

## Introducción

Las lesiones causadas por el tránsito (LCT) están dentro de las once primeras causas de muerte a nivel mundial, son generadores de gran cantidad de Años Potenciales de Vida Perdidos y Años de Vida Saludable ajustados por Discapacidad –AVISAS.<sup>1</sup>

A nivel mundial se estima que por año, en los últimos años, alrededor de 1.2 millones de personas perdieron la vida por LCT en la vía pública, pudiendo llegar a generar traumatismos en más de 50 millones de personas (un poco más que la suma total de las cuatro ciudades más pobladas en el mundo)<sup>1</sup>, se ha pronosticado que si no se fortalecen los esfuerzos, el número de muertes por LCT se puede incrementar en 62%, aumentando hasta 80% en países de medianos y bajos ingresos.<sup>1</sup> La tendencia creciente de las LCT en estos países, ha llevado a algunos investigadores a plantear la ocurrencia de estos eventos como una ‘epidemia’: denominada la “guerra sobre las carreteras”,<sup>2,3</sup> lo anterior, puede generar que en pocos años las LCT pasen de ser la novena a la tercera causa en AVISAS, siendo solamente superado por enfermedades cardiovasculares y algunos trastornos psiquiátricos.<sup>4</sup>

Los costos y la carga de las LCT se ha estimado en cerca de 22.8%,<sup>5</sup> no obstante, dentro de éstos, los atropellamientos contribuyen con una proporción variable, la cual oscila entre 41% y 75% del global.<sup>6</sup>

Desde hace 40 años se observaba que las LCT eran un problema en constante aumento para las Américas;<sup>7</sup> en la actualidad se estima que alrededor de 130.000 personas pierden la vida en sus carreteras, más de tres cuartas partes ocurren en Estados Unidos, Brasil, México y Colombia. No obstante, la distribución de esa mortalidad es desigual; el grueso de las muertes en América Latina ocurre en personas vulnerables como peatones, ciclistas o motociclistas, mientras que en América del Norte ocurren principalmente entre ocupantes de automóviles.<sup>8</sup>

En la República Mexicana los atropellamientos son un problema de Salud Pública que principalmente se concentra en las grandes ciudades, los peatones son los más vulnerables en zonas urbanas densamente pobladas como ciudad de México, el 56,5% de las defunciones por LCT son por atropellamientos.<sup>9,10</sup>

Las tasas de mortalidad por atropellamiento en México se encuentran en los últimos años en alrededor de 5/100.000 habitantes,<sup>11</sup> no obstante, en las zonas urbanas de

grandes ciudades ascienden hasta 8/100.000 habitantes, que al compararse con centros urbanos como Bogotá (Colombia),<sup>12</sup> ó los Ángeles (USA),<sup>13</sup> manejan tasas de mortalidad por atropellamientos, dos y cuatro veces menores, respectivamente, respecto a la ciudad de México.

En México, los atropellamientos se han reportado principalmente en personas de escasos recursos económicos; los peatones afectados, en general, son hombres entre 20 y 45 años, en plena edad productiva, jefes de hogar, personas que sostienen sus familias, su ausencia genera gran impacto en la economía de sus hogares.<sup>6</sup> Otros grupos vulnerables, han sido ancianos y menores; en estos últimos la carga de los traumatismos no es homogénea, debido a que existe mayor proporción de niños que niñas lesionadas; además, las tasas de traumatismos son mayores entre los niños de familias más pobres,<sup>1</sup> aún, en países de ingresos altos, se ha observado que los niños de familias pobres y de minorías étnicas, presentan las tasas más elevadas de lesiones no intencionales, en particular niños peatones.<sup>14-16</sup>

Es menester reconocer, que la mayoría de intervenciones para reducir el número de LCT y atropellamientos se han centrado en conductores y ocupantes de vehículos y muy poco en el resto de actores del tránsito, lo que aumenta la desigualdad y vulnerabilidad de peatones.<sup>17-19</sup>

Parte del grupo de integrantes del centro para el control y prevención de lesiones del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) coordinado por la Dra. Híjar ha hecho una extensa revisión documental con el objeto de identificar aquellas intervenciones que incrementen la protección a los peatones, y disminuya la vulnerabilidad planteada; producto de esta revisión existe una publicación indexada.<sup>20</sup> Dentro de esta revisión, se encontró que, del grupo de intervenciones con modificaciones al medio ambiente físico, las pasivas, tienen grandes beneficios, entre otras razones porque no requieren ninguna actividad específica por parte de las personas para que funcione y como lo citan algunos autores, este tipo de intervenciones usualmente protegen a poblaciones.<sup>21</sup>

El primer artículo de la tesis pretende comparar y caracterizar la mortalidad por atropellamientos en la ciudad de México en dos períodos, el primero: 1994-1997, y el segundo diez años después: 2004-2007. Se intenta identificar si han existido cambios en la tendencia, en el riesgo de mortalidad por delegación, por grupos de edad y sexo durante el período en mención; además se hace una caracterización de la mortalidad

ajustando por variables como sexo, período de estudio, escolaridad, origen y época de nacimiento (llamada en el texto cohorte de nacimiento). El segundo artículo, luego de la exploración de las diferentes estrategias de prevención comentadas, pretende orientar una propuesta de intervención para prevenir atropellamientos en la ciudad de Cuernavaca, empleando diversas herramientas multidisciplinarias utilizadas en salud pública; en otras palabras, se desea pasar de la caracterización y el análisis de los factores de riesgo a las intervenciones poblacionales que puedan generar beneficios colectivos a actores vulnerables de la vía pública como son los peatones.

Este segundo artículo es fruto de la información basal del proyecto titulado Ambientes Seguros: Intervenciones para prevenir atropellamientos (ASIPA) financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la cual ha empleado diferentes estrategias y métodos analíticos como son los Sistemas de Información Geográfica, las Auditorías Viales y diferentes técnicas aportadas por la estadística (desde procesos de asignación aleatoria, hasta técnicas de análisis multinivel).

## Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Informe Mundial sobre prevención de los traumatismos causados por Accidente de Tránsito. Disponible en <http://whqlibdoc.who.int/paho/2004/927531599X.pdf>. Revisado en Octubre de 2007.
2. Nantulya V, Reich M, The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *BMJ* 2002; 324:1139-41.
3. Roberts I, Mohan D, Abbasi K, War on the roads (Editorial) *BMJ* 2000; 324:1107-8.
4. Organización Mundial de la Salud. Lesiones por Accidentes de Tránsito. Disponible en [http://www.col.ops-oms.org/docs/DMS2004\\_lesiones\\_accidentes.pdf](http://www.col.ops-oms.org/docs/DMS2004_lesiones_accidentes.pdf). Revisado Julio 2007.
5. Mathers CD, Bernard C, Iburg K, Inoue M, Ma Fat D, Shibuya K et al. The Global Burden of Disease in 2002: data sources, methods and results. Geneva. World Health Organization. Disponible en <http://www.who.int/healthinfo/boddalysmphreferences/en/index.html>. Revisado Diciembre 2007.
6. Odero W, Garner P, Zwi A. Road traffic injuries in developing countries: a compressive review of epidemiological studies. *Trop Med Int Health* 1997;2(5):445-60.
7. Adriasola G, Olivares C, Diaz-Coller A. Prevention of Traffic Accidentes, *Organización Panamericana de la Salud* 1972;72(1):1-18.
8. Organización Panamericana de la Salud. Informe sobre el Estado de la Seguridad Vial en la Región de las Américas. Washington. DC. 2009.
9. Híjar M, Vasquez-Vela, Arreola-Rissa C. Pedestrian traffic injuries in México. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10(3):37-43.
10. Híjar M, Kraus J, Tovar V, Carrillo C. Analysis of fatal pedestrian injuries in México City 1994-1997. *Injury. Int J. Care Injured* 2001;(32):279-84.
11. Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) Registros de Mortalidad de lesiones de Causa Externa y Lesiones Causadas por el Tránsito, México-DF., 1998 – 2008, suministradas por el Departamento de Informática y Geografía Médica del Instituto Nacional de Salud Pública de México en Julio de 2009.
12. Secretaría de Gobierno – Alcaldía Mayor de Bogotá. La accidentalidad vial en Bogotá DC – Colombia. Mayo de 2002
13. Híjar M, Lawrence D, Kraus J. Cross National Comparison of Injury Mortality: Los Angeles County, California and Mexico City. *Int J Epidemiol.* 2000;29(4):715-21.
14. Roberts I, Norton R, Tava B. Child pedestrian injury rates: the importance of

- 'exposure to risk' relating to socioeconomic and ethnic differences in Auckland, New Zealand. *J Epidemiol Community Health* 1996;50:162–5.
15. Graham D, Glaister S, Anderson R. The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England. *Accident Anal Prev*. 2005;37:125–35.
  16. Stirbu I, Kunst A, Bos V, Van Beeck E. Injury mortality among ethnic minority groups in the Netherlands. *J. Epidemiol. Community Health* 2006;60(3):249-55.
  17. Task Force on community and preventive services: Recommendations to Reduce Injuries to Motor Vehicle Occupants Increasing Child Safety Seat Use, Increasing Safety Belt Use, and Reducing Alcohol-Impaired Driving *Am J Prev Med*. 2001;21(4S):16–22.
  18. Halman S, Chipman M, Parkin P, Wright J. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults? A prospective crash study. *BMJ*. 2002;324;1123-5.
  19. Marshall S, Spasoff R, Nair R, Walraven C. Restricted driver licensing for medical impairments: Does it work? *CMAJ*. 2002;167(7):747-51
  20. Rodríguez JM, Campuzano JC. Medidas de prevención primaria para controlar lesiones y muertes en peatones y fomentar la seguridad vial. *Rev Salud Publica*. 2010;12(3):497-509.
  21. Peek-Asa C, Zwerling C. Role of environmental interventions in injury control and prevention. *Epidemiol Rev* 2003;25:77–89.

## **Comparando la mortalidad por atropellamientos en Ciudad de México: “¿se han presentado cambios en una década?”**

### **Resumen.**

**Objetivo.** Comparar y analizar las principales características asociadas a muertes por atropellamiento en Ciudad de México (CM).

**Materiales y métodos.** De los registros de muertes secundarias a lesiones por atropellamiento ocurridos en CM en los periodos 1994-1997 y 2004-2007, obtuvimos información por sexo, edad, lugar de residencia, escolaridad y lugar de ocurrencia del evento; estimamos Razones Estandarizadas de Mortalidad por delegación; analizamos la tendencia de mortalidad para todo el periodo mediante un modelo de regresión de Poisson y realizamos un análisis de regresión logística, para caracterizar la probabilidad de morir por atropellamiento.

**Resultados.** Para 2004-2007 hubo una reducción de al menos 17,5% en las muertes por atropellamiento respecto a 1994-1997. La tasa de mortalidad descendió en 1.9/100.000 habitantes, intervalo de confianza 95%:1.6-2.2. Hubo cuatro delegaciones con mayor riesgo de morir durante los dos periodos. Las características asociadas con el riesgo de morir por atropellamiento fueron: sexo masculino, residentes fuera de la CM, nacidos luego de 1974 y bajo nivel educativo.

**Conclusiones.** La metodología empleada en este artículo (razones de mortalidad con tasas internas y externas según delegación, sistemas de información geográfica, procesos de estandarización, caracterización de la posibilidad de mortalidad por sexo a través de análisis de regresión logística, entre otros) aporta elementos novedosos para el análisis de mortalidad por lesiones. Las variables relacionadas con la posibilidad de morir atropellado permiten identificar a un grupo de peatones que terminan siendo los más vulnerables y han sido tradicionalmente dejados de lado en la definición de políticas de desarrollo urbano sustentable en países como México.

**Palabras Clave:** Mortalidad, Lesiones, Peatones, Accidentes de tránsito, Prevención de accidentes, Ciudad de México.

## **Abstract**

**Objective.** To compare and analyze the main characteristics associated with pedestrian fatality in Mexico City (MC).

**Methodology.** We used the mortality database related with pedestrian fatality during the periods 1994-1997 and 2004-2007 in MC; we get information by sex, age, residence, education and place of event occurrence; we estimate Standardized Mortality Ratios by delegation; we analyzed the mortality trend for whole period using Poisson regression models analysis. We implemented a logistic regression analysis to characterize the probability of pedestrian fatality by sex.

**Results.** Between 2004-2007 there was a reduction at least 17.5% in deaths by pedestrian fatality respect to 1994-1997. The mortality rate declined in 1.9/100.000. Confidence Interval 95%: 1.6-2.2/100.000. There four delegations with the highest risk of death during the two periods. The characteristics associated with the risk of death by pedestrian injuries were male, residents in Mexico City, born before 1955 and low educational level.

**Conclusions.** The methodology used in this article (mortality ratios with internal and external rates, according to delegation, GIS, standardization processes, characterization of the risk of mortality by sex through logistic regression analysis, etc.) contributes valuable elements for the analysis of injury mortality. The variables related to the risk of death by pedestrian injuries make possible to identify a group of pedestrians in this category of road user's end up the most vulnerable, which have been traditionally left out in the policies of urban development sustainable and assurance in countries as Mexico.

