan traslados seguros a los transeúntes y con ello se reducen las cifras de atropellamientos. Sin embargo, pese a décadas de su construcción existen pocos estudios que midan si efectivamente los puentes peatonales cumplen con el objetivo de reducir las muertes y lesiones graves por atropellamiento en sus inmediaciones y permitan reducir las cifras globales de peatones atropellados. Asimismo, pocos estudios han centrado la mirada en el significado de los puentes peatonales como espacio público y su relación con la vida social de quienes conviven cotidianamente con estas infraestructuras, por lo que el reto está en narrar, desde el giro infraestructural, a través de las infraestructuras visibles e invisibles, lo que los puentes peatonales representan en la cotidianidad urbana.

Por todo lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la relación entre los puentes peatonales y los atropellamientos en la ciudad de Chihuahua, México, aprovechando el avance *in silico* de los sistemas de información geográfica y análisis multivariante, así como el estudio *in situ* de la caminabilidad.

Problemática y estado del arte

Actualmente la Organización Mundial de la Salud advierte de una pandemia silenciosa y desatendida: las muertes y lesiones graves a causa de siniestros viales (Ratzer *et al.*, 2014). Estimaciones indican que anualmente más un millón de muertes al año son ocasionadas por incidentes de tráfico (Reyes *et al.*, 2019). En la Región de las Américas las muertes por motivo de siniestros viales son la segunda causa de mortalidad en jóvenes de 15 a 29 años y casi la mitad se atribuyen a personas usuarias vulnerables: motociclistas (23%), peatones (22%) y ciclistas (3%) (Organización Panamericana de la Salud, 2019). En México, el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) informa que el país ocupa el séptimo lugar a nivel mundial y el tercero en la región de Latinoamérica. Las cifras muestran que al día suceden en promedio 22 muertes de jóvenes de entre 15 y 29 años y que anualmente existe un promedio de 24 mil decesos. Siendo los siniestros viales la quinta causa de muerte entre la población general y la primera causa de muerte en infantes, jóvenes y adolescentes. De acuerdo con el Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (2018), el estado de Chihuahua se encuentra dentro de los primeros cinco estados de la república mexicana en cuanto a número de lesiones por siniestros viales y dentro de los 10 primeros en cuanto a defunciones, en el periodo 2010-2017. Puntualmente, en cuanto a peatones que sufren lesiones graves a causa de algún siniestro vial, la ciudad de Chihuahua cerró el 2019 y 2020 con 1.828 y 1.554 peatones atropellados respectivamente, siendo el promedio anual en los últimos seis años de 1.773 personas que resultan lesionadas por atropellamiento (Secretaría de Salud de México, 2020). En Chihuahua, como en muchas otras ciudades del mundo, se ha socializado la construcción de puentes peatonales, infraestructuras elevadas sobre las avenidas y calles por donde se espera que los peatones transiten para no exponerse al tránsito vehicular (Katopola *et al.*, 2022). Sin embargo, el número de personas atropelladas no disminuye y cada vez es más común encontrar reportes de transeúntes atropellados bajo puentes peatonales, lo que subraya una urgente necesidad de estudiar de manera integral cuánto contribuyen estas infraestructuras en disminuir los riesgos y, por ende, el número de fatalidades por atropellamientos.

PUENTES PEATONALES: SIGNOS Y SÍNTOMAS DEL URBANISMO FRAGMENTADOR

Las muertes y lesiones graves por siniestros viales son consecuencia de un diseño urbano que prioriza la velocidad sobre la integridad del individuo. Este modelo de ciudad orientado al uso de los automóviles privados es reconocido y nombrado de muchas formas. Un concepto utilizado para describir este modelo es el de urbanismo de consumo (Minguet Medina, 2015).

Las ciudades de la región de las Américas del siglo XX fueron moldeándose bajo la visión del norte global de consumo y producción. Entonces, la lógica detrás del diseño urbano se basaba en la lógica de que lo prioritario era llegar lo más rápido posible de un punto a otro, donde generalmente el punto de partida

es el hogar y el punto de destino era el espacio de consumo o de producción. Así, las ciudades comenzaron a incorporar grandes vialidades, periféricos y distribuidores, donde lo apremiante es mover al hombre productivo; como consecuencia el automóvil privado se convirtió en el gran privilegiado en el diseño urbano. Bajo este racional, las necesidades de una amplia población terminaron por abandonarse, pues en la ciudad no se contempla espacio para el cuidado, el ocio, la recreación, lo estético o lo emotivo. En este modelo de ciudad no hay cabida para todo lo que ocurre entre el punto de origen y el punto de destino, minimizando el espacio público a un espacio para el trayecto.

Tras décadas de expansión constante, las vialidades y distribuidores se convirtieron en barreras urbanas fragmentando barrios y colonias. Esta fragmentación involucra componentes espaciales, como la discontinuidad y desconexión física y también la ruptura, la separación o el distanciamiento social en la ciudad (Rodríguez y Arriagada, 2004). Este urbanismo fragmentador no solo genera territorios fracturados, sino que segmenta la vida cotidiana de quienes habitan el entorno urbano (Jirón y Mansilla, 2014).

Frente a estas nuevas estructuras, fragmentadoras y encarceladoras de la vida barrial, los habitantes urbanos encontraron nuevos retos: acceder al vehículo privado para navegar en los nuevos arroyos vehiculares¹ o enfrentarse cotidianamente a los riesgos de cruzarlos a pie.

Una de las tantas consecuencias de este modelo urbano es el aumento de muertes y lesiones graves por causa de siniestros viales. Ante este aumento en las cifras de peatones atropellados se proyectó la idea de emular la funcionalidad de los puentes con los que alguna vez la humanidad logró cruzar obstáculos naturales como ríos, acantilados o barrancos. Ahora llamados puentes peatonales, estas nuevas infraestructuras urbanas buscarían conectar los fragmentos de la ciudad y con ello disminuir el número de transeúntes atropellados. Sin embargo, más allá de conectar dos espacios físicos a las orillas del tránsito vial, los puentes peatonales no han logrado sanar la fragmentación de la vida cotidiana. Los habitantes comunes tejen cotidianamente nuevas relaciones con estas infraestructuras, enfrentándose a estos bordes y al miedo y las limitaciones que este nuevo espacio representa para la corporalidad y la escala humana.

Para el urbanismo de consumo, fragmentador y astillador, nunca fue una opción poner en el centro las necesidades de movilidad de aquellos habitantes que no lograron acceder al vehículo privado como modo de transporte. Asimismo, tampoco fue una opción el disminuir la velocidad y el flujo de los nuevos arroyos vehiculares. Caminar se convirtió en un acto imperceptible para los tomadores de decisión.

CAMINABILIDAD

Desde hace años han surgido diversas líneas de pensamiento y de investigación que ponen de manifiesto las carencias del urbanismo de las últimas décadas. El trabajo de Jacobs, Lefebvre, Sennet, entre otros más, ha replanteado la importancia del espacio público para las nuevas sociedades. El pensamiento

¹ Espacio de una vialidad destinado para la circulación de vehículos, delimitado por acotamientos o banquetas (veredas, aceras).

actual sobre recorrer y reconocer la ciudad a escala peatonal ha tomado relevancia en el estudio urbano, social, económico y de salud. La ciudad ya no se trata simplemente de llegar del punto A al punto B, sino de que la corporalidad del andante y su relación con el entorno tomen relevancia, por lo que las emociones, los sucesos y las características físicas, culturales y sociales del espacio público juegan también un papel importante. En esta nueva concepción del entorno urbano el caminar se vuelve un acto político y estético.

Todos los desplazamientos inician y terminan caminando, en ocasiones el caminar es la única forma de desplazamiento. Esto hace que los traslados a pie sean el modo de transporte más habitual en el mundo. Caminar tiene múltiples beneficios para la salud del individuo, pero también en la salud pública como sistema, puede reducir la incidencia de enfermedades cardiovasculares, del síndrome metabólico y de otras patologías. Caminar también es beneficioso para el medio ambiente, pues cada traslado que no se realiza en automóvil se traduce en una menor emisión de gases de efecto invernadero. Por lo anterior, existe un aumento en las políticas que fomentan la idea de que los desplazamientos a pie son importantes y que deben priorizarse en las ciudades.