**Key Words:** Mortality, Injuries, Pedestrians, Traffic Accident, Accident Prevention, Mexico City

## **Introducción**

La seguridad vial ha sido definida como el conjunto de instrumentos técnicos, que favorecen el desplazamiento y movilidad de las personas a través de sus acciones sobre los patrones de uso del territorio, la vía, el mobiliario urbano, los sistemas de control del tráfico, los vehículos, el control policial, los usuarios, o el monitoreo del comportamiento en las vías. La meta primordial es reducir la frecuencia y la gravedad de los lesionados.<sup>1-4</sup> La mayoría de las intervenciones para reducir el problema de las lesiones causadas por el tránsito (LCT) de vehículos de motor se han diseñado en países de ingresos altos,<sup>5-10</sup> y en su mayoría están dirigidas al conductor u ocupantes de vehículos de motor y muy poco al resto de otros actores del tráfico.<sup>11-15</sup> No se ha tomado en consideración, el hecho de que en muchas ciudades de países de ingresos medios y bajos, la vía pública se caracteriza por una mezcla de usuarios, donde los peatones, comerciantes ambulantes, ciclistas y motociclistas comparten y luchan en condiciones desiguales por su espacio, con los vehículos de motor, convirtiéndose en grupos altamente vulnerables para LCT.<sup>8,9,11,16,17</sup>

Por lo anterior, tampoco es raro que la mayoría de las intervenciones centradas en el conductor y en los ocupantes de vehículos de motor, hayan aumentado la desigualdad y vulnerabilidad del resto de los usuarios.<sup>11-15</sup> En el caso concreto de los peatones, que son los usuarios más numerosos en ciudades como México (CM), las medidas de seguridad vial se han limitado, en el mejor de los casos, al diseño y puesta en funcionamiento de puentes peatonales, en lugar de promover una política de respeto al peatón y sus espacios.

En el año 2001, se publicaron los resultados de un análisis de mortalidad por atropellamientos ocurridos en el período 1994-1997 en la población que vivía en la CM.<sup>18</sup> Dicho estudio permitió identificar algunos factores relacionados con este problema, como fueron edad, sexo, delegación política con mayor riesgo de muerte,

entre otros. Una de las recomendaciones planteadas como resultado de este análisis, fue la incorporación al certificado de defunción, de la variable lugar de ocurrencia del evento que produjo la muerte. En México, a partir del año 2002, aparece la posibilidad de registrar el lugar exacto de ocurrencia del evento que llevó a la muerte (a nivel de delegación, colonia y calle, teniendo en cuenta que en los años previos solamente se registraba la delegación donde ocurría la muerte), variable fundamental para el análisis espacial de los atropellamientos.

Es de resaltar que la Ciudad de México (según el Consejo Nacional de Población – Conapo- en 2007 estimó 9'001.192 habitantes), se encuentra al interior de una gran Zona Metropolitana que comprende 77 municipios (INEGI, 2007) de los estados circundantes (Hidalgo y Edo. de México), donde el crecimiento en términos porcentuales ha sido menor a 1% año en los últimos años, no obstante, esta zona metropolitana es una de las zonas más densamente pobladas a nivel mundial, con cerca de 20 millones de habitantes. Es una ciudad donde diariamente ocurren millones de desplazamientos hacia y desde ella; según estadísticas oficiales, su parque vehicular se ha incrementado en cerca de 69.8% entre 1994 y 2007: pasando de 2'016.000 a 3'734.014 de vehículos, principalmente privados, (éstos se incrementaron en 75,1%). En cuanto al comportamiento de las muertes por LCT, en los últimos años (1994 a 2007), más del 55% ocurrieron en peatones, entre el 30%-35% ocurrieron en ocupantes de vehículos, 5%-7% en motociclistas, cerca del 1% en ciclistas y el resto como otras formas de LCT inespecíficas. (INEGI, 2009).

En los últimos años se observan cambios en la magnitud y distribución de la mortalidad peatonal en la Ciudad de México, no obstante, estos cambios no se encuentran bien descritos, de ahí nuestro interés de analizar y comparar el comportamiento de este evento entre dos períodos: 1994-1997, y 10 años después: 2004-2007.

## **Metodología:**

Diseño- población. Se realizó un estudio comparativo de mortalidad peatonal que analiza los períodos 1994-1997 y 2004-2007, al interior de cada período y entre períodos, empleando las bases de datos secundarias producto de los **certificados de defunción** de las personas que fallecieron en Ciudad de México (CM) y cuya muerte quedó codificada con base en lo que establecía la IX<sup>a</sup> versión de la Clasificación Internacional de enfermedades (CIE), usando los códigos E814-7: “Colisión entre un vehículo de motor y un peatón”, para las muertes ocurridas en el primer período, y la X<sup>a</sup> versión de la CIE utilizando los códigos del grupo: V03,V04 y V09 para las muertes ocurridas en peatones, causadas por el tránsito, durante el segundo período.<sup>19</sup> Se usó la división política administrativa de la CM, la cual se encuentra clasificada en regiones denominadas delegaciones.

Procesamiento de la información. Las variables analizadas para ambos períodos fueron: edad (en años), sexo (masculino, femenino), lugar de residencia (de acuerdo a donde vivía la persona, dentro o fuera de la CM), delegación de ocurrencia de la muerte (las 16 delegaciones existentes al interior de la CM), escolaridad (sin escolaridad, primaria a preparatoria y universidad), período de estudio (primer período: 1994/1997, segundo período:2004/2007), lugar de ocurrencia de la defunción (unidad médica, hogar ó vía pública). Con la edad se formaron los siguientes grupos etáreos (menores de 0 a 4, de 5 a 9, de 10 a 14, de 15 a 24, de 25 a 34, de 35 a 49, de 50 a 64, de 65 a 74, y 75 y más), tal como se realizó en una investigación previa.<sup>18</sup> Además, a partir de la variable edad, se creó una nueva variable denominada cohorte de nacimiento, la cual se recategorizó, según año de nacimiento en tres períodos: nacidos antes de 1955, nacidos entre 1955 y 1974, y los nacidos desde 1975 hasta 2006.

Para el cálculo de las tasas específicas se utilizaron las proyecciones de población reportadas por Conapo (2009), para cada uno de los años por delegación. Todas las tasas se reportan por 100.000 habitantes.

Análisis de la información. Se realizó un análisis comparativo por períodos y por sexo según lugar de residencia, cohorte de nacimiento, escolaridad y lugar de ocurrencia de la muerte; se obtuvieron proporciones e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para obtener diferencias por sexo y período. De la misma forma, se estimó la tendencia de la tasa de mortalidad específica según delegación de ocurrencia de la muerte por año y período; también fue posible describir el comportamiento de la tasa de mortalidad por sexo y grupos de edad; además, se calculó la tasa promedio de cada grupo etéreo por período, junto con la diferencia de estos promedios entre períodos, con IC al 95%.

Se realizaron estimaciones de las Razones Estandarizadas de Mortalidad (REM) por delegación de ocurrencia de la muerte, usando el método indirecto de estandarización con IC al 95%;<sup>20</sup> para estos cálculos se empleó, como referencia, la población de CM de cada período; con base en el resultado del REM, se estableció un riesgo en tres categorías de mortalidad, REM baja (menor o igual a 100), REM media (de 101 a 300) y REM alta (arriba de 300); éstos resultados se geo-referenciaron en forma de mapas. Teniendo en cuenta, que sólo desde 2002, se comenzó a registrar el lugar de *ocurrencia de la lesión* que generó la muerte, fue posible estimar la REM por delegación de ocurrencia para el segundo período (2004-2007). Además de lo anterior, se realizó estandarización por el método directo para evaluar el comportamiento (ajustar una posible confusión) en las tasas por grupos de edad, sexo y delegaciones de CM, usando la población de ésta para el año 2000, como población estándar.<sup>21</sup>

Teniendo en cuenta que las LCT tienen un comportamiento que se adapta a los modelos lineales generalizados tipo Poisson, se evaluó la tendencia de la mortalidad

por atropellamiento de todo el período (1994-2007) con datos agrupados. Para esto se recuperó información agrupada, de este evento, de los años faltantes (1998- 2003), correspondiente al número total de muertes, por mujeres y hombres, y como variable de exposición la población total, por hombres y mujeres (proyecciones de población de Ciudad de México entre 1994-2007). Con estos registros, se realizó un análisis de regresión de Poisson. Se hicieron tres modelos para tratar de predecir la tendencia durante el período, 1994 y 2007, uno global y uno por cada sexo; la variable dependiente correspondió, en cada modelo, al total de muertes, muertes en mujeres y muertes en hombres; la variable independiente correspondió a cada año del período en que se produjeron las muertes, se ajustó por la población total, por año (modelo global) y sexo (otros modelos) del período analizado. Se obtuvieron Indicadores de Riesgo Relativo (IRR) para cada modelo, los cuales se probaron por intermedio de los residuos de devianza.<sup>22,23</sup>

Con el objeto de identificar el riesgo de morir dentro o fuera de la delegación de residencia, y comparar cambios entre los períodos, se calculó la Razón de Mortalidad (RM) entre las tasas de mortalidad interna (TMI), correspondiente a las personas que vivían y morían en la misma delegación, y la tasa de mortalidad externa (TME), correspondientes a personas que morían en una delegación diferente a donde vivían. En ambos casos el denominador correspondió a la población de la delegación de donde procedían las víctimas fatales.<sup>18</sup>

Para caracterizar la probabilidad de morir por atropellamiento, se realizó un análisis de regresión logística con **sexo** como variable dependiente (1=Hombre, 0=Mujer), ajustado por **residencia**, si residía (1) o no (0) en CM; **período de estudio**: 1994-1997 (1), 2004-2007 (0); **cohorte de nacimiento**: nacidos antes de 1955 (categoría de referencia-CR), nacidos entre 1955 y 1974, y nacidos desde 1975 hasta 2006; **escolaridad** en tres categorías: sin escolaridad (CR), primaria/preparatoria y

universitaria; se generaron variables dummy a partir de las variables categóricas (escolaridad, cohorte de nacimiento). Con estas variables se elaboró un modelo de regresión logística por etapas (stepwise logistic regression), empleándose el test de Wald para incluir o excluir variables; se obtuvieron Odds Ratios Ajustados (ORa); además se analizó modificación de efecto de tipo multiplicativo entre las variables residencia y período de estudio, residencia y cohorte de nacimiento, y cohorte de nacimiento por escolaridad; se incluyeron en el modelo aquellas variables que evidenciaron interacción ( $p < 0,05$ ); las demás variables se eliminaron hasta obtener el modelo final. Los cálculos de los ORs fueron estimados de forma resumida por intermedio del comando Lincom de Stata. Para soportar el modelo final de la regresión logística múltiple se utilizaron pruebas de bondad de ajuste mediante el test de Hosmer-Lemeshow.<sup>24,25</sup>

Finalmente, se efectuó una corrección de la tasa de mortalidad cruda teniendo en cuenta que en la Xª versión de la CIE, se ha observado que las muertes clasificadas con los códigos X59 (X590 a X599), correspondientes a muertes con exposición accidental a otros factores y no especificados (dentro del capítulo XX de causas externas de morbilidad y mortalidad),<sup>19</sup> afectan principalmente al grupo de eventos relacionados con lesiones causadas por el tránsito. Por tanto, las muertes clasificadas en estos códigos, se distribuyeron de forma proporcional entre los diferentes actores viales (peatones, motociclistas, ciclistas y ocupantes de vehículo, códigos CIE Xª versión: V01-V99). El porcentaje correspondiente a peatones se sumó a las muertes codificadas bajo el rubro de atropellamiento a peatones, siguiendo las recomendaciones hechas por algunos autores que han trabajado este tema.<sup>26-28</sup>

Todos los análisis se realizaron por medio de Stata versiones 9 y 10, y Excel. Para la geo-referenciación se empleó ArcGIS.

**Aspectos éticos.** Este trabajo recibió la aprobación de los Comités de Ética e Investigación del Instituto Nacional de Salud Pública dentro del proyecto “Impacto de los puentes peatonales en la prevención de atropellamientos en la Ciudad de México”.

## **Resultados.**

Análisis descriptivos: el cuadro 1 describe la mortalidad comparativa entre el primer (1994/1997) y segundo período de estudio (2004/2007), estratificado por sexo, según residencia, cohorte de nacimiento, nivel de escolaridad y lugar de ocurrencia de la muerte. *Respecto a residencia*, la proporción de mortalidad en hombres aumentó 4,3% para aquellos que residían dentro de la CM, mientras que los que residían fuera de CM, se redujo en una cifra similar, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ); en mujeres, no hubo cambios porcentuales significativos. *Con respecto a la cohorte de nacimiento*, los hombres que nacieron antes de 1975 presentaron descenso de 6% entre los dos períodos, mientras que para la población más joven, aumentó 11%, ( $p<0,05$ ); en mujeres, no hubo cambios estadísticamente significativos. En cuanto al comportamiento *por escolaridad*, en hombres, hubo descensos de 2,3%, en quienes no tenían antecedentes de escolaridad, mientras que en aquellos con escolaridad universitaria se presentó aumento de 2,0% ( $p<0,05$ ); en mujeres, se observó descenso de 5% en las que no tenían escolaridad ( $p<0,05$ ).

El mayor número de muertes se presentó en el lugar de ocurrencia del atropellamiento, sin embargo, el porcentaje fue menor para el segundo período: 38% en hombres y 35,3% en mujeres, respecto al primer período: 48,1% en hombres y 46,1% en mujeres. ( $p<0,05$ ). Cuadro 1.

En el Cuadro 2, se observan las tasas específicas de mortalidad por delegación, año y período; en el primer período hubo mayores tasas (10,7 con IC 95%:10,3-11,0), que en el segundo (7,8 con IC 95%:7,5-8,1). No obstante, el descenso global en las tasas

específicas de mortalidad, entre los dos períodos, la disminución sólo fue estadísticamente significativa para Coyoacán, Iztapalapa, Tláhuac y Miguel Hidalgo. ( $p < 0,05$ ).

Al analizar las tasas de mortalidad específicas por grupos de edad, sexo y período. En *hombres* se observa que durante el primer período hubo un incremento en la tasa de mortalidad de 3,14/100.000, en el grupo de 0 a 4 años, hasta 97,3/100.000 en el grupo 75 y más años; para el segundo período la tasa de mortalidad se incrementó de 1,8/100.000 a 67,2/100.000, para los mismos grupos de edad. En *mujeres*, durante el primer período, la tasa de mortalidad de 0 a 4 años fue de 2,7/100.000 y para las de 75 y más años fue de 46,2/100.000; para el segundo período las tasas de mortalidad estuvieron entre 1,6/100.00 y 30,1/100.000, en los mismos grupos de edad. De forma global, se observó mayor descenso en las tasas de mortalidad en *hombres* (4,6/100.000) que en las tasas de mortalidad en *mujeres* (1,2/100.000); estos cambios fueron significativos ( $p < 0,05$ ). Cuadro 3.

Para los dos períodos, los resultados de la REM, según *delegación de ocurrencia de la defunción*, se geo-referenciaron; éstos se observan a manera de mapas (mapas 1 y 2); fue alta en Miguel Hidalgo (016), moderada en Gustavo Madero (005), Venustiano Carranza (017) y Benito Juárez (014). No obstante, al calcular la REM por *delegación de ocurrencia del evento* (es importante recordar que esta variable solamente se dispuso para el segundo período), se encontró REM media en Álvaro Obregón (010): 193,3 (IC 95%:175,3-211,3) y alta en Cuauhtémoc (015):730 (IC 95%:688-772,1). Mapa 3 y anexos. Las tasas ajustadas por el método directo de estandarización, por razones de espacio, se incluyen como anexos, los comportamientos de estas tasas no fueron diferentes a los encontrados a las tasas específicas reportadas.

En el cuadro 4, se observa el comportamiento de la mortalidad por atropellamiento entre 1994–2007 en la CM, realizada a través de los tres modelos de regresión de

Poisson descritos en la metodología; a nivel global, para todo el período, se estimó un descenso de la probabilidad de ocurrencia de las muertes por atropellamiento en cerca de 2,9% por año; en hombres fue de 3,1% por año y en mujeres de 2,2% por año; el descenso del riesgo fue estadísticamente significativo en los tres modelos ( $p < 0,001$ ). En otras palabras, los modelos indican que durante el período de estudio, tanto a nivel global, como por sexo, en la Ciudad de México, se evidenció una tendencia significativa al descenso de mortalidad peatonal. Los modelos se probaron a través de los residuos de devianza, corroborándose buen ajuste en cada uno de ellos ( $p > 0,05$ ).

En cuanto a la Razón de Mortalidad entre las tasas internas y externas (RMIE), referido al riesgo de morir dentro o fuera de la delegación de residencia del atropellado, durante los dos períodos, en la mayor parte de delegaciones, la RMIE fue menor a uno (12/16 delegaciones en primer período y en 10/16 del segundo período), lo que sugiere que la mayoría de las muertes dentro de las delegaciones son de personas que viven afuera de éstas. Tres delegaciones: Tlalpan (012), Benito Juárez (014) y Venustiano Carranza (017) pasaron de tener una RMIE menor de 1 (primer período) a mayor de 1 (segundo período), es decir, aquí, la mayoría de las muertes pasaron a ser personas que vivían en la misma delegación. Sólo en dos delegaciones los cambios observados se mantuvieron en el mismo rango, menor de uno: Álvaro Obregón (010), donde la razón se incrementó (0,65 a 0,79), mientras que en Tláhuac (011), la RMIE descendió (de 0,67 a 0,44). En el resto de delegaciones no hubo cambios estadísticamente significativos. Cuadro 5.

Análisis múltiple. Los resultados de la regresión logística para las variables escolaridad y cohorte de nacimiento no generaban consistencia con lo reportado en la literatura, por este motivo se analizaron y encontraron dos de tres interacciones. El cuadros 6a muestran los resultados ajustados y el 6b las interacciones. Durante el primer período hubo una posibilidad más alta de morir en hombres (14%) respecto a mujeres,

ajustado por las variables del modelo ( $p < 0,05$ ). La interacción entre residencia y cohorte de nacimiento, sugiere que no hay diferencias en la posibilidad de morir entre hombres nacidos antes de 1955 según lugar de residencia, pero esta posibilidad se incrementa para aquellos nacidos luego de 1955 si residen fuera de la CM. ( $p < 0,05$ ). La interacción entre cohorte de nacimiento y escolaridad, significa que no hay diferencias en la posibilidad de morir entre hombres sin escolaridad nacidos antes de 1955, pero esta posibilidad baja en la medida que se incrementan la escolaridad y la cohorte de nacimiento. La prueba de bondad de ajuste fue estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

El número de muertes por atropellamientos tuvo un descenso de al menos 550 defunciones entre ambos períodos analizados, (de 3.689 a 2.794 sin corrección, a 3.138 con corrección, de acuerdo a la CIE). La corrección de las tasas de muerte, para el segundo período (2004-2007), con base a los códigos X59 de la Xª versión de la CIE, tal como se explicó en la sección de metodología, generó 1123 casos de muertes atribuidas a peatones; estas muertes se sumaron a las 2794 muertes por atropellamiento registradas en el segundo período, para un total de 3138 muertes, produciéndose una tasa de 8,8/100.000 habitantes. (IC 95% 8,5 – 9,1), la cual es 12,2% arriba de la tasa no corregida.

### **Discusión.**

Este estudio evidencia que en la Ciudad de México entre el primer (1994-1997) y segundo período (2004-2007) hubo un descenso significativo en la mortalidad por atropellamiento en el lugar de ocurrencia; el riesgo de mortalidad por este evento bajó al menos 17,5%; no obstante, sólo fue estadísticamente significativo en cuatro delegaciones; la disminución más notoria se dio en varios grupos de hombres, en mayores de 75 años y en menores de 10 años. Sin embargo, la mayor posibilidad de

morir por atropellamiento se observó para hombres, residentes fuera de la CM, nacidos luego de 1974 y con bajo nivel educativo.

El descenso de la mortalidad en el sitio de ocurrencia del evento, entre los dos períodos estudiados, podría deberse a una mejora en la oportunidad de atención pre-hospitalaria, al traslado oportuno del lesionado a una unidad hospitalaria, o que la severidad de las lesiones fue menor, pudiendo impactar de manera importante en el descenso de la letalidad. No obstante, según algunos autores, en el contexto mexicano existen problemas en la capacidad y calidad de atención por no estandarización en la capacitación del personal de atención prehospitalaria, deficiencias en el almacenamiento de insumos básicos para la atención del trauma (equipos de pulsimetría, medicamentos para la atención aguda y resucitación), entre otros.<sup>29-32</sup> Aunque, este estudio no aporta elementos que permitan confirmar nada de lo anterior, orienta a identificar estas preguntas de investigación en el contexto de la Ciudad de México.

Se buscó identificar si durante la década transcurrida entre ambos períodos analizados se hubieran realizado grandes intervenciones que puedan explicar satisfactoriamente la reducción de la mortalidad por esta causa, en los diferentes grupos de edad. La información encontrada se refiere a:

Instalación de un número importante de puentes peatonales, alrededor de 160 entre ambos períodos analizados, algunos con la colocación de vallas de no paso al nivel de la calle.<sup>33</sup> Sin embargo, se tienen antecedentes que la puesta en funcionamiento de puentes peatonales en la ciudad de México y en otros contextos no han generado una disminución en el número de atropellamientos, por el contrario, se ha identificado que la mayoría de los atropellamientos suceden en grandes avenidas o en vías de alta velocidad, con gran circulación de vehículos, sin semáforos y cerca de puentes peatonales.<sup>34,35</sup> Lo anterior, concuerda con una investigación realizada en Uganda,

donde luego de la puesta en funcionamiento de un puente peatonal, cerca de una autopista, se observó que la gente continuaba pasándose por debajo, se incrementó el número de atropellamientos, aunque disminuyó la severidad de los lesionados.<sup>36</sup>

Entre los períodos de estudio, también se describen una serie de acciones,<sup>37</sup> cuyo propósito principal fue incrementar la movilidad de bienes y personas, más que fomentar procesos de seguridad vial, las cuales, en alguna medida pudieron haber impactado en el menor número de lesiones fatales por atropellamiento de forma indirecta: algunas de éstas fueron: creación de corredores estratégicos de transporte público, construcción de segundos niveles en viaducto y periférico, adecuaciones geométricas en intersecciones conflictivas, diseño de ciclopistas (zonas para uso de bicicletas), prohibición de estacionamiento en ejes viales y vías primarias, mejoramiento del tránsito en zonas escolares, reubicación de bases de transporte público y de lugares de ascenso-descenso, retiro y reubicación de vendedores de la vía pública, ejecución de obras públicas en horarios nocturnos, información de trabajos de obras en la vialidad, hacer efectivas las infracciones, instalación de candados inmovilizadores, entre otras; éstas, sumadas al incremento del flujo vehicular, es probable que hayan descendido la velocidad de los autos en algunos sectores de la ciudad, y por tanto, el riesgo de muertes por atropellamiento bajó.

Del total de delegaciones de la Ciudad de México, entre los dos períodos, se observó que 68,7% de éstas, presentaron RMIE menor a uno, lo cual indica que la mayoría de las muertes al interior de las delegaciones fueron de personas que procedían de lugares diferentes a donde residían; esto quizá es secundario a la gran movilidad y desplazamientos a que están sometidos los habitantes de la CM, ya sea por necesidades laborales, educativas o de otro tipo. Se tiene evidencia que en los últimos años se han incrementado los tiempos de viajes en iguales distancias; además las delegaciones que concentran las ofertas laborales<sup>a</sup> son las que han presentado la más

alta proporción de 'accidentalidad vial'.<sup>b</sup> Gustavo Madero, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Cuauhtémoc; lo anterior, podría explicar las RMIE bajas que hubo en Cuauhtémoc.<sup>c3</sup>Otras como Iztapalapa y Tláhuac, se han convertido en dormitorios de la ciudad.<sup>38,39</sup> Delegaciones como Álvaro Obregón, Milpa Alta, Cuajimalpa, Xochimilco, Tláhuac, Iztacalco, Magdalena Contreras y Azcapotzalco, tuvieron RMIE menor a uno, en los dos períodos, es decir, hubo mayor volumen de muertes de personas procedentes de otras delegaciones, donde probablemente, existen dinámicas diferentes que expliquen estos hallazgos: desconocimiento del lugar de los visitantes, ausencia de divisiones, a nivel de la calle, en los puentes peatonales, etc.

Otra posible explicación, a estos hallazgos, corresponde al crecimiento poblacional de la zona metropolitana del Valle de la Ciudad de México; como se planteó en la introducción, la Ciudad de México, creció menos de 1% por año en el período de estudio, no obstante, está inmersa en una gran zona metropolitana que comprende 77 municipios al interior de la República Mexicana, que la hacen ver como una de las zonas más densamente pobladas a escala mundial, con más de 20 millones de habitantes; además el parque vehicular se incrementó en al menos 75% al interior de la CM y cerca del 400% en el estado de México, (INEGI 2007-09); estos cambios con seguridad han conllevado a modificaciones en los patrones de movilidad, exposición, maduración, acostumbamiento, entre otros. En parte, algunos de estas situaciones pudieran explicar el descenso en la mortalidad en mayores de 75 años y menores de 10 años, lo cual coincide con los hallazgos observados en otros países en los últimos años;<sup>3,40-42</sup> no obstante, la proporción de muertes por atropellamiento en edad productiva (20 a 45 años) en México continua siendo alta.<sup>26,43</sup>

---

<sup>a</sup> Las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo concentran cerca del 48% de la oferta laboral del Distrito Federal

<sup>b</sup> Secretaría de Seguridad Pública del DF, 2007

<sup>c</sup> Cuauhtémoc, además, fue la delegación con el riesgo de muerte más alto dado por la REM según lugar de ocurrencia de la lesión.