Para motivar la movilidad peatonal es necesario reconocer la estrecha relación entre el medio donde se desplaza el peatón y la usabilidad del entorno. En la actualidad, existen diversos estudios que explican esta relación e incluso, determinan los motivos de viaje (Wang y Yang, 2019). Por ejemplo, la infraestructura ciclista como ciclovías, infraestructura verde y calles de baja velocidad vehicular son los atributos del entorno urbano asociados a las motivaciones de traslados en bicicleta en diversas ciudades (Huemer, 2018; Izadpanahi *et al.*, 2017). De igual manera existen indicadores del entorno urbano que favorecen los traslados a pie en las urbes; a este principio se le conoce como caminabilidad (Shashank y Schuurman, 2019).

Aunque el término caminable se ha utilizado desde el siglo XVIII, su extensión a caminabilidad fue relativamente reciente. En general, este término se refiere a un grupo de indicadores que determina qué tan propicio es un espacio para caminar; también se puede definir como qué tan amigable es un entorno para las personas (Abley *et al.*, 2011; Frank *et al.*, 2004; Gebel *et al.*, 2009) y se puede utilizar para predecir los niveles de actividad física y viajes activos (Frank *et al.*, 2006). Los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades consideran la caminabilidad como la idea de cuantificar la seguridad y conveniencia de las rutas para caminar (Smith, 2015). Esta conceptualización deriva de la evidencia de que caminar puede estimular el metabolismo y mejorar la salud mental. Así, en las últimas décadas diversas investigaciones se han centrado en la caminabilidad como un indicador de bienestar urbano intrínsecamente relacionado con la salud pública, demostrando que la caminabilidad se asocia a la reducción de las tasas de obesidad, diabetes (Pucher *et al.*, 2010) y otras enfermedades crónicas (Lee y Buchner, 2008). Así mismo, la caminabilidad promueve un desarrollo urbano equilibrado y mejora los niveles de satisfacción vecinal (Lee *et al.*, 2017).

Un creciente número de estudios han utilizado distintas metodologías y descriptores para evaluar la caminabilidad de un entorno. En la actualidad existen aproximaciones basadas en sistemas de información geográfica, los cuales emplean métricas basadas en áreas -como la densidad de restaurantes, minoristas de alimentos y características ambientales construidas dentro de unidades estadísticas (distritos censales y zonas postales) (Yang *et al.*, 2021)-. De igual manera, se pueden emplear métricas basadas en redes, considerando la

caminabilidad como una medida de accesibilidad a servicios cercanos (como el transporte público o centros educativos) desde ubicaciones residenciales o lugares de trabajo (D'Orso y Migliore, 2020; Yitzhaki, 1983). También existen métodos basados en la percepción ciudadana y auditorías en las que se recolecta información del entorno (Huguenin-Richard y Cloutier, 2021; Shashank y Schuurman, 2019; Smith, 2015).

También se han investigado vínculos entre las características y atributos del entorno del vecindario y el caminar que consideren medidas objetivas y subjetivas (Lee *et al.*, 2017; Nyunt *et al.*, 2015). Todos estos estudios han buscado encontrar empíricamente la correlación entre los atributos del entorno y el caminar, lo que a su vez puede relacionarse con otros factores, por ejemplo: indicadores de salud pública, descriptores medio ambientales, factores económicos y por supuesto, la usabilidad de la infraestructura urbana.

Metodología

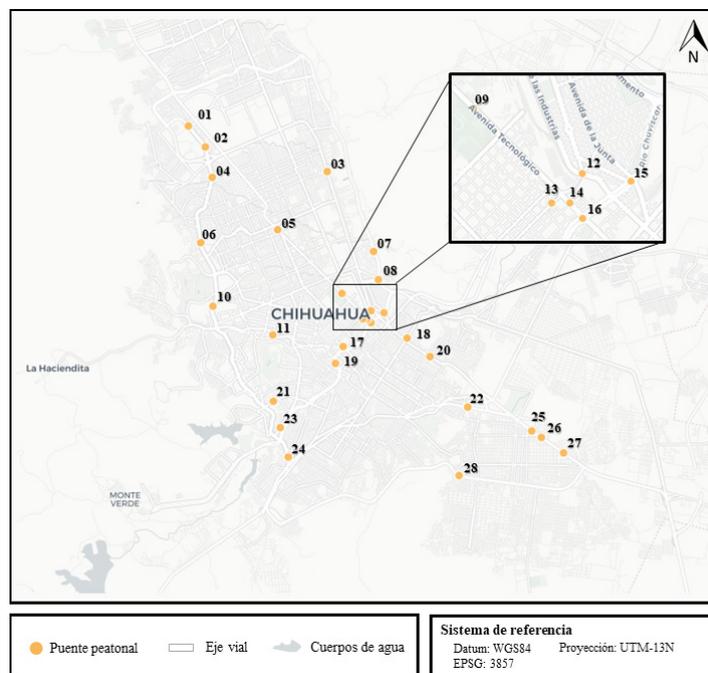
GEOCODIFICACIÓN DE PUENTES PEATONALES Y ATROPELLAMIENTOS

Debido a que no existe información de libre acceso que disponga los sitios en donde ocurren los atropellamientos en Chihuahua, para la presente investigación se realizó una solicitud de información vía Plataforma Nacional de Transparencia a la Unidad de Transparencia de la Fiscalía General del estado de Chihuahua y de la Secretaría de Seguridad Pública de Chihuahua de acuerdo a la definición amplia de este, establecido en el artículo 3, fracción X de la Ley de transparencia, acceso a la información pública y protección de datos personales del estado de Chihuahua.

La información recibida se detalló en un documento de Excel que contenía la fecha, tipo de accidente y cruce en donde se reportó el siniestro en el periodo 2015-2020. Debido a que el documento carecía de coordenadas exactas, la geocodificación tuvo que realizarse de manera manual utilizando el programa QGIS². Así mismo, se llevó a cabo un análisis geográfico y cartográfico para identificar el lugar exacto en donde se ubican los puentes peatonales de la ciudad de Chihuahua (Figura 1) y se analizaron sus entornos.

2 QGIS.org, (2021). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

Figura 1.
Ciudad de Chihuahua y ubicación de puentes peatonales.



Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS ESPECIAL ENTRE ATROPELLAMIENTOS Y PUENTES PEATONALES

Después del proceso de geo-codificación se realizó una indagación de frecuencias que consistió en cuantificar, para cada intersección, el número de atropellamientos habido a lo largo de los años. Para tal efecto, se llevó a cabo un análisis espacial mediante el uso de áreas búfer, cuantificando el número de atropellamientos que se llevaron a cabo en un radio de 100, 300 y 500 metros de proximidad.

VALORACIÓN DE CAMINABILIDAD Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Para la valoración de los puentes peatonales y los entornos adyacentes se evaluaron varios descriptores de caminabilidad que incluyen indicadores de accesibilidad universal, indicadores constitucionales y la medición de la velocidad con la que transitaban los vehículos motorizados por debajo de los puentes peatonales. En la tabla 1 se enlistan los distintos indicadores evaluados.

Tabla 1.

Descriptorios de caminabilidad y accesibilidad universal evaluados en los puentes peatonales y sus entornos.

Descriptorios	Indicadores	Abreviatura
Descriptorios de los puentes peatonales (pasarelas)	Distancia recorrida a nivel de calle	DNC
	Distancia recorrida por puente peatonal	DPP
	Relación entre DPP/DNC	RD
	Invasión a banqueta	IB
	Rampas de accesibilidad	R
	Escaleras	E
	Longitud de pendiente	LP
	Pendiente longitudinal total	LPT
	Ruta podotáctil	RPT
	Alumbrado público	AP
	Piso antiderrapante	PA
	Publicidad	P
Descriptorios de las banquetas (aceras)	Banqueta pavimentada	BP
	Ancho de banqueta	AB
	Promedio de ancho de banqueta	PAB
	Rampas de accesibilidad	R
	Ruta podotáctil	RPT
	Cruce peatonal	CP
Descriptorios de la vía	Velocidad máxima permitida	VMP
	Velocidad de tránsito vehicular	VTV
	Ancho de la vía	AV
	Semáforo vehicular por debajo	SV
	Barrera peatonal por debajo	BP
	Número de carriles	NC

La metodología y el análisis de las condiciones generales de los entornos adyacentes a los puentes peatonales evaluados ha sido discutida con anterioridad por nuestro grupo de investigación (Andrade-Ochoa *et al.*, 2020).