Cabe enfatizar que entre ambos períodos se presentó el cambio de la IX<sup>a</sup> a la X<sup>a</sup> versión de la CIE, lo que, de acuerdo con lo documentado por investigadores que trabajan estas temáticas, provocó una disminución en la especificidad de las causas de muerte por LCT; el uso de la corrección por los códigos X59, permitió “ajustar” el comportamiento de las tasas para el segundo período: 2004/2007, no hacerlo hubiera significado, primero, aceptar de forma injustificada el subregistro de estas muertes y segundo pensar que hubo un mayor descenso de mortalidad por estas causas.<sup>26-28</sup>

El presente trabajo tiene las limitantes y fortalezas propias de estudios epidemiológicos que abordan la mortalidad de un evento en salud empleando bases de datos secundarias de fuentes oficiales de mortalidad producto de los certificados de defunción, los cuales pueden presentar errores de registro y codificación.<sup>44,45</sup> También reconocemos, que la información registrada en los mismos, no permite identificar otros factores importantes en el análisis de los atropellamientos, como variables de índole social y cultural (nivel socioeconómico, ingresos, tenencia de carro, prácticas de manejo, entre otras), individual (antecedentes de consumo de alcohol, habilidades para conducir, etc.), del vehículo (marca, modelo, tamaño, etc.), del medioambiente (velocidad, iluminación de la vía, señalización, infraestructura de riesgo o de protección para el peatón, etc.).<sup>1,46-52</sup> Otra posible limitante de la presente investigación, es la no aplicación de modelos de análisis espaciales más robustos que orientan sobre el comportamiento, tendencias y correlaciones de este problema de salud pública. La ausencia de registros con el lugar de ocurrencia de los hechos dificultó hacer análisis geo-espacial con estas características;<sup>53</sup> para el primer período no se dispuso de estos registros, para el segundo, más de 60% de los registros no contaban con esta información.

Sin embargo, los estudios de mortalidad realizados con base en certificados de defunción, se les considera una herramienta muy útil en la investigación

epidemiológica, debido a que tienen una cobertura nacional obligatoria, son imprescindibles para realizar trámites legales y jurídicos, y en algunas ocasiones, como en el caso de atropellamientos, los certificados son llenados por médicos legistas. En su gran mayoría, tienen información veraz y confiable acerca de las muertes por causa externa, los registros sociodemográficos del fallecido (edad, sexo, ocupación, lugar de residencia, escolaridad, etc.) sufren un proceso de verificación riguroso.<sup>44,45</sup> Además, la metodología empleada en el presente trabajo aporta información sobre la utilidad de otras aproximaciones para tratar de entender un fenómeno de salud como los atropellamientos: se realizó una descripción exhaustiva entre los períodos seleccionados para comparar e identificar la presencia de cambios en el tiempo (una década después, con períodos similares: cuatro años); se analizó a través de razones de mortalidad con tasas internas y externas, de acuerdo a la delegación donde ocurrió la muerte, se usaron sistemas de información geográfica (usando la variable espacial delegación donde ocurrió el evento y donde sucedió la muerte); se realizaron procesos de estandarización, ajustes de tasas y se caracterizó la mortalidad de atropellamientos por sexo a través de análisis de regresión logística.

Luego del análisis múltiple se encontró que los hallazgos no eran concordantes con los antecedentes de la literatura (mayor riesgo de mortalidad en personas con mayor escolaridad), por lo que se buscaron y encontraron interacciones las cuales permitieron precisar que la posibilidad de mortalidad era diferencial entre los hombres según el lugar de residencia la cohorte de nacimiento y según la escolaridad y la cohorte de nacimiento. Consideramos que haber identificado este par de interacciones se convierte en una ventaja del presente estudio; su detección e inclusión dentro del modelo logístico final, sirvió para identificar una interacción cualitativa, de forma similar a como lo han reportado otros autores.<sup>54,55</sup>

Por la magnitud, severidad y peso que han tenido las muertes por atropellamiento en la Ciudad de México, en el futuro, se deben continuar analizando patrones geo-espaciales,<sup>56</sup> con aplicación de técnicas tipo auditorias viales,<sup>57</sup> a nivel de las intersecciones con antecedentes de ‘accidentes viales’ y LCT, para identificar, prevenir y corregir los factores que determinan la existencia de zonas de riesgo para uno de los actores más vulnerables de la vía pública: los peatones. También, es imprescindible incluir en nuevas investigaciones aquellas variables y análisis que puedan explicar o predecir mejor el comportamiento de este problema de salud pública. Lo anterior, debe ser la base para la generación de políticas y conductas, que tengan en cuenta la vulnerabilidad al que están sometidos estos actores viales en zonas densamente pobladas, como la capital de la República Mexicana.

**Agradecimientos:** los autores agradecemos al Departamento de informática y Geografía médica del Instituto Nacional de Salud Pública de México quienes proporcionaron las bases de datos procesadas y provenientes del Instituto Nacional de Geografía y Estadística de México (INEGI). Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) quién ha brindado apoyo dentro del proyecto 13880.

**Conflicto de intereses:** los autores dejamos constancia que no existe ningún conflicto de intereses declarado en el desarrollo y publicación de este trabajo.

## Referencias.

1. Informe Mundial sobre prevención de traumatismos causados por accidentes de tránsito. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 2004.
2. Elvik R, Vaa T. El manual de las medidas de seguridad vial. Madrid. Elsevier. 2006.
3. Organización Panamericana de la Salud. Informe sobre el estado de la seguridad vial en la región de las Américas. Washington. DC. 2009.
4. Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción. Ginebra. 2009.
5. Bunn F, Collier T, Frost C, Ker K, Roberts I, Wentz A. Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Inj Prev.* 2003;9:200-4.
6. Koepsell T, McCloskey L, Wolf M, Moudon AV, Buchner D, Kraus J et al. Crosswalk markings and the risk of pedestrian-motor vehicle collisions in older pedestrians. *JAMA.* 2002;288:2136-43.
7. Ameratunga S, Hajar M, Norton R. Road-traffic injuries: confronting disparities to address a global-health problem. *Lancet.* 2006;367:1533-40.
8. Mohan D. Traffic safety and city structure: lessons for the future. *Sal Pub Mex.* 2008;50(S1):93-100.
9. Forjough S. Traffic related injury prevention interventions for low countries. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10(3):109-18.
10. Zegger C, Stewar R, Huang H, Lagerwey P, Feaganes J, Campbell B. Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Final report and recommended guidelines. Office of safety research and development. Federal Highway Administration. 2005.
11. Hajar M. El crecimiento urbano y sus consecuencias no planeadas: El caso de los atropellamientos. *Caleidoscopio de la Salud. Funsalud.* 2003:89-97.
12. Task force on community and preventive services: Recommendations to reduce injuries to motor vehicle occupants increasing child safety seat use, Increasing

- safety belt use and reducing alcohol-impaired driving. *Am J Prev Med.* 2001;21(4S):16–22.
13. Halman S, Chipman M, Parkin P, Wright J. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults?. *BMJ.* 2002;324:1123-5.
  14. Marshall S, Spasoff R, Nair R, Walraven C. Restricted driver licensing for medical impairments: Does it work?. *CMAJ.* 2002;167(7):747-51.
  15. Rivara F, Thompson D, Beahler C, MacKenzie E. Systematic reviews of strategies to prevent motor vehicle injuries. *Am J Prev Med.* 1999;16(1S):1–5.
  16. Tiwari G, Mohan D, Fazio J. Conflict Analysis for prediction of fatal crash locations in mixed traffic stream. *Accident Anal Prev.* 1998;30:207–15.
  17. Echeverry J, Villota J, Zarate C. Actitudes y comportamientos de los peatones en los sitios de alta accidentalidad en Cali. *Colombia Med.* 2005;36:79-84.
  18. Híjar M, Kraus J, Tovar V, Carrillo C. Analysis of fatal pedestrian injuries in México City 1994-1997. *Injury. Int J. Care Injured* 2001;(32):279-84.
  19. World Health Organization. International statistical classification of diseases and related health problems 10th revision version for 2007. Disponible en <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online>. Revisado en enero 2009.
  20. Dever A. Epidemiología y Administración de Servicios de Salud. Organización Panamericana de la Salud. USA. Aspen Publishers. 1991;117-37.
  21. Dos Santos I. Estudios de intervención en epidemiología del cáncer: Principios y métodos, Organización Mundial de la Salud y Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer. Lyon Francia. 1999.
  22. Frome L, Checkoway H. Use of Poisson regression models in estimating incidence rates and ratios. *Am J Epidemiol.* 1985;121:309-23.
  23. Cayuela L. Modelos lineales generalizados (GLM). Centro Andaluz de Medio Ambiente. Universidad de Granada. Andalucía. Noviembre de 2009.
  24. Hosmer D, Lemeshow S. Applied regression. Second edition. Washington. John Willey & Sons. 2000.

25. Kleinbaum D, Kupper L, Muller F, Nizam A. Applied regression analysis and other multivariate methods. Third edition. Thompson editores. México DF. 1998
26. Bartels D, Bhalla K, Shahrz S, Abraham J, Lozano R, Murray C. Incidence of road injuries in Mexico: country report. *Inj Control Saf Promot.* 2010;17(3):169-76.
27. Naghavi M, Makela S, Foreman K, O'Brien J, Pourmalek F, Lozano R. Algorithms for enhancing public health utility of national causes of death data. *Population Health Metrics.* 2010;8(9):1-42.
28. Bhalla K, Shahrz S, Naghavi M, Lozano R, Murray C. Estimating the distribution of external causes in hospital data from injury diagnosis. *Accid Anal Prev.* 2008; 40(6):1822–9.
29. Arreola-Risa C, Mock C, Herrera-Escamilla AJ, Contreras I, Vargas J. Cost-effectiveness and benefit of alternatives to improve training for prehospital trauma care in Mexico. *Prehosp Disaster Med.* 2004;19(4):318-25.
30. Arreola-Risa C, Mock C, Vega-Rivera F, Romero-Hicks E, Guzmán-Solana F, Porras Ramírez G et al. Evaluating trauma care capabilities in Mexico with the World Health Organization's Guidelines for Essential Trauma Care publication. *Rev Panam Salud Publica.* 2006;19(2):94-103.
31. Arreola-Risa C, Vargas J, Contreras I, Mock C. Effect of emergency medical technician certification for all prehospital personnel in a Latin American city. *J Trauma.* 2007;63(4):914-9.
32. Fraga-Sastrías JM, Asensio-Lafuente E, Román-Morales F, Pinet-Peralta LM, Prieto-Sagredo J, Ochmann-Räsch A. Sistemas médicos de emergencia en México. *Archivos de Medicina de Urgencia de México.* 2010;2(1):25-34.
33. Guerra-Solalinde H. Historia y contexto de la Ciudad de México en el que se ha dado la toma de decisiones para la colocación, diseño y ubicación de los puentes peatonales entre 1952–2006. México. 2007.
34. Híjar M, Vasquez-Vela, Arreola-Rissa C. Pedestrian traffic injuries in México. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10(3):37-43.

35. Híjar M, Troste J, Bronfman M. Pedestrian injuries in México: a multi-method approach. *Soc Sci Med.* 2003;57(11):2149-59.
36. Mutto M, Kobusingye O, Lett R. The effect of an overpass on pedestrian injuries on a major highway in Kampala. *Afr Health Sci.* 2002;2(3)89-93.
37. Fideicomiso para el mejoramiento de las vías de comunicación del Distrito Federal. Secretaría de finanzas Ciudad de México. Medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en Ciudad de México. Disponible en <http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm> Rev. Agosto 2010.
38. Ortiz A. Movilidad y caos vial: Distribución del empleo y de la vivienda de interés social en la Ciudad de México, disponible en [www.tallerterritorial.com/downloads/is/4mcvial.pdf](http://www.tallerterritorial.com/downloads/is/4mcvial.pdf). Rev. Sept. 2010.
39. Graizboard B, Acuña B. Movilidad residencial en la Ciudad de México. *Estudios demográficos y urbanos.* El Colegio de México. 2007;22:291-335.
40. Department of Transportation (US). National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Traffic Safety Facts 2006: Pedestrians. Washington (DC) 2006. Disponible en <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-30/NCSA/TSF2006/810624.pdf>. Rev. Agosto 2008.
41. Mabunda MM, Swart LA, Seedat M. Magnitude and categories of pedestrian fatalities in South Africa. *Accid Anal Prev.* 2008;40(2):586-93.
42. Forero LJ. Muertes y lesiones por Accidente de Tránsito en Colombia 2008. *Forensis.* Instituto Colombiano de Medicina Legal. 2008:219-60.
43. Situación de Salud de México. Informe para la rendición de cuentas 2001 – 2005. Disponible en <http://evaluacion.salud.gob.mx/saludmex2005/SM-2001-05.pdf>. Revisado en Octubre de 2008.
44. Celis A, Valdez L, Armas J, Gómez Z. El peatón lesionado en accidentes de tráfico de vehículo de motor: Mortalidad en México: 1985-1996. *Gac Med Mex.* 1999;135(3):353-8.

45. Comstock GW, Markush RE. Further comments on problems in death certification. *Am J Epidemiol.* 1986;124:180-1.
46. Baker S, O'Neill B, Ginsburg M, Li G. *Pedestrians en Injuries Fact Book. Second Edition.* New York. Oxford University Press. 1998. Pág. 272-9.
47. Campbell B, Zeeger C, Huang H, Cynecki M. A review of pedestrian safety research of de United Stated. US Department of Transportation. *Pedestrian and Bicycle Safety.* January 2004.
48. Duperrex O, Roberts I, Bunn F. Educación de peatones en temas de seguridad para la prevención de lesiones. *The Cochrane Collaboration.* 2007;3:1-38.
49. Crandall J, Bhalla K, Madeley N. Designing road vehicles for pedestrian protection. *BMJ.* 2002;324;1145-8.
50. Peden M, Van der Spuy J, Smith P, Bautz P. Substance abuse and trauma in Cape Town. *S Afr Med J.* 2000;90:251-5.
51. Plurad D, Demetriades D, Gruzinski G, Preston C, Chan L, Gaspard D et al. Pedestrian Injuries: The Association of alcohol consumption with the type and severity of injuries and outcomes. *J Am Coll Surg.* 2006;6:919-27.
52. Clifton K, Kreamer K. An examination of the environmental attributes associated with pedestrian vehicular crashes near public schools. *Accident Anal Prev.* 2007;39:708-15.
53. Agüero-Valverde J, Jovanis P. Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Accident Anal Prev.* 2006;38:618-25.
54. Szklo M, Nieto J. *Epidemiology: beyond the basics.* Aspen Publication. Maryland. 2000.
55. Argimon P, Jiménez J. *Métodos de investigación clínica y epidemiológica.* Tercera edición. Elsevier. Madrid 2004.
56. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Autónoma de México. *Diagnóstico espacial de los Accidentes de Tráfico en el Distrito Federal.* México. 2010.
57. Cal y Mayor R, Cárdenas J. *Ingeniería del Tránsito: Fundamentos y aplicaciones.*

**Cuadro 1. Análisis comparativo de mortalidad por atropellamiento, entre periodos según sexo. Ciudad de México 1994/1997 – 2004/2007**

	Período 1994 a 1997						Período 2004 a 2007					
	Femenino			Masculino			Femenino			Masculino		
	%	IC 95 %		%	IC 95 %		%	IC 95 %		%	IC 95 %	
<b>Residencia</b>												
En CM	71.3	68.4	74.2	<b>63.7</b>	61.8	65.5	74.0	70.8	77.0	<b>68.0</b>	65.9	70.0
Fuera de CM	28.7	25.8	31.6	<b>36.3</b>	34.5	38.2	26.0	23.0	29.2	<b>32.0</b>	30.0	34.1
<b>Cohorte de nacimiento</b>												
Antes de 1955	58.8	55.6	61.9	<b>46.7</b>	44.8	48.6	56.1	52.6	59.6	<b>41.0</b>	38.8	43.2
Entre 1955 y 1974	18.6	16.2	21.2	<b>34.0</b>	32.3	35.9	18.7	16.1	21.6	<b>28.4</b>	26.4	30.4
Desde 1975	22.5	19.9	25.3	<b>19.2</b>	32.2	35.8	24.9	21.9	28.1	<b>30.3</b>	28.3	32.4
<b>Escolaridad</b>												
Sin escolaridad	<b>19.5</b>	17.1	22.2	<b>10.0</b>	8.9	11.2	<b>14.5</b>	12.1	17.1	<b>7.7</b>	6.5	8.9
Primaria a preparatoria	69.3	66.3	72.2	79.3	77.7	80.8	72.5	69.2	75.5	76.1	74.2	78.0
Universitaria	3.9	2.8	5.3	<b>4.4</b>	3.6	5.2	4.4	3.1	6.1	<b>6.6</b>	5.5	7.7
<b>Lugar de ocurrencia de la muerte</b>												
Vía pública	<b>46.1</b>	42.5	49.7	<b>48.1</b>	45.9	50.3	<b>35.3</b>	32.0	<b>38.8</b>	38.0	35.8	40.2

\* En negrita se encuentra los porcentajes, por sexo, con cambios significativos entre los dos periodos.

**Cuadro 2. Distribución de la tasa de mortalidad por atropellamiento según delegación en la Ciudad de México entre 1994-1997 y 2004-2007.**

Delegación / Año de defunción	1994	1995	1996	1997	Per. 1 <sup>ψ</sup>	2004	2005	2006	2007	Per. 2 <sup>ψ</sup>
002 Azcapotzalco	4.7	3.5	5.4	4.8	4.6	3.1	3.3	3.1	3.3	3.2**
003 Coyoacán	6.8	7.5	7.3	7.8	7.4	5.0	3.5	3.1	3.3	3.7*
004 Cuajimalpa	2.9	8.6	8.5	8.3	7.1	4.4	8.7	4.3	3.0	5.1**
005 Gustavo Madero	15.3	13.7	15.4	12.4	14.2	12.0	10.9	10.4	8.8	10.5*
006 Iztacalco	4.2	4.2	5.2	8.0	5.4	4.3	2.9	2.6	6.3	4.0**
007 Iztapalapa	7.9	8.5	6.1	8.1	7.6	6.0	5.1	4.8	4.8	5.1*
008 Magdalena Contreras	1.4	3.7	1.4	1.4	2.0	1.7	1.3	0.4	1.3	1.2**
009 Milpa Alta	6.2	3.6	2.4	2.3	3.6	2.1	2.0	2.0	3.0	2.3**
010 Álvaro Obregón	5.1	4.9	5.6	5.3	5.2	5.4	4.2	2.9	5.4	4.5**
011 Tláhuac	3.2	3.8	5.6	5.5	4.6	1.9	2.2	3.3	2.1	2.4*
012 Tlalpan	5.1	5.0	4.0	4.7	4.7	4.2	3.6	4.1	4.5	4.1**
013 Xochimilco	2.7	2.1	2.6	5.6	3.3	2.2	2.9	1.4	3.0	2.4**
014 Benito Juárez	22.5	22.6	15.8	20.1	20.3	14.1	25.0	26.0	19.9	21.3**
015 Cuauhtémoc	10.3	11.8	10.1	9.3	10.4	10.3	9.0	7.3	8.3	8.8**
016 Miguel Hidalgo	41.5	40.5	48.5	46.4	44.2	30.6	24.7	26.9	29.2	27.9*
017 Venustiano Carranza	22.9	27.6	23.9	19.3	23.4	17.7	26.1	19.4	18.4	20.4**
<b>Total</b>	10.7	10.9	10.5	10.5	10.7	8.4	8.1	7.4	7.4	7.8*

• Tasa específica por 100.000 habitantes.

<sup>ψ</sup> Per. 1: Primer periodo (1994-1997). Per. 2: Segundo periodo (2004-2007)

• \*Diferencia estadísticamente significativa (ES). \*\* Diferencia no estadísticamente significativa (NE).

**Cuadro 3. Comportamiento de la mortalidad por atropellamiento en la Ciudad de México por grupos etáreos y por sexo, 1994-1997 y 2004-2007 °**

Hombres Grupos de edad	1994	1995	1996	1997	Prom <sup>ψ</sup>	2004	2005	2006	2007	Prom <sup>ψ</sup>	Dif	
0 a 4	3,10	3,34	3,64	2,47	3,14	2,53	1,14	1,15	2,34	1,79	-1,35*	
5 a 9	4,57	4,81	4,13	3,92	4,36	2,45	1,11	1,69	2,01	1,82	-2,54**	
10 a 14	5,10	7,04	4,38	5,61	5,53	4,34	2,59	0,79	1,34	2,26	-3,27*	
15 a 24	15,03	14,15	14,01	13,79	14,24	10,64	9,08	8,12	8,14	8,99	-5,25*	
25 a 34	15,12	15,74	13,64	11,62	14,03	9,82	12,22	10,43	9,38	10,46	-3,57*	
35 a 49	16,92	18,07	18,99	18,48	18,11	12,10	13,59	12,25	10,43	12,09	-6,02*	
50 a 64	31,15	32,61	34,12	32,68	32,64	17,48	19,10	16,60	17,71	17,72	-14,92*	
65 a 74	48,74	69,86	49,78	40,68	52,26	40,14	35,37	32,61	36,99	36,28	-15,99**	
75 y mas	102,25	98,22	90,59	98,08	97,29	71,43	70,70	70,85	55,83	67,20	-30,09*	
Total	16,01	17,04	16,00	15,36	16,10	12,05	12,23	11,11	10,77	11,54	-4,57*	
<b>Mujeres</b>												
0 a 4	2,22	1,97	3,51	3,06	2,69	1,16	2,36	1,79	0,91	1,55	-1,14**	
5 a 9	2,48	0,99	1,50	3,25	2,06	1,37	0,84	0,86	0,58	0,91	-1,15**	
10 a 14	2,50	2,50	2,98	3,45	2,86	0,99	2,50	0,76	1,29	1,38	-1,47*	
15 a 24	4,41	2,98	3,47	3,52	3,59	2,69	2,68	2,67	3,12	2,79	-0,81**	
25 a 34	3,18	2,94	2,69	2,22	2,76	2,19	2,46	2,11	1,63	2,10	-0,66**	
35 a 49	3,79	3,92	3,45	4,45	3,90	3,35	2,47	3,36	2,72	2,98	-0,93**	
50 a 64	9,73	9,49	8,09	9,05	9,09	7,02	7,17	5,17	7,95	6,83	-2,26**	
65 a 74	22,81	19,64	24,70	27,03	23,54	19,09	13,23	12,42	16,29	15,26	-8,28*	
75 y mas	41,20	51,50	44,89	47,21	46,20	40,78	27,13	25,51	27,13	30,14	-16,07*	
Total	5,55	5,19	5,32	5,88	5,49	4,74	4,19	3,85	4,30	4,27	-1,22*	

- <sup>ψ</sup> Prom. Promedios de cada período. Período 1 y Período 2
- \*Diferencia estadísticamente significativa (ES). \*\* Diferencia no estadísticamente significativa (NE).

**Cuadro 4. Tendencia global de la mortalidad por atropellamientos en la Ciudad de México. 1994 – 2007.**

Variable	IRR <sup>ψ</sup>	Error Estándar	IC - 95%	
Total por año	0.971	0.0022	0.966	0.976
Mujeres por año	0.978	0.0044	0.969	0.986
Hombres por año	0.969	0.0027	0.964	0.974
Población	Exposición			

<sup>ψ</sup> IRR: Indicador de Riesgo de Relativo

**Cuadro 5. Razón de Mortalidad Interna vs Externa según delegación de muerte**

Delegación muerte	Período					
	1994-1997			2004-2007		
	RM IE	IC 95%		RM IE	IC 95%	
002 Azcapotzalco	<u>0.56</u>	0.51	0.60	<u>0.50</u>	0.44	0.55
003 Coyoacán	1.07	1.05	1.08	<u>0.74</u>	0.70	0.77*
004 Cuajimalpa	<u>0.86</u>	0.82	0.89	<u>0.80</u>	0.74	0.85
005 Gustavo Madero	1.93	1.84	2.04	2.14	2.00	2.31
006 Iztacalco	<u>0.38</u>	0.32	0.43	<u>0.31</u>	0.25	0.37
007 Iztapalapa	1.02	1.01	1.03	1.048	1.046	1.052
008 Magdalena Contreras	<u>0.17</u>	0.09	0.27	<u>0.27</u>	0.17	0.37
009 Milpa Alta	<u>0.43</u>	0.31	0.53	<u>0.50</u>	0.34	0.64
010 Álvaro Obregón	<u>0.65</u>	0.62	0.67	<u>0.79</u>	0.77	0.81*
011 Tláhuac	<u>0.67</u>	0.63	0.71	<u>0.44</u>	0.36	0.50*
012 Tlalpan	<u>0.80</u>	0.77	0.82	1.05	1.05	1.06*
013 Xochimilco	<u>0.54</u>	0.48	0.60	<u>0.45</u>	0.39	0.51
014 Benito Juárez	<u>0.58</u>	0.52	0.64	1.61	1.47	1.78*
015 Cuauhtémoc	<u>0.32</u>	0.28	0.32	<u>0.35</u>	0.29	0.39
016 Miguel Hidalgo	1.88	1.72	2.08	2.32	2.03	2.72
017 Venustiano Carranza	<u>0.96</u>	0.95	0.97	1.60	1.51	1.70*

\*Diferencia estadísticamente significativa (ES)

\*\* Subrayadas todas las delegaciones con RMIE menor a 1 en los dos períodos.