MODELADO MATEMÁTICO POR ALGORITMO GENÉTICO

Los modelos de clasificación se generaron mediante algoritmos genéticos para la selección de parámetros empleando MOBYDIGS (versión 1.0 – 2004) (Todeschini *et al.*, 2003). Este programa permite determinar el peso que tiene cada descriptor en el modelo de clasificación utilizando el método de mínimos cuadrados (Pavan *et al.*, 2005). Para la optimización de los modelos, el programa se vale del estadístico q^2 LOO. Posteriormente, los modelos se validan empleando las técnicas de re-muestreo y validación externa aprovechando la base del coeficiente de la determinación (R^2), el cuadrado del coeficiente de validación cruzada (Q^2), la desviación estándar (s) y el estadístico de Fisher (F) del análisis de varianza del modelo (Rivera *et al.*, 2017).

Resultados y discusiones

En relación con el número de peatones atropellados en la ciudad de Chihuahua la Secretaría de Seguridad Pública reporta una estimación entre 650 a 800 peatones atropellados por año, en promedio en los últimos seis años se ven 689 peatones involucrados en un siniestro vial (Tabla 2). Es importante resaltar que en el 2020 se reporta una disminución de más del 50% con respecto a la tendencia anual, esto es, claramente, un reflejo de las políticas de resguardo aplicadas ante la contingencia sanitaria por COVID-19 que disminuyeron la movilidad social y solicitaron a los ciudadanos quedarse en casa; de no contabilizar el atípico 2020, el promedio sería de 764 peatones atropellados por año. Esta cifra representa un sub-registro de casi la mitad de los casos de atropellamientos reportado por la base de datos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica.

Pese a esta disminución atípica de atropellamientos en el 2020, la tendencia de casos reportados en las cercanías de los puentes peatonales se mantiene en los últimos cinco años. En la Tabla 2 se puede observar el número total de casos de atropellamiento reportados a 100, 300 y 500 metros a la redonda de los puentes peatonales existentes en Chihuahua.

Tabla 2.

Peatones atropellados reportados en la ciudad de Chihuahua por la Secretaría de Seguridad Pública de Chihuahua en el periodo 2015-2020 y casos de atropellamientos a 100, 300 y 500 metros a la redonda de puentes peatonales.

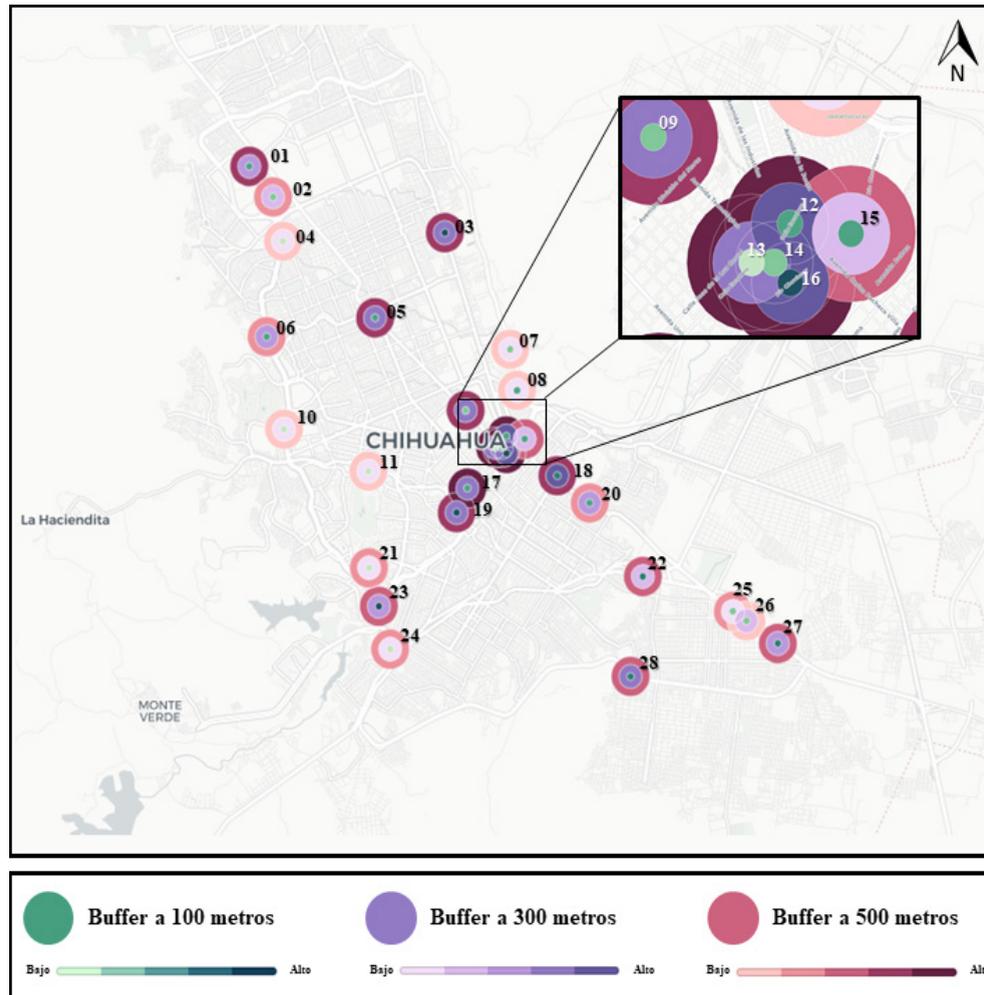
Atropellamientos							
Año	Totales	100	%	300	%	500	%
2015	842	81	9,6	227	26,9	410	48,6
2016	716	62	8,6	194	27	381	53,2
2017	793	135	17	297	37,4	505	63,6
2018	810	149	18,3	313	38,6	514	63,4
2019	659	113	17,1	245	37,1	428	64,9
2020	312	63	20,1	128	41,1	222	71,1
Promedio	688,6 ± 196,9	100,5 ± 37,3	15,1 ± 4,8	234 ± 68,1	34,6 ± 6,1	410 ± 106,1	60,8 ± 8,2

Totales = número de casos total de atropellamiento en la ciudad de Chihuahua el año; % = porcentaje de peatones atropellados con relación al total anual de atropellamientos reportados.

En general se observa que un 15,1% de los atropellamientos en Chihuahua ocurren a 100 metros de un puente peatonal, mientras que un 34,6% de los atropellamientos ocurre a 300 metros. La Figura 2 muestra los patrones territoriales identificados en relación con los puentes peatonales y casos de atropellamiento a peatones, mientras que la Figura 3 grafica la media anual de los peatones atropellados. En ambas se puede observar que los cinco puentes peatonales con mayores casos de atropellamientos a 100 metros de diámetro son aquellos con código CUU-16, CUU-3, CUU-19, CUU-27 y CUU-23, mientras que aquellos con mayor número de atropellamientos a 300 metros de diámetro son CUU-16, CUU-12, CUU-14, CUU-5 y CUU-3. Es importante resaltar que el 50% de los nueve puentes peatonales anteriormente mencionados se encuentran en zonas escolares o zonas hospitalarias, áreas donde la ley y reglamento de tránsito indican que la velocidad máxima de los automovilistas es de 30 km/h. Es decir, la construcción de estas infraestructuras resulta una contradicción, pues priorizan el flujo continuo de los vehículos en zonas de prioridad peatonal. De hecho, los resultados muestran una situación preocupante en las inmediaciones del puente peatonal CUU-16, el cual

contiene el número más elevado de peatones atropellados a 100, 300 y 500 metros a la redonda. Este puente peatonal se encuentra situado en las inmediaciones del Hospital General Salvador Zubirán y para transitarlo se deben recorrer 188,44 metros, una distancia que cuadruplica el recorrido que se puede realizar a nivel de calle.

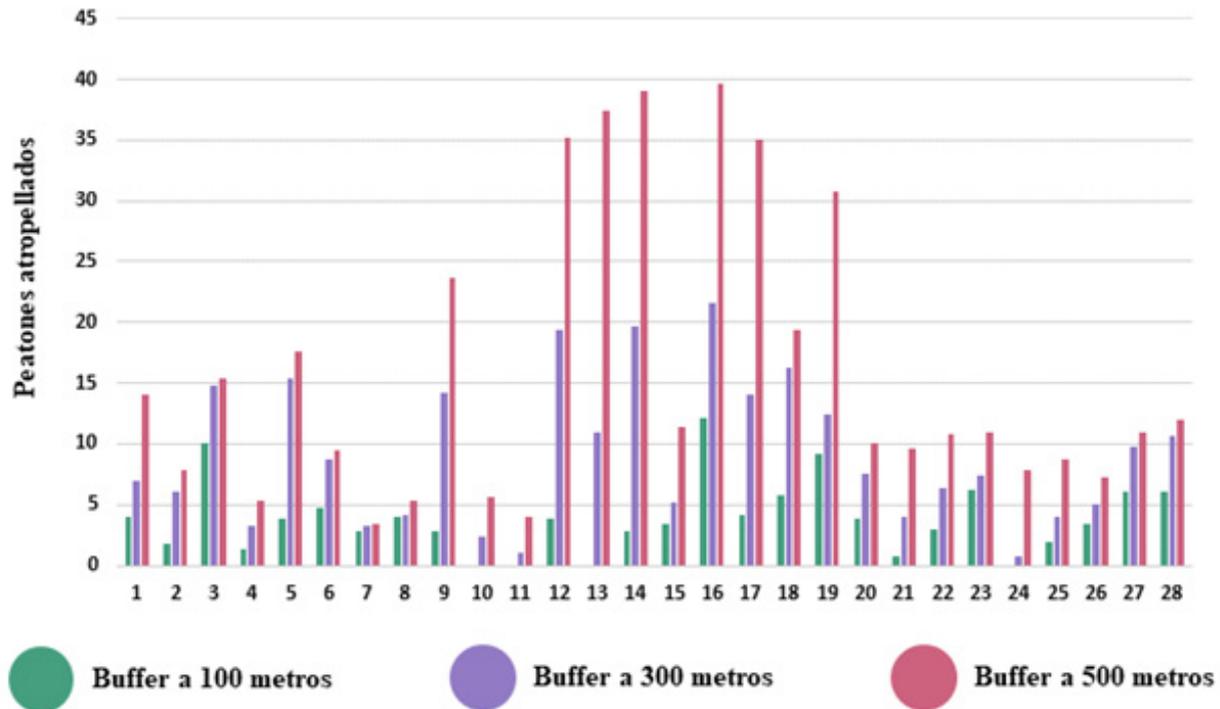
Figura 2.
Patrones territoriales en relación con los puentes peatonales y casos de atropellamiento a peatones.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.

Comparativo entre el promedio de peatones atropellados en las inmediaciones de puentes peatonales en la ciudad de Chihuahua en el periodo 2015-2020.



Fuente: elaboración propia.

Otro caso particular es el puente peatonal CUU-03, ubicado frente a la Secundaria Federal “Ignacio M. Altamirano” y que representa el segundo con mayor número de casos de atropellamientos a 100 metros a la redonda con 53 peatones involucrados en el periodo 2015-2020, una situación alarmante al tratarse de una zona escolar. El puente peatonal CUU-18 es otro puente que cuenta con estas características, ubicado frente a la Primaria “Profesor González A. Reyes” No. 24, con 33 personas atropelladas en el periodo de estudio a 100 metros a la redonda.

Es importante resaltar que la información recabada por la Secretaría de Seguridad Pública no desagrega los datos por género, ni por edad, por lo que no nos fue posible identificar si en estas zonas escolares las víctimas se trataban de personas menores de edad. Sin embargo, los datos arrojados en el 2020 pueden

sugerir que los casos de atropellamientos en zonas escolares se asocian al alumnado o trabajadores de los centros de estudio. Por ejemplo, en el caso de CUU-03 y CUU-18 se observa una disminución significativa en cuanto a atropellamientos en el 2020 con respecto a la tendencia de los cinco años anteriores, situación que puede asociarse a la cancelación de clases presenciales. Esta misma reducción significativa de casos de atropellamientos en el 2020 se observa en los puentes peatonales CUU-01, CUU-02 y CUU-09, encontrándose los primeros dos frente al Campus II de la Universidad Autónoma de Chihuahua y el CUU-09 frente al Instituto Tecnológico de Chihuahua. Ambas instituciones cerraron sus instalaciones desde marzo del 2020 y su apertura se incorporó a inicios del 2022.

VALORACIÓN DE LA CAMINABILIDAD

El análisis de la ubicación de los puentes peatonales con respecto al tipo de vía, así como la valoración de la infraestructura se ha descrito cualitativamente con anterioridad por nuestro grupo de investigación. A manera de síntesis, el 43% de los puentes peatonales en Chihuahua está ubicado en zonas de prioridad peatonal, es decir, zonas escolares y hospitalarias, mientras que el 39% se encuentra en vías primarias y un 28% en vías secundarias (Andrade-Ochoa *et al.*, 2020).

En total se valoraron 24 descriptores para cada uno de los puentes peatonales, seis descriptores evaluados para las vías donde se ubican, seis descriptores para evaluar recorridos y seguridad, cinco de accesibilidad universal y seis descriptores de caminabilidad para las banquetas³ adyacentes. En general, el conjunto de esta información permite una valoración cualitativa del entorno y de los puentes peatonales. Sin embargo, para una valoración cuantitativa que relacione la actividad observada (atropellamientos de peatones) con las características del entorno (descriptores evaluados) es necesario un análisis de selección de variables para buscar los mejores modelos de clasificación y encontrar aquellos descriptores que mejor se ajustan al modelo que describen y se asocian, en este caso, con el número de atropellamientos de peatones en las inmediaciones de los puentes peatonales.

MODELOS DE CLASIFICACIÓN

El análisis *in silico* se llevó a cabo generando modelos matemáticos que describen el número de peatones atropellados en las inmediaciones a 100, 300 y 500 metros a la redonda utilizando el subconjunto de descriptores evaluados de manera *in situ*. Los modelos y su valoración estadística se visualizan en la Tabla 3, donde se observa que la Velocidad del Tráfico Vehicular (VTV), la Distancia a transitar sobre el Puente Peatonal (DPP) y las Barreras Peatonales (BP) por debajo del puente se asocian de manera directa y proporcional al número de peatones atropellados en las inmediaciones.

3 Banqueta es el término utilizado en México para la vereda (comúnmente usado en Chile, Uruguay o Ecuador) o para la acera (comúnmente utilizado en Colombia, Panamá o Cuba).

Tabla 3.
Modelos de clasificación de tipo Relación Cuantitativa Infraestructura-Actividad.

Modelo 1: Peatones atropellados en un buffer de 100 metros			
$y = 3.3593(VTV) + 2.5453 (DPP) + 0.1992(BP) + 0.3019$			
$R^2 = 81.87$	$Q^2 = 70.15$	$s = 1.88$	$F = 9.5$
Modelo 2: Peatones atropellados en un buffer de 300 metros			
$y = 16.2913(VTV) + 7.4713(DPP) + 7.7334(BP) - 24.3797$			
$R^2 = 87.24$	$Q^2 = 71.59$	$s = 2.85$	$F = 15$
Modelo 3: Peatones atropellados en un buffer de 500 metros			
$y = 21.17(DPP) - 0.5087(AP) - 49.8320 (PAB) - 29.3984$			
$R^2 = 79.56$	$Q^2 = 63.60$	$s = 4.53$	$F = 9.3$

R^2 = coeficiente de la determinación, Q^2 = cuadrado del coeficiente de validación, s = desviación estándar, F = estadístico de Fisher del análisis de varianza.

La metrología de la velocidad en que transitan los automovilistas (VTV) en las cercanías de los puentes peatonales resulta de suma importancia pues se sabe que la velocidad es el principal factor de riesgo para que un siniestro resulte en una fatalidad o una lesión grave. En general, se ha reportado que una persona que sufre de un atropellamiento por un vehículo a 30 km/h tiene una probabilidad del 90% de no sufrir una lesión grave, mientras que de ser atropellada por un vehículo que viaja a 60 km/h la probabilidad de sobrevivir es de tan solo de un 10% (Jariot y Montané, 2009). En el modelo de clasificación este descriptor es el que tiene mayor contribución en la relación con peatones atropellados a 100 y 300 metros a la redonda con un coeficiente de 3,3 y 16,2 respectivamente. *In situ* los resultados obtenidos muestran que los automovilistas circulan a más de 70 km/h en el 71% de los puentes peatonales. En promedio, la velocidad encontrada en las inmediaciones de estas infraestructuras fue registrado en $72,6 \pm 14,03$ km/h, una velocidad que excede lo establecido en la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Los tres puentes peatonales en donde se transita a mayor velocidad son los identificados como CUU-16, CUU-01 y CUU-19 con una velocidad promedio de 87,2, 87,3 y 86,7 km/h respectivamente. En relación con la velocidad en que se transita en zonas escolares, se encontró que en todas las inmediaciones de los puentes peatonales frente a zonas escolares o hospitalarias se transita a más de 50 km/h, en promedio, considerando que en los 12 puentes peatonales ubicados en zonas 30 se transita a 70,6 km/h. Cabe resaltar que los puentes peatonales CUU-7 y CUU-8 cuentan con cruce semafórico (SV) debajo de ellos y son parte de aquellos que tienen menos registros de peatones atropellados

en sus inmediaciones con un promedio de tres y cuatro peatones atropellados en el periodo 2015-2020. Es fácil asumir que el tiempo semafórico brinda un lapso seguro de cruce suficiente para aquellos peatones que deciden no utilizar estos puentes peatonales. CUU-7 y CUU-8 no se encuentran en zonas escolares u hospitalarias, sino que corresponden a dos infraestructuras sobre la vialidad Sacramento, un distribuidor vial de alta velocidad que recorre de norte a sur toda la ciudad.