**Cuadro 6a.**

**Caracterización de la mortalidad de atropellamientos por sexo en la ciudad de México entre 1994-1997 y 2004-2007.**

Variable	OR	IC al 95%	
<b>Origen</b>			
- Fuera del DF (CR)	1.0		
- Del DF	0.73	0.64	0.83
<b>Cohorte de nacimiento</b>			
- Antes de 1955 (CR)	1.0		
- Entre 1955 y 1974	1.95	1.68	2.26
- Desde 1975	1.35	1.16	1.58
<b>Periodo de estudio</b>			
- Segundo período/ 2004-2007 (CR)	1,0		
- Primer periodo /1994-1997	1,14	1.02	1.29
<b>Escolaridad</b>			
- Sin escolaridad (CR)	1,0		
- Primaria hasta preparatoria	1.83	1.55	2.17
- Universitaria	2.21	1.63	3.00

\* Modelo sin interacción

$$OR = e^{\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 cat_2 + \beta_3 x_2 cat_3 + \beta_4 x_3 + \beta_5 x_4 cat_2 + \beta_6 x_4 cat_3 + E}$$

OR=Posibilidad de morir por atropellamiento según **Sexo** 0=Mujer, 1=Hombre.  $X_1$ = **Residencia**.  $X_{2Cat2}$ =**Nacidos entre 1955/1974**,  $X_{2Cat3}$ =**Nacidos luego de 1974**.  $X_3$ =**Periodo de estudio**.  $X_{4Cat2}$ =**Primaria/Preparatoria**;  $X_{4Cat3}$ = **Universitaria**.

**Cuadro 6b. Interacciones detectadas según el riesgo de mortalidad de atropellamiento por sexo en la Ciudad de México entre 1994-1997 y 2004-2007.**

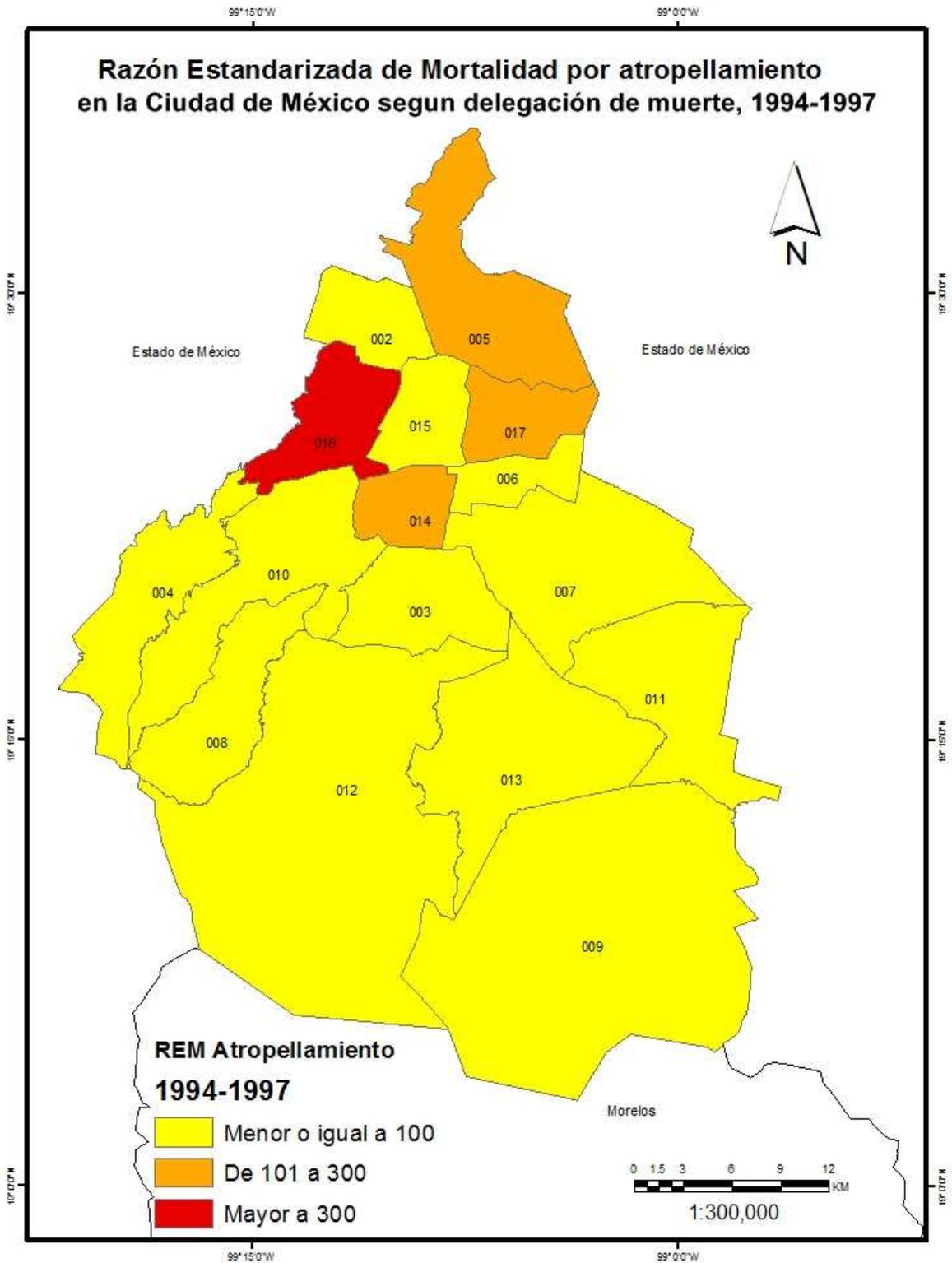
OR° en hombres	Residencia		Escolaridad		
	Fuera DF	Dentro DF	Sin escolaridad	Preparatoria	Universidad
Antes 1955	1.0	<b>0.56</b>	1.0	2.12*	3.3*
Entre 1955-1974	2.17*	0.90	2.17*	1.32*	1.09
Mayor 1974	2.62*	0.99	2.62*	1.14	0.75*

° OR computados por el comando lincom. \* Estadísticamente significativas (p<0.05)

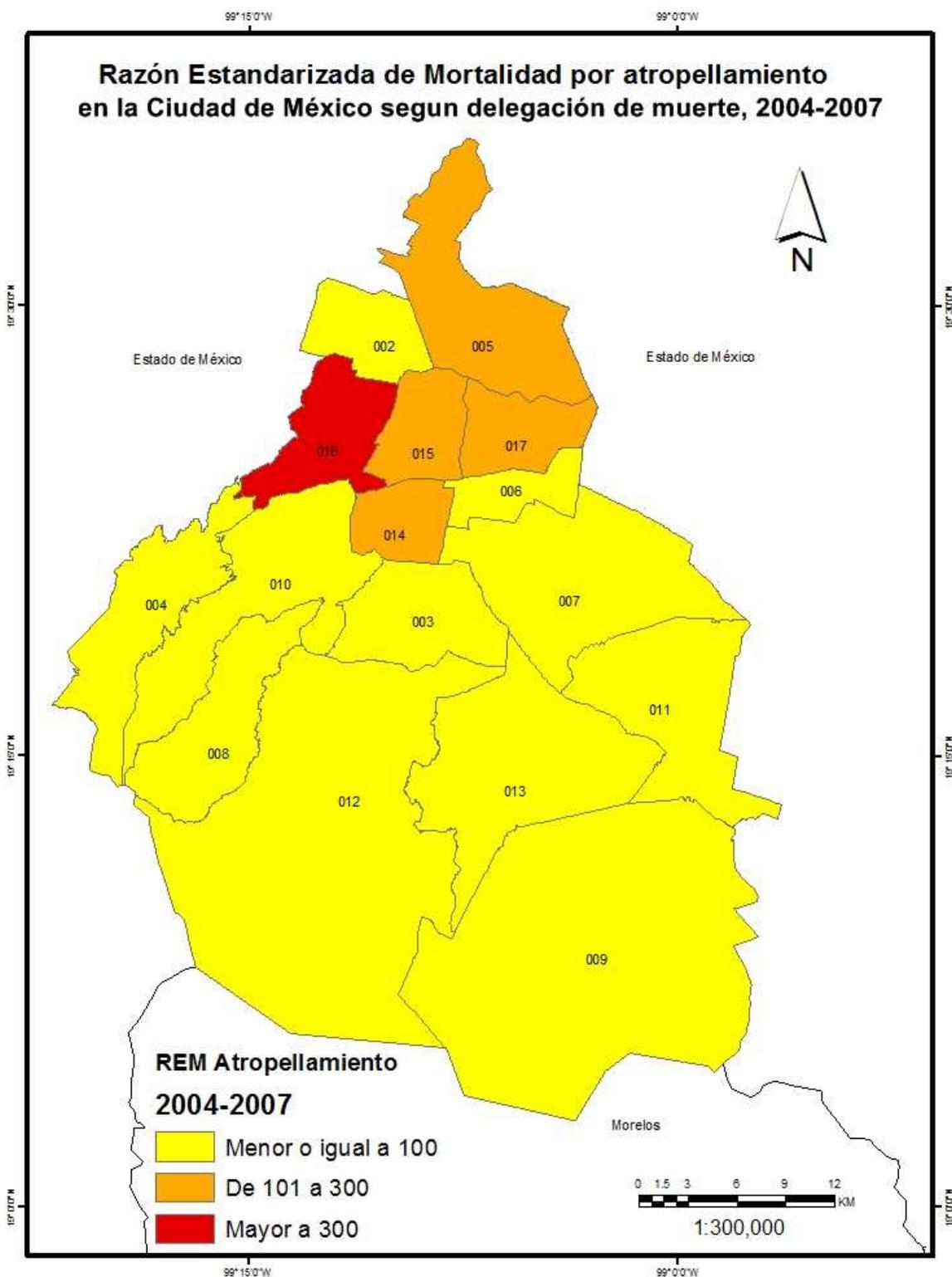
$$OR = e^{\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_{3.1} + \beta_4 x_{3.2} + \beta_5 x_{4.1} + \beta_6 x_{4.2} + \beta_7 x_5 + \beta_8 x_6 + \beta_9 x_7 + \beta_{10} x_8 + \beta_{11} x_9 + \beta_{12} x_{10} + E}$$

OR=Posibilidad de morir por atropellamiento según **Sexo** 0=Mujer, 1=Hombre. **X1**=Período.  
**X2**=Residencia. **X3.1**=Coh\_Nac2. **X3.2**=Coh\_Nac3. **X4.1**=Escola2. **X4.2**=Escola3.  
**X5(X2\*X3.1)**=ResNac2. **X6(X2\*X3.2)**=ResNac3. **X7(X3.2\*X4.1)**=Nac2\_escola2.  
**X8(X3.1\*X4.1)**=Nac2\_escola2. **X9(X3.1\*X4.2)**=Nac2\_escola3. **X10(X3.2\*X4.2)**=Nac3\_escola3