La valorización de traslados peatonales resulta prioritaria para los modelos de clasificación que asocian la distancia de cruce por los puentes peatonales (DPP) al número de peatones atropellados a 100, 300 y 500 metros a la redonda. Este descriptor parece estar asociado con los motivos de desuso de los puentes peatonales, puesto que el 7,7% de los puentes peatonales quintuplican la distancia de traslado, el 17,9% lo cuadruplican, el 21,4% lo triplican y el 53,6% lo duplican. Los puentes peatonales con mayor recorrido de traslado son aquellos que han sido construidos con rampas que simulan su accesibilidad (CUU-01, CUU-02, CUU-15, CUU-16 y CUU-24). Afirmamos que simulan puesto que ningún puente con rampas cumple con la Norma de Obra Pública para garantizar la accesibilidad universal que indica que: la pendiente será inferior a 10% para recorridos iguales o menores a tres metros; la pendiente debe ser inferior al 8% para los recorridos de tres a seis metros; y finalmente, la pendiente debe ser igual o menor a 6% para los recorridos de seis a nueve metros (Figura 4). Aunado a lo anterior, llama la atención que sean las mismas rampas las que agreguen dificultad y distancia al trayecto. El puente peatonal CUU-16, por ejemplo, cuenta con una longitud de pendiente (LPT) de 112,2 metros, distancia correspondiente al trayecto añadido al ancho de la vía (AV) de 51,4 metros que se encuentra a nivel de calle. Los puentes peatonales con mayor LPT son el CUU-24 y CUU-15, aumentando 118 y 120 metros al ancho de la vía respectivamente.

El descriptor que relaciona la distancia, esfuerzo y tiempos de traslados peatonales ha sido reportado como indicador de motivos de desuso en estudios basados en encuesta por otros autores. En Cali, Colombia, las personas encuestadas afirmaron que el desuso de puentes peatonales se debe al aumento en la longitud de distancia que representan (Echeverry *et al.*, 2005). En Arequipa, Perú, la falta de tiempo y el esfuerzo que implica utilizarlos son los motivos por lo que los encuestados prefieren cruzar a nivel de calle (Arias Gallegos, 2012). Por otro lado, estudios de modelación híbrida han concluido que un factor determinante en el desuso de puentes peatonales es el tiempo adicional requerido que conlleva el utilizarlos (Márquez, 2015). Resultados similares han sido reportados en Ipoh, Malasia, y Bogotá, Colombia, donde la prisa del transeúnte y el aumento de traslado se asociaba con el desuso de estas infraestructuras (Cantillo *et al.*, 2015; Hasan *et al.*, 2020). En lo general se identifica la falta de uso de los puentes peatonales y la búsqueda permanente de la ruta más corta para realizar el cruce.

Figura 4.

Puentes peatonales con rampas que triplican o cuadruplican las distancias de traslado.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, las barreras peatonales por debajo del puente peatonal (BP) también son un descriptor que se asocia directamente con el número de atropellamientos pese a que su construcción obedece a evitar el cruce de peatones a nivel de calle. Un estudio realizado en Banjarmasin, Indonesia, encontró que un alto porcentaje de peatones (87%) no utiliza el puente peatonal sobre la carretera de Pangerang Antasari y concluye que para obligar a los peatones a utilizarlo debe instalarse una valla de barandilla en ambos lados de la carretera (Ramadani *et al.*, 2018). El presente estudio, con exploración en sitio, observó que los peatones cruzan incluso a nivel de calle bajo el puente peatonal saltando las barreras físicas o haciendo un hueco sobre la malla ciclónica, en algunos casos los peatones deciden rodear la barrera para no subir el puente peatonal, un factor que se observa y se ve reflejado en el grado de siniestralidad a 300 metros a la redonda en puentes peatonales como CUU-09, CUU-12 y CUU-14, donde el número de peatones atropellados aumenta en los lugares donde desaparecen las barreras físicas. De esta forma, en lugar de obligar a los usuarios a utilizar el puente peatonal, dichas barreras les ponen en riesgo, generando obstáculos sobre su línea de deseo y provocando mayor tiempo de traslado sobre la avenida. La observación de peatones saltando o moviendo las barreras peatonales bajo puentes peatonales también ha sido reportada en Teherán, ciudad capital de Irán (Zareharofteh *et al.*, 2021).

El tercer modelo que asocia los descriptores con el número de peatones atropellados a 500 metros a la redonda considera otros dos descriptores: el alumbrado público (AP) y el promedio del ancho de banqueta (PAB). Sin embargo, estos dos descriptores son inversamente proporcionales a la variable dependiente; es decir, son factores que, en todo caso, disminuyen el valor del número de peatones atropellados. El análisis demuestra que el 64% de los puentes peatonales contenían buena iluminación, una valoración relevante si se consideran los motivos de uso y desuso desde una perspectiva de género e interseccionalidad. Por ejemplo, el desuso de estas infraestructuras obedece a causas distintas entre hombres y mujeres, habiéndose reportado que los hombres deciden no utilizarlas por motivos de tiempo y esfuerzo, mientras que las mujeres no lo hacen por temor a sufrir un acto delictivo (Arias Gallegos, 2012). Esto quiere decir que algunos descriptores (como la falta de iluminación, la poca visibilidad de la persona usuaria en la infraestructura, la presencia de orina, heces u objetos punzocortantes) pueden ser asociados o percibidos como índices que inciten o favorezcan la inseguridad, lo que termina promoviendo el desuso por parte de mujeres u otros usuarios vulnerados. Estas características se asocian y se suman a los datos registrados en el Sistema de Puentes en México (SIPUMEX), que concluyen que 47% de los puentes peatonales en México presenta algún nivel de daño, estadística que refleja las malas condiciones de este tipo de estructuras (Barrios *et al.*, 2021).

Varios estudios han encontrado una relación entre el miedo y el desuso de los puentes peatonales. En Ciudad de México la decisión de no utilizar los puentes peatonales está ligada principalmente a dos motivos: la implicación del aumento de esfuerzo y la sensación de inseguridad relacionada a actividades delictivas (Hidalgo-Solórzano *et al.*, 2010). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado en Honduras, donde se encontró una correlación entre el desuso de puentes peatonales por parte de estudiantes de una universidad pública por la asociación de la infraestructura con asaltos y la consideración de su uso como una actividad fatigosa (Landa-Blanco y Ávila, 2020). En Tabriz, Irán, un estudio preliminar reporta que la percepción de las personas sobre su seguridad es un factor predominante que afecta la usabilidad de estas estructuras

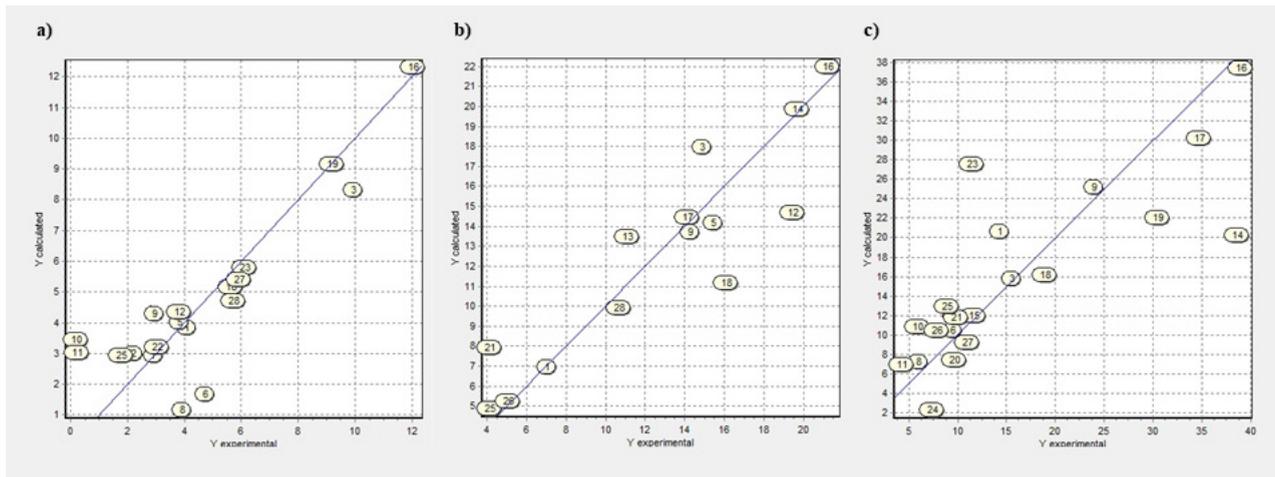
(Saadati *et al.*, 2020). En Dar es-Salam, Tanzania, se encontró que los transeúntes valoran el desuso de puentes peatonales especialmente durante las horas de la noche, en dicho estudio muchos participantes percibieron como aterrador la ocupación del puente por personas que incluso simplemente estuvieran de pie, pues podría tratarse de asaltantes (Katopola *et al.*, 2022). Por todo lo anterior, no sería de extrañar que personas adultas mayores, infantes e individuos de la población LGBT+ decidan no utilizar los puentes peatonales a causa de una percepción de inseguridad y la heterogeneidad en que todas estas poblaciones enfrentan el miedo. De hecho, aunque no fueron considerados para el análisis matemático, el estudio en sitio encontró que un 41% de los puentes peatonales contaban con presencia de orines y/o materia fecal, así como presencia de jeringas, botellas de vidrio rotas, condones usados y envases de bebidas alcohólicas, lo que indicaría el abandono de estas infraestructuras y su posible asociación con actos considerados peligrosos.

El ancho de banqueta (acera), por otro lado, es un factor que previene la siniestralidad donde un peatón se ve involucrado. Pese a que esto es obvio e intuitivo, los resultados demuestran que un 32% de los puentes peatonales en Chihuahua invaden a ambas banquetas, mientras que un 15% invaden a una de las banquetas en donde se ubican (IB), lo que obliga a los peatones a bajarse al arroyo vehicular para seguir sus traslados. Asimismo, el 22% de los puentes peatonales no cuenta con una banqueta y el 3% no cuenta con ninguna de las dos banquetas pavimentadas.

Los resultados obtenidos muestran una sinergia desfavorable que explica la alta incidencia de peatones atropellados con lesiones graves en las inmediaciones de los puentes peatonales. Por un lado, estas infraestructuras promueven un mensaje de prioridad al flujo vehicular, incitando las altas velocidades en los entornos por parte de los automovilistas, mientras que los peatones los perciben como infraestructuras inseguras, inaccesibles y que dificultan su traslado, por lo que deciden no utilizarlos. Es importante resaltar que el segundo modelo matemático fue el de mayor carácter predictivo, por lo que en futuros ensayos es recomendable trabajar a esa escala de intervención, aunado a que el intervalo de 300 metros es la distancia promedio que un peatón está dispuesto a recorrer. Por otro lado, el tercer modelo fue el de menor carácter predictivo, lo que puede asociarse a que dentro de 500 metros a la redonda el número de atropellamientos comienzan a trasladarse con otras áreas analizadas, así mismo pueden existir otros factores en el territorio que no han sido considerados para el presente estudio, posiblemente más asociados con las características de los cruces adyacentes o la conectividad y proximidad de servicios y atractores de viaje. En la Figura 7 se puede observar un gráfico de la actividad predicha frente a la actividad experimental utilizando un conjunto de entrenamiento para los modelos 1, 2 y 3.

Figura 5.

Número de peatones atropellados calculado vs número de peatones atropellados reales en modelos de relación infraestructura-actividad. a) modelo 1 a 100 metros de buffer, b) modelo 2 a 300 metros de buffer, c) modelo 3 a 500 metros de buffer.



VIOLENCIA INFRAESTRUCTURAL: APROXIMACIONES A LA RELACIÓN ENTRE LOS PUENTES PEATONALES Y LA SEGURIDAD VIAL PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA

En materia de seguridad vial, el conocer donde ocurren los siniestros viales y particularmente los atropellamientos es de suma importancia para realizar intervenciones que disminuyan los riesgos viales. En ese sentido, el presente trabajo es un primer esfuerzo para conocer los patrones geográficos de los atropellamientos en la ciudad de Chihuahua, particularmente los patrones asociados a algunas estrategias que se han considerado por muchos años pertinentes, pero que no han terminado de resolver el problema de fondo y que, por lo tanto, deberíamos de cuestionar; nos referimos particularmente a los puentes peatonales como estrategias de seguridad vial.

Pese a la creencia popular de que la función de estas infraestructuras es la de resguardar a los transeúntes, la realidad es que su construcción está más asociada a permitir el flujo continuo de vehículos motorizados, pues la evidencia muestra un alto porcentaje de desuso y desagrado por parte de los peatones. Por ejemplo, un estudio en Barranquilla, Colombia, reportó que a pesar de que la mayoría de los encuestados reconocieron la vialidad como peligrosa y el puente peatonal como seguro, un tercio de los participantes nunca o raramente lo utilizó para cruzar la carretera (Oviedo-Trespalcios y Scott-Parker, 2017).

En particular, los modelos de clasificación nos permiten concluir que los puentes peatonales en la ciudad de Chihuahua promueven altas velocidades vehiculares, lo que explica la fatalidad de los atropellamientos en sus inmediaciones. Aunado a lo anterior, al promover mayores traslados de viaje a pie y al tener características poco accesibles, diversas poblaciones deciden no utilizarlos.

La elección de no usar los puentes peatonales puede explicarse por dos grupos de factores que influyen para que una persona decida realizar su traslado a pie según Shay *et al.* (2003): la capacidad y la motivación. Los factores de motivación se relacionan con características personales o sociales. La habitabilidad del entorno, por ejemplo, es un factor indispensable para promover el caminar entre los ciudadanos. Por otro lado, la distancia y el tiempo que necesita un viajero para llegar a su destino son factores importantes para decidir hacer un traslado a pie que se relacionan con la capacidad del usuario (Mackett, 2001). Los peatones viajan lentamente, lo que resulta en una distancia limitada que pueden alcanzar cómodamente. Cuestiones más allá de la seguridad vial y la movilidad, como la imagen personal, la percepción de seguridad y el valor del tiempo suelen ser factores críticos para que las personas opten por caminar.

Los puentes peatonales invisibilizan la presencia de transeúntes en las calles y avenidas; y hasta llegan a invisibilizarlos cuando se desplazan en ellos. En Chihuahua, el 78% de los puentes peatonales cuentan con publicidad (P) que no permite al transeúnte ver quien los ocupa, ni ser visto cuando los utiliza, generando una percepción de aislamiento e inseguridad, incluso si el puente peatonal se encuentra alumbrado, lo que representa un problema de seguridad pública y seguridad vial (Andrade-Ochoa *et al.*, 2020). Jacobsen (2015) ha concluido que duplicar el volumen de peatones en el espacio público da como resultado una reducción del 32% de los accidentes de tránsito con lesiones. Esto puede explicarse porque los conductores se vuelven conscientes de la presencia de peatones y adaptan su comportamiento de conducción.

En relación con la seguridad pública, es menester el estudio de la violencia urbana que estas infraestructuras pueden ejercer en sus entornos al ser espacios segregados y que comúnmente se asocian con actos delictivos. Tan solo es cuestión de indagar en el buscador de preferencia y colocar las palabras “puentes peatonales” y “asalto” para encontrar más de 300 mil resultados en menos de 0,87 segundos; un resultado similar se obtiene cuando se suman a la búsqueda las palabras “acoso”, “violación” o “secuestro”. La gran pregunta es, entonces, ¿Cuánto contribuyen estas infraestructuras a este tipo de actos? Son un factor determinante, pues la percepción de seguridad pública del entorno determina la decisión de traslado a pie (Souza *et al.*, 2018). Especialmente en el caso de las mujeres, quienes evitan caminar durante la noche, seleccionando otro modo de transporte o eligiendo el traslado que se considere más seguro, incluso cuando ese traslado puede no ser el más corto (Lucchesi *et al.*, 2021).