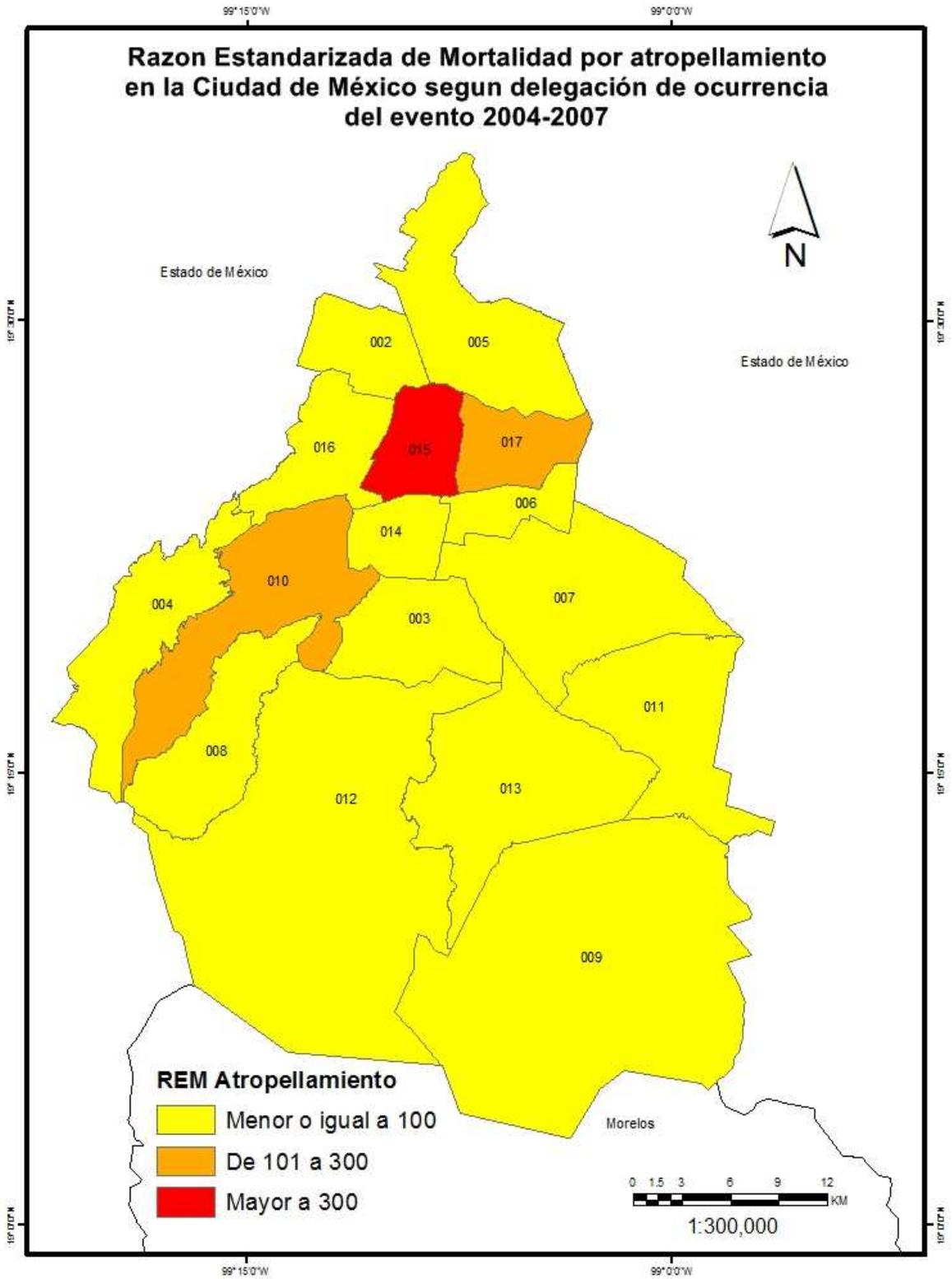
# Mapa 1



## Mapa 2



### Mapa 3



## Anexos

### Anexo 1. Razón Estandarizada de Mortalidad por atropellamiento según delegación de muerte

Delegación muerte	Período 1994-1997			Período 2004-2007		
	REM	LI	LS	REM	LI	LS
Azcapotzalco	43.2	34.0	52.4	41.3	30.7	52.0
Coyoacán	69.1	59.4	78.8	47.7	38.4	57.0
Cuajimalpa	66.9	46.2	87.6	65.5	43.2	87.9
Gustavo Madero	<b>133.1</b>	<b>123.4</b>	<b>142.8</b>	<b>134.9</b>	<b>123.5</b>	<b>146.3</b>
Iztacalco	50.7	40.4	61.1	51.6	39.2	63.9
Iztapalapa	71.8	65.7	77.9	66.0	59.2	72.7
Magdalena Contreras	18.4	9.7	27.2	14.9	6.1	23.7
Milpa Alta	33.8	14.7	52.9	29.1	10.1	48.1
Álvaro Obregón	49.3	41.2	57.3	57.3	47.5	67.1
Tláhuac	42.7	30.6	54.8	30.3	19.7	41.0
Tlalpan	43.9	35.6	52.3	52.8	42.8	62.9
Xochimilco	30.9	21.9	39.9	30.5	21.0	39.9
Benito Juárez	<b>190.2</b>	<b>168.8</b>	<b>211.5</b>	<b>272.7</b>	<b>242.1</b>	<b>303.3</b>
Cuauhtémoc	97.4	84.7	110.0	112.3	95.8	128.8
Miguel Hidalgo	<b>414.8</b>	<b>382.9</b>	<b>446.6</b>	<b>357.4</b>	<b>321.6</b>	<b>393.3</b>
Venustiano Carranza	<b>219.8</b>	<b>199.7</b>	<b>239.8</b>	<b>261.5</b>	<b>235.8</b>	<b>287.3</b>

\* En negrita se encuentra los REM más altos según delegación de muerte.

### Anexo 2. Razón Estandarizada de Mortalidad por atropellamiento según delegación de ocurrencia de lesión fatal 2004-2007

Delegación Ocurrencia	REM	LS	LI
Azcapotzalco	29.9	39.0	20.9
Coyoacán	9.8	14.0	5.6
Cuajimalpa	45.7	64.3	27.0
Gustavo Madero	83.0	91.9	74.0
Iztacalco	36.2	46.5	25.8
Iztapalapa	52.4	58.4	46.5
Magdalena Contreras	16.2	25.4	7.0
Milpa Alta	29.1	48.1	10.1
Álvaro Obregón	<b>193.3</b>	<b>211.3</b>	<b>175.3</b>
Tláhuac	37.2	49.0	25.4
Tlalpan	29.1	36.6	21.7
Xochimilco	34.3	44.3	24.3
Benito Juárez	19.7	27.9	11.4
Cuauhtémoc	<b>730.0</b>	<b>772.1</b>	<b>688.0</b>
Miguel Hidalgo	85.1	102.6	67.7
Venustiano Carranza	105.0	121.3	88.7

\* En negrita se encuentra los REM más altos por delegación según lugar de lesión fatal.

**Anexo 3. Comportamiento de la mortalidad por atropellamientos en la Ciudad de México por grupos etáreos y sexo, tasas estandarizadas por 100.000 habitantes. 1994-1997 y 2004-2007**

Hombres	1994	1995	1996	1997	Promedio	IC 95 %	2004	2005	2006	2007	Promedio	IC 95 %
0 a 4	0.27	0.30	0.33	0.22	0.28	0.15 0.48	0.23	0.10	0.10	0.21	0.16	0.06 0.34
5 a 9	0.42	0.45	0.38	0.36	0.40	0.24 0.64	0.23	0.10	0.16	0.19	0.17	0.07 0.37
10 a 14	0.48	0.67	0.42	0.53	0.52	0.34 0.80	0.41	0.25	0.07	0.13	0.22	0.10 0.42
15 a 24	2.95	2.79	2.77	2.72	2.81	2.35 3.35	2.10	1.79	1.60	1.61	1.78	1.39 2.23
25 a 34	2.92	3.03	2.62	2.23	2.70	2.23 3.25	1.89	2.35	2.00	1.80	2.01	1.60 2.50
35 a 49	3.25	3.38	3.55	3.45	3.41	2.85 4.05	2.26	2.54	2.29	1.95	2.26	1.86 2.74
50 a 64	2.99	3.01	3.15	3.02	3.04	2.51 3.65	1.62	1.76	1.53	1.64	1.64	1.30 2.03
65 a 74	1.67	2.32	1.65	1.35	1.75	1.36 2.23	1.33	1.17	1.08	1.23	1.20	0.91 1.55
75 y mas	2.18	2.00	1.85	2.00	2.01	1.58 2.53	1.56	1.44	1.46	1.14	1.40	1.09 1.75
Total	17.13	17.95	16.72	15.90	16.92	13.60 20.97	11.62	11.51	10.31	9.89	10.83	8.34 13.93

Mujeres	1994	1995	1996	1997	Promedio	IC 95 %	2004	2005	2006	2007	Promedio	IC 95 %
0 a 4	0.18	0.16	0.29	0.25	0.22	0.11 0.40	0.09	0.19	0.15	0.07	0.13	0.04 0.28
5 a 9	0.21	0.09	0.13	0.28	0.18	0.07 0.34	0.12	0.07	0.07	0.05	0.08	0.02 0.21
10 a 14	0.23	0.23	0.27	0.31	0.26	0.14 0.47	0.09	0.23	0.07	0.12	0.13	0.05 0.30
15 a 24	0.83	0.56	0.65	0.66	0.68	0.46 0.95	0.51	0.50	0.50	0.59	0.53	0.34 0.78
25 a 34	0.60	0.55	0.51	0.42	0.52	0.34 0.79	0.41	0.46	0.40	0.31	0.39	0.23 0.63
35 a 49	0.76	0.77	0.68	0.87	0.77	0.54 1.10	0.66	0.49	0.66	0.53	0.58	0.39 0.84
50 a 64	1.04	0.98	0.83	0.93	0.95	0.67 1.30	0.72	0.74	0.53	0.82	0.70	0.50 0.97
65 a 74	0.93	0.78	0.98	1.07	0.94	0.67 1.30	0.76	0.53	0.49	0.65	0.61	0.42 0.87
75 y mas	1.17	1.40	1.22	1.28	1.27	0.94 1.67	1.15	0.74	0.69	0.74	0.83	0.61 1.11
Total	5.95	5.51	5.56	6.08	5.77	3.93 8.30	4.41	3.94	3.57	3.87	3.95	2.59 5.99

Nota: se usó la población del Distrito Federal para el año 2000, como población estándar.

**Anexo 4. Comportamiento de la mortalidad por atropellamientos en la Ciudad de México por delegaciones, tasas estandarizadas por 100.000 habitantes. 1994-1997 y 2004-2007**

Delegación defunción	1994	1995	1996	1997	Per. 1 <sup>ψ</sup>	2004	2005	2006	2007	Per. 2 <sup>ψ</sup>
Azcapotzalco	0.25	0.18	0.28	0.25	0.24	0.16	0.17	0.16	0.17	0.17
Coyoacán	0.52	0.58	0.56	0.60	0.57	0.38	0.27	0.23	0.26	0.29
Cuajimalpa	0.05	0.15	0.14	0.14	0.12	0.08	0.15	0.07	0.05	0.09
Gustavo Madero	2.19	1.99	2.24	1.80	2.05	1.74	1.58	1.51	1.29	1.53
Iztacalco	0.20	0.20	0.25	0.38	0.26	0.21	0.14	0.13	0.30	0.19
Iztapalapa	1.59	1.71	1.22	1.62	1.54	1.20	1.01	0.96	0.96	1.03
Magdalena Contreras	0.04	0.10	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03
Milpa Alta	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
Álvaro Obregón	0.41	0.40	0.46	0.43	0.42	0.43	0.34	0.23	0.44	0.36
Tláhuac	0.11	0.13	0.19	0.18	0.15	0.06	0.07	0.11	0.07	0.08
Tlalpan	0.35	0.34	0.28	0.32	0.32	0.29	0.25	0.28	0.31	0.28
Xochimilco	0.12	0.09	0.11	0.24	0.14	0.09	0.12	0.06	0.13	0.10
Benito Juárez	0.94	0.94	0.66	0.84	0.85	0.59	1.05	1.08	0.83	0.89
Cuauhtémoc	0.62	0.71	0.61	0.56	0.62	0.62	0.54	0.44	0.50	0.53
Miguel Hidalgo	1.68	1.64	1.96	1.88	1.79	1.24	1.00	1.09	1.18	1.13
Venustiano Carranza	1.27	1.53	1.33	1.07	1.30	0.98	1.46	1.08	1.02	1.14
Total	10.4	10.7	10.3	10.4	10.4	8.1	8.20	7.5	7.6	7.9

• <sup>ψ</sup> Per. 1: Primer período (1994-1997). Per 2: Segundo período (2004-2007)

## Propuesta metodológica de una intervención multidisciplinaria para prevenir atropellamientos: el caso de Cuernavaca, Morelos.

### Resumen.

- **Objetivos:** Proponer una intervención para prevenir atropellamientos en Cuernavaca, México, a través de una aproximación multidisciplinaria.

**Metodología:** Para el desarrollo de la propuesta de intervención se han considerado dos fases, cada una con tres etapas. La primera etapa de la primera fase por un lado *caracteriza y compara la mortalidad por atropellamientos* entre Cuernavaca con el resto del estado de Morelos, usando registros de 1998 a 2007, y por otro lado, describe y *analiza los atropellamientos ocurridos entre 2008-2009*; la segunda *geo-referencia los atropellamientos* con base a los registros de 2008-2009; la tercera describe las técnicas usadas para *seleccionar y analizar los conglomerados (lugares donde se concentran los atropellamientos)*; mediante auditorías viales. La segunda fase orienta la propuesta de intervención; en la primera etapa se hace a una *revisión de la literatura* para seleccionar las “mejores evidencias”, que aporten a la intervención; la segunda describe las *técnicas de asignación aleatoria* por conglomerados y la tercera explora algunas *técnicas estadísticas* para evaluar los posibles efectos de la intervención.

- **Resultados.** Generamos evidencias, que al combinarse con los resultados de la búsqueda sistemática de la literatura orientarán la intervención. Entre 2008 y 2009, en Cuernavaca hubo 620 registros de atropellamientos, 59,4% fueron hombres; la edad promedio fue 36,3 años; 70% ocurrieron en horas del día, 55% tuvieron severidad leve sin diferencias por sexo ( $p>0.05$ ).

- **Conclusiones:** Una combinación de estrategias y disciplinas hace posible abordar integralmente un problema de salud pública, permitiendo que las intervenciones propuestas fortalezcan aspectos de la seguridad vial en peatones; es imprescindible fomentar medidas locales específicas, con modificaciones a la infraestructura vial, de bajo costo y alto impacto, que generen cambios en los comportamientos de los conductores, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los peatones.