Todo lo anterior nos hace pensar en los puentes peatonales como elementos urbanos que contribuyen a la violencia infraestructural. Esta se define como aquella violencia que ocurre gradualmente y fuera de la vista y de manera tardía, dispersándose en el tiempo y el espacio, siendo una violencia de desgaste que normalmente no se considera violencia en absoluto (Nixon, 2015; Rodgers y O’Neill, 2012). Así, construidos como supuestos elementos de salvación, los puentes peatonales en Chihuahua han acumulado con el tiempo decenas de víctimas (a menudo actores marginados), pero han recibido poca atención porque la responsabilidad

de sus efectos nocivos se re-direcciona sobre el individuo, de manera que la responsabilidad del siniestro vial siempre recae sobre la víctima por no adaptarse a la infraestructura y a las distintas dimensiones del espacio público alrededor.

Un enfoque sistémico, con vocación humanista y que ponga énfasis en la corporalidad humana como sujeto de cambio y de investigación, plantea que no es la persona la que debe adaptarse a la infraestructura para poder sobrevivir, sino que es la infraestructura la que debe considerar la vulnerabilidad y el error humano en su diseño para resguardar la integridad de las personas. Para ello es necesario describir y modelar el comportamiento peatonal. Y este es un proceso complejo, primero, porque las personas peatonas son un grupo bastante heterogéneo; y segundo, porque el comportamiento depende de factores diversos que pueden asociarse a factores individuales o a las características del entorno. Para nuestro conocimiento, el presente trabajo describe la relación entre los atropellamientos y la infraestructura existente, partiendo del principio de que las conductas dependen del entorno en el que el comportamiento toma lugar y no solamente por el conocimiento o las habilidades personales (Ajzen, 1991; Evans y Norman, 2003).

Conclusiones

Las dimensiones espaciales asociadas al costo/beneficio del trayecto peatonal resultan en componentes importantes que se asocian con los atropellamientos en las inmediaciones de los puentes peatonales. Por un lado, la distancia a transitar sobre el puente peatonal desmotiva al peatón, lo que refleja un aumento de atropellamientos bajo la infraestructura o a pocos metros de ella; por otro, las barreras peatonales -que en teoría deberían obligar al peatón a utilizar el puente peatonal- solo se convierten en un obstáculo más que hace que el transeúnte dure más tiempo sobre el arroyo vehicular o que sea imperceptible -como en los casos de atropellamientos a 300 metros de los puentes peatonales-. Al final, la persona usuaria buscará intuitivamente su línea de deseo, es decir, su ruta más corta y sencilla para realizar el cruce.

El presente trabajo ha permitido describir la relación espacial entre las infraestructuras adyacentes a los puentes peatonales y el número de peatones atropellados en sus inmediaciones, poniendo en duda la utilidad de estas infraestructuras como elementos para la seguridad vial y la mitigación de los atropellamientos. Los resultados ponen en evidencia que dichas infraestructuras no disminuyen la tendencia de atropellamiento en sus inmediaciones, sino que, por el contrario, generan sinergias desfavorables para que el siniestro ocurra.

Los próximos pasos deberán profundizar en los motivos de uso y desuso de los puentes peatonales a partir de una perspectiva interseccional que considere a cada víctima como individuo y no solo como una estadística. Otro gran paso será el poder realizar este tipo de estudios en otras ciudades, identificando patrones en los modelos de clasificación a fin de realizar una evaluación robusta de los puentes peatonales, de su contribución a la seguridad vial y su relación con la vida cotidiana.

AGRADECIMIENTOS

SAO desea agradecer a Pamela Andrade-Ochoa, Amparo Ortega-Gutiérrez, Nicole Huete-Guevara y Adrián Espinosa-Águila por compartir siempre sus océanos de emociones y ayudar afectivamente en la realización de este proyecto.

El presente proyecto se realizó en la ciudad de Chihuahua, México, y no contempló ningún tipo de financiamiento. Los autores declaran que no existe conflictos de interés existente o potencial.

Referencias bibliográficas

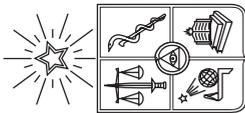
- Abley, S., Turner, S. y Singh, R. (2011). *Predicting walkability*. IPENZ Transportation Group Conference.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Andrade-Ochoa, S., Chaparro-Gómez, V. I., Martínez-García, E. E., y Pérez-Fuentes, F. R. (2020). Evaluación de puentes peatonales de la ciudad de Chihuahua, México. *Planeo*, 90, 1-13.
- Arias Gallegos, W. L. (2012). Motivos del desuso de puentes peatonales en Arequipa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 38(1), 84-97.
- Barrios, H. H., Ríos, I. F. H., y León, C. A. (2021). Propiedades dinámicas y condiciones de servicio de puentes peatonales en México. *Revista de Ingeniería Sísmica*, (106), 112-135.
- Cantillo, V., Arellana, J., y Rolong, M. (2015). Modelling pedestrian crossing behaviour in urban roads: A latent variable approach. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.008>
- Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes. (2018). *Informe sobre la situación de la seguridad vial, México*. Secretaría de Salud.
- D'Orso, G. y Migliore, M. (2020). A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. *Journal of Transport Geography*, 82, 102555. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102555>
- Echeverry, A., Mera, J. J., Villota, J., y Zárate, L. C. (2005). Actitudes y comportamientos de los peatones en los sitios de alta accidentalidad en Cali. *Colombia Médica*, 36(2), 79-84.
- Evans, D. y Norman, P. (2003). Predicting adolescent pedestrians' road-crossing intentions: an application and extension of the Theory of Planned Behaviour. *Health Education Research*, 18(3), 267-277. <https://doi.org/10.1093/her/cyf023>
- Frank, L. D., Andresen, M. A., y Schmid, T. L. (2004). Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(2), 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.04.011>
- Frank, L. D., Sallis, J. F., Conway, T. L., Chapman, J. E., Saelens, B. E., y Bachman, W. (2006). Many pathways from land use to health: associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. *Journal of the American Planning Association*, 72(1), 75-87. <https://doi.org/10.1080/01944360608976725>
- Gebel, K., Bauman, A., y Owen, N. (2009). Correlates of non-concordance between perceived and objective measures of walkability. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 228-238. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9098-3>
- Hasan, R., Oviedo-Trespalacios, O., y Napiah, M. (2020). An intercept study of footbridge users and non-users in Malaysia. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 73, 66-79. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.05.011>
- Hidalgo-Solórzano, E., Campuzano-Rincón, J., Rodríguez-Hernández, J. M., Chias-Becerril, L., Reséndiz-López, H., Sánchez-Restrepo, H., y Híjar, M. (2010). Motivos de uso y no uso de puentes peatonales en la Ciudad de México: la perspectiva de los peatones. *Salud Pública de México*, 52(6), 502-510.

- Huemer, A. K. (2018). Motivating and deterring factors for two common traffic-rule violations of cyclists in Germany. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 54, 223-235. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.02.012>
- Huguenin-Richard, F. y Cloutier, M. S. (2021). A walkability audit tool adapted to the specific population of older pedestrians in urban areas. *Flux*, (1), 30-53.
- Izadpanahi, P., Leao, Z., Lieske, S. N., y Pettit, C. J. (2017, 2-5 julio). *Factors motivating bicycling in Sydney: analyzing crowdsourced data*. 33rd PLEA International Conference Design to Thrive, Scotland, Edinburgh.
- Jacobsen, P. L. (2015). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 21(4), 271-275. <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.205rep>
- Jariot, M. y Montané, J. (2009). Actitudes y velocidad en jóvenes. Aplicación de un programa de educación vial. *Relieve*, 5, 1. <https://doi.org/10.7203/relieve.15.1.4186>
- Jirón, P. y Mansilla, P. (2014). Las consecuencias del urbanismo fragmentador en la vida cotidiana de habitantes de la ciudad de Santiago de Chile. *EURE*, 40(121), 5-28. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612014000300001>
- Katopola, D., Mashili, F., y Hasselberg, M. (2022). Pedestrians' perception of pedestrian bridges—A qualitative study in Dar es Salaam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1238. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031238>
- Landa-Blanco, M. y Ávila, J. (2020). Factors related to the use of pedestrian bridges in university students of Honduras. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 71, 220-228. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.04.016>
- Lee, I. M. y Buchner, D. M. (2008). The importance of walking to public health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7), S512-S518. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c65d0>
- Lee, S. M., Conway, T. L., Frank, L. D., Saelens, B. E., Cain, K. L., y Sallis, J. F. (2017). The relation of perceived and objective environment attributes to neighborhood satisfaction. *Environment and Behavior*, 49(2), 136-160. <https://doi.org/10.1177/0013916515623823>
- Lucchesi, S. T., Larranaga, A. M., Ochoa, J. A. A., Samios, A. A. B., y Cybis, H. B. B. (2021). The role of security and walkability in subjective wellbeing: A multi-group analysis among different age cohorts. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100559. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100559>
- Mackett, R. L. (2001). Policies to attract drivers out of their cars for short trips. *Transport Policy*, 8(4), 295-306. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(01\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(01)00025-7)
- Márquez, L. (2015). Análisis de la percepción de seguridad en puentes peatonales: una aproximación mediante modelación híbrida. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27). <https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a6>
- Minguet Medina, J. (2015). Ciudad-consumo. Despolíticas de urbanismo comercial. *Dearq Revista de Arquitectura*, (17), 14-25.
- Nixon, R. (2015). Slow violence, gender, and the environmentalism of the poor. En P. K. Nayar (Ed.), *Postcolonial studies: An anthology* (pp. 515-532). Wiley.
- Nyunt, M. S. Z., Shuvo, F. K., Eng, J. Y., Yap, K. B., Scherer, S., Hee, L. M., Chan, S. P. y Ng, T. P. (2015). Objective and subjective measures of neighborhood environment (NE): relationships with transportation physical activity among older persons. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0276-3>
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). Estado de la seguridad vial en la región de las Américas. Autor. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51100/9789275320877_spa.pdf

- Oviedo-Trespalacios, O., y Scott-Parker, B. (2017). Foot-bridge usage in high-traffic flow highways: The intersection of safety and security in pedestrian decision-making. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 49, 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.06.010>
- Pavan, M., Consonni, V., y Todeschini, R. (2005). Partial ranking models by genetic algorithms variable subset selection (GA-VSS) approach for environmental priority settings. *MATCH Commun. Math. Comput. Chem*, 54(3), 583-609.
- Pucher, J., Buehler, R., Bassett, D. R., y Dannenberg, A. L. (2010). Walking and cycling to health: a comparative analysis of city, state, and international data. *American Journal of Public Health*, 100(10), 1986-1992. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.189324>
- Ramadani, H. N., Rahmani, H., y Gazali, A. (2018). Study of efficiency pedestrian bridge crossing in the road of Pangerang Antasari, Banjarmasin. *MATEC Web of Conferences*, 181, 06009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818106009>
- Ratzer, M., Brink, O., Knudsen, L., y Elklit, A. (2014). Post-traumatic stress in intensive care unit survivors—a prospective study. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 2(1), 882-898.
- Reyes, R. H., Sanchez, G. V., Alanís, J. C. (2019). Población en riesgo: Análisis espacio-temporal de accidentes viales, mediante el uso de herramientas SIG en el municipio de Toluca, estado de México, 2000-2005. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (23), 49-69.
- Rivera, G., Andrade-Ochoa, S., S Ortega Romero, M., Palos, I., Monge, A., y Enid Sánchez-Torres, L. (2017). Ester of quinoxaline-7-carboxylate 1, 4-di-N-oxide as apoptosis inducers in K-562 cell line: An in vitro, QSAR and DFT study. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 17(5), 682-691. <https://doi.org/10.2174/1871520616666160630175927>
- Rodgers, D. y O'Neill, B. (2012). Infrastructural violence: Introduction to the special issue. *Ethnography*, 13(4), 401-412. <https://doi.org/10.1177/1466138111435738>
- Rodríguez, J. y Arriagada, C. (2004). Segregación residencial en la ciudad latinoamericana. *EURE*, 30(89), 5-24. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612004008900001>
- Saadati, M., Dorosti, A., Dahim, M., Hemmati, E., Edalat-zadeh, M., Hosseinpor, T., y Biparva, A. J. (2020). *Listening to pedestrian; What are the influential factors on bridge use?* Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-115157/v1>
- Secretaría de Salud de México. (2020). *Boletín epidemiológico sistema nacional de vigilancia epidemiológica sistema único de información*. Autor. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/614743/sem53.pdf>
- Shashank, A. y Schuurman, N. (2019). Unpacking walkability indices and their inherent assumptions. *Health & Place*, 55, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.12.005>
- Shay, E., Spoon, S. C., Khattak, A. J., y Center, S. T. (2003). *Walkable environments and walking activity*. Southeastern Transportation Center, University of Tennessee.
- Smith, L. (2015). Walkability Audit Tool. *Workplace Health & Safety*, 63(9), 420-420. <https://doi.org/10.1177/2165079915595307>
- Souza, A. C. S., Humberto, M., y Bittencourt, L. (2018). *Brazilian women walkability index: Participatory construction of a nationwide index to promote women pedestrian policy in a developing country*. Transportation Research Board 97th Annual Meeting.
- Todeschini, R., Consonni, V., Mauri, A., Pavan, M., y Lear-di, R. (2003). MobyDigs: software for regression and classification models by genetic algorithms. *Data Handling in Science and Technology*, 23, 141-67. [https://doi.org/10.1016/S0922-3487\(03\)23005-7](https://doi.org/10.1016/S0922-3487(03)23005-7)

- Wang, H. y Yang, Y. (2019). Neighbourhood walkability: A review and bibliometric analysis. *Cities*, 93, 43-61. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.015>
- Yang, S., Chen, X., Wang, L., Wu, T., Fei, T., Xiao, Q., y Jia, P. (2021). Walkability indices and childhood obesity: A review of epidemiologic evidence. *Obesity Reviews*, 22, e13096. <https://doi.org/10.1111/obr.13096>
- Yitzhaki, S. (1983). On an extension of the Gini inequality index. *International Economic Review*, 617-628. <https://doi.org/10.2307/2648789>
- Zareharofteh, F., Hidarnia, A., Morowatisharifabad, M. A., y Eslami, M. (2021). Unsafe behaviours in Iranian adult pedestrians. *Journal of Transport & Health*, 21, 101058. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101058>

revistainvi



Revista INVI es una publicación periódica, editada por el Instituto de la Vivienda de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, creada en 1986 con el nombre de Boletín INVI. Es una revista académica con cobertura internacional que difunde los avances en el conocimiento sobre la vivienda, el hábitat residencial, los modos de vida y los estudios territoriales. Revista INVI publica contribuciones originales en español, inglés y portugués, privilegiando aquellas que proponen enfoques inter y multidisciplinares y que son resultado de investigaciones con financiamiento y patrocinio institucional. Se busca, con ello, contribuir al desarrollo del conocimiento científico sobre la vivienda, el hábitat y el territorio y aportar al debate público con publicaciones del más alto nivel académico.

Directora: Dra. Mariela Gaete Reyes, Universidad de Chile, Chile

Editor: Dr. Luis Campos Medina, Universidad de Chile, Chile.

Editores asociados: Dr. Gabriel Felmer, Universidad de Chile, Chile.

Dra. Rebeca Silva Roquefort, Universidad de Chile, Chile

Mg. Juan Pablo Urrutia, Universidad de Chile, Chile

Coordinadora editorial: Sandra Rivera, Universidad de Chile, Chile.

Asistente editorial: Katia Venegas, Universidad de Chile, Chile.

Traductor: Jose Molina Kock, Chile.

Diagramación: Ingrid Rivas, Chile

Corrección de estilo: Leonardo Reyes Verdugo, Chile

COMITÉ EDITORIAL:

Dr. Victor Delgadillo, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México.

Dra. María Mercedes Di Virgilio, CONICET/ IIGG, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Dra. Irene Molina, Uppsala Universitet, Suecia.

Dr. Gonzalo Lautaro Ojeda Ledesma, Universidad de Valparaíso, Chile.

Dra. Suzana Pasternak, Universidade de São Paulo, Brasil.

Dr. Javier Ruiz Sánchez, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Dra. Elke Schlack Fuhrmann, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Dr. Carlos Alberto Torres Tovar, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Sitio web: <http://www.revistainvi.uchile.cl/>

Correo electrónico: revistainvi@uchilefau.cl

Licencia de este artículo: Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0
Internacional (CC BY-SA 4.0)