- **Palabras clave:** Lesiones. Peatones. Intervenciones. Seguridad vial. Prevención. Lesiones. Conglomerados. México.

## **Abstract**

- **Objectives.** To propose an intervention to prevent pedestrians injuries in Cuernavaca, Mexico, through a multidisciplinary approach.

- **Methodology.** For the development of the proposed intervention is considered in two phases, with several stages each. The first stage of first phase one hand describes and compares the mortality by pedestrian injuries between Cuernavaca and the rest of Morelos state, using records of 1998 to 2007, and secondly describes and analyzes the pedestrian injuries occurred between 2008-2009; the second geocodes pedestrian injuries based on 2008-2009 records; the third describes the techniques used to select and to analyze the clusters (where events were concentrated) through road audits. The second phase focuses the proposed intervention; in the first stage is a review of the literature to select the "best evidence" that could contribute to the intervention, the second stage describes the techniques of clusters randomization, and the third explores selected statistical techniques to evaluate the possible effects of the intervention.

**Results.** We generated evidence, that when combined with the results from systematic search of the literature they will guide the intervention. Between 2008 and 2009, in Cuernavaca there were 620 pedestrian injury events, 59.4% were men, mean age was 36.3 years, 70% occurred during daylight hours, 55% had mild severity, and there weren't differences by sex ( $p>0.05$ ).

**Conclusions.** A combination of strategies and disciplines makes it possible to comprehensively address a problem of public health, allowing proposed interventions to strengthen aspects of pedestrian road safety; it is essential to promote specific local measures, of low cost and high impact, with modifications to the road infrastructure, which generate changes in the behavior of drivers, taking into account the pedestrians vulnerability.

- **Keywords:** Injuries. Pedestrians. Interventions. Road. Safety. Prevention. Clusters. México.

## **Introducción.**

Los atropellamientos, en algunas zonas del mundo representan hasta el 80% de las víctimas mortales de lesiones causadas por el tránsito (LCT).<sup>1</sup> Hay claras diferencias por continentes y regiones, la letalidad en peatones es mayor en países de bajos ingresos: de 35% hasta 80%, respecto a países de altos ingresos: de 10% a 15%.<sup>2</sup>

En países en desarrollo, los grupos más vulnerables son peatones, ciclistas y motociclistas. En Asia, motociclistas y peatones presentan las tasas más altas de LCT;<sup>3-5</sup> en África, peatones y pasajeros de medios masivos de transporte son los más afectados;<sup>6,7</sup> para América Latina, los peatones, en áreas urbanas son los más severamente lesionados.<sup>8-10</sup>

En países de ingresos bajos y medianos, los peatones afectados por LCT son, por lo general hombres en edad productiva, entre 20 a 45 años, jefes de hogar, cuya ausencia genera gran impacto en la economía de sus hogares.<sup>11</sup> Otros grupos vulnerables son ancianos y menores de edad; entre estos últimos los traumatismos son mayormente en niños que en niñas; además, las tasas de traumatismos son mayores en niños de familias pobres.<sup>1</sup> Aún en países de ingresos altos, los niños lesionados pertenecen a familias pobres y de minorías étnicas quienes son los que presentan las tasas más altas de lesiones no intencionales.<sup>12-14</sup>

También en países en desarrollo, los atropellamientos ocurren principalmente en vías públicas, en zonas urbanas, donde existe una 'mezcla' de usuarios: peatones lentos y vulnerables, comerciantes ambulantes y ciclistas, quienes comparten y luchan por espacios en condiciones desiguales frente a vehículos motorizados veloces. La no separación de espacios son comunes entre estos usuarios, generando la posibilidad de sufrir LCT.<sup>7,15-17</sup>

Entre las LCT, los atropellamientos generan mayor letalidad, severidad y discapacidad.<sup>18,19</sup> Los sobrevivientes a un atropellamiento, en comparación con otros involucrados, presentan problemas médicos persistentes, que requieren mayor asistencia respecto a otros usuarios involucrados en LCT.<sup>20</sup> Los costos de atención a la salud prolongada, la pérdida de los jefes de familia, los gastos del funeral y la pérdida de ingresos debido a la discapacidad, pueden sumir a la familia en la pobreza.<sup>21,22</sup>

En la República Mexicana durante 2006 y 2007<sup>23,24</sup> hubo 53.846 y 55.025 muertes por lesiones de causa externa, respectivamente. En 2006, el 32,4% (17.452) fueron por LCT, y de estas muertes, 30,9% (5.401) fueron producto de atropellamientos, con una tasa nacional de 5.1/100.000 habitantes (habs); en 2007 hubo 15.806 muertes por LCT, de las cuales 31,0% fueron por atropellamientos, con una tasa nacional de 4.7/100.000 habs. En el estado de Morelos, los atropellamientos, dentro de las causas de muerte por LCT, tuvieron una proporción de 23.9% y 28.9% (2006/2007), debajo del promedio nacional; no obstante, Cuernavaca tuvo una tasa de mortalidad de 8.5/100.000 habs para 2006.<sup>23</sup>

La distribución de eventos y enfermedades mediante análisis geográfico y su asociación con algunas condiciones ambientales, identificadas como riesgosas, ha sido frecuentemente utilizado en investigación en salud pública.<sup>25-29</sup> En México, cada vez se cuenta con más experiencia en el uso de sistemas de información geográfica (SIG) para mejorar el estudio de los atropellamientos.<sup>30-32</sup> Lo anterior ha conllevado a usar el análisis de la variable espacial como herramienta en el diseño e implementación de medidas para prevenir y controlar este problema de salud pública.

La presente investigación tiene como objetivo proponer una intervención para prevenir atropellamientos en la ciudad de Cuernavaca empleando herramientas multidisciplinarias usadas en salud pública, las cuales serán descritas en materiales y métodos; además, caracterizar la ocurrencia de LCT en la modalidad de atropellamientos utilizando factores sociales según las Áreas Geo-estadísticas Básicas (AGEB) existentes en Cuernavaca.

## **Materiales y métodos.**

Tomando como ejemplo la ciudad de Cuernavaca se propone una intervención que considera **dos fases**, cada una con varias etapas. La primera fase la hemos llamado diagnóstico y caracterización basal, dividida en tres etapas y la segunda fase, también con tres etapas, se ha denominado propuesta de intervención. A continuación se desglosan

### **Fase 1. Diagnóstico y caracterización basal**

#### **1<sup>ra</sup> etapa: Tiene dos componentes, análisis de mortalidad y de atropellados.**

##### **A. Caracterización y comparación de mortalidad entre Cuernavaca y resto de Morelos.**

Caracteriza y compara las muertes por atropellamiento entre Cuernavaca y los 32 municipios restantes del estado de Morelos, registradas en los certificados de

defunción oficiales y disponibles a través el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI)<sup>23</sup> ocurridas entre 1998 y 2007. Como causa básica de muerte se seleccionaron y analizaron aquellos registros que de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE 10):<sup>33</sup> tenían los códigos V03, V04 y V09, con sus extensiones de cuatro dígitos (por ejemplo V031, V041, V099, entre otros), correspondientes a muertes en peatones caídas por el tráfico. Se analizaron las siguientes variables: edad (en años cumplidos), sexo (masculino/femenino), estado civil (casado, soltero, viudo y unión libre), escolaridad (sin escolaridad, primaria, secundaria, bachillerato y profesional), ocupación (se reagrupó en siete categorías: operario, agricultor, técnico-profesional, comerciante/vendedor ambulante, oficios domésticos/vigilantes, cesante y otros), derecho habiencia (presencia o no de IMSS, ISSSTE u otro), antecedentes de asistencia médica (sí o no), tamaño de la localidad de ocurrencia del evento (menor a 20.000 habitantes, de 20.000 a 100.000 y mayor a 100.000 habitantes), sitio y hora de ocurrencia de la muerte. Para variables continuas se obtuvieron promedio y para variables categóricas porcentajes, comparando la presencia de diferencias estadísticamente significativas, con las pruebas t de student o chi cuadrado, respectivamente, según la zona de muerte dentro del estado: Cuernavaca vs resto de Morelos (se obtuvieron intervalos de confianza al 95%: IC 95%).

Se realizó la estandarización de tasas municipales por medio de la razón estandarizada de mortalidad (REM)<sup>34</sup> con IC 95%; para estimar el número de muertes esperadas (ME) se procedió de la siguiente forma  $ME = (\sum^{31} \text{población por municipio}) * (\sum \text{Muertes observadas}) / \sum \text{población de todo el estado}$ , y la  $REM = (\text{Numero de MO}^{32} / \text{Numero de ME}) * 100$ . De esta forma se ajustó por el tamaño de cada municipio durante el período analizado. La población se obtuvo de las proyecciones poblacionales del Consejo Nacional de Población (Conapo).<sup>35</sup> Las tasas se expresaron por 100.000 habitantes.

**B. Análisis de registros de atropellados.** Se analizó la información basal empleando todos los registros de atención pre-hospitalarios generados por la Cruz Roja, los Bomberos y el Escuadrón de Rescate de Urgencias y Emergencias, ocurridos en el municipio de Cuernavaca entre 2008 y 2009; se obtuvo información a nivel individual: edad (en años), sexo (masculino, femenino), lugar de ocurrencia (municipio, colonia, vialidad), severidad (leve, moderado, severo y muerto) y tiempo de ocurrencia del

---

<sup>31</sup> Corresponde a la sumatoria de población. <sup>32</sup> Muertes observadas

evento (hora, día, mes, año). De estas variables, se obtuvieron promedios (variables continuas), porcentajes (variables categóricas), y se determinó la presencia de diferencias estadísticamente significativas por sexo ( $\alpha=0,05$ ). Además, se recuperó información del contexto social por AGEB:<sup>36</sup> presencia o ausencia de escuelas, comercios/mercados, unidades médicas, áreas deportivas/recreativas, e índices de marginación (los cuales son un indicador resumen de algunas características sociales como proporción de alcantarillado, drenaje, presencia de pisos de tierras, entre otros); estas variables se usaron para caracterizar los atropellamientos, según zonas de ocurrencia.

Para estimar el riesgo de ocurrencia de atropellamientos por AGEB, se realizó un análisis con modelos de datos de conteo, según las opciones planteadas en el diagrama 1.<sup>37-40</sup> La variable dependiente fue el número de atropellamientos por AGEB en el período de estudio, las variables independientes correspondieron a las características poblacionales escogidas por AGEB (escuelas, comercios/mercados, unidades médicas, índices de marginación y población). Para identificar si los modelos cero inflados (ZI), tanto Binomial Negativo (BN) como Poisson (P), eran mejor que los modelos ordinarios, se empleó el test de vuong. Los modelos finales se compararon por intermedio del criterio de Akaike (AIC), teniendo en cuenta que éste evalúa tanto el ajuste del modelo a los datos, como la complejidad del mismo. Cuanto más pequeño es el AIC, mejor es el ajuste. Se ha estimado como una herramienta muy útil para comparar modelos similares con distintos grados de complejidad o modelos iguales (mismas variables), pero con funciones de vínculo distintas. También se empleó el parámetro alfa para evaluar la sobre dispersión de los datos.<sup>41</sup>

**2<sup>da</sup> etapa:** *Geo-referenciación de atropellados en Cuernavaca.* Para esta etapa, se emplearon los registros de atropellamientos ocurridos en Cuernavaca, previamente mencionados. Para identificar los sitios donde ocurrieron los atropellamientos, se procedió a geo-referenciarlos de forma manual; la información fue procesada utilizando ArcGis,<sup>42</sup> programa diseñado para analizar información espacial. Cuando no se dispuso de información suficiente del lugar exacto de ocurrencia de la lesión (ausencia del número de la calle o el nombre de cruce de las calles), se siguió una metodología previamente usada,<sup>30</sup> procediendo de la siguiente forma: a) en los casos donde sólo se tenía una calle y colonia, el evento se ubicó sobre la calle, al centro de la colonia;<sup>33</sup> b) cuando los registros de los cruces de calles no concordaban, se ubicó

---

<sup>33</sup> A esta técnica se le denomina centroide.

al menos una de las calles, adjudicándose el caso al centro de la colonia coincidente, c) en los casos donde sólo se registró la colonia, o se tenía dudas de la calle con respecto a la colonia se eliminó el caso. Una vez se obtuvo la distribución de estos eventos, y para observar las dimensiones del problema, se procedió a generar mapas en dos niveles 1) *nivel colonia*, a partir de la distribución de los registros se agregó por colonias y por Áreas Geo-estadísticas Básicas (AGEB)<sup>36</sup>, 2) *nivel calles*.

**3<sup>ra</sup> etapa:** *Selección y caracterización de conglomerados.* Con los mapas se procedió a realizar trazos de 100 y 200 metros de diámetro para detectar las intersecciones donde se concentraba el mayor número de lesionados, y con base en éstos, generar conglomerados o “puntos negros”.<sup>43</sup> Para seleccionar los conglomerados, se escogieron seis que cumplieron, en la medida de lo posible, los siguientes criterios de inclusión: con tres o más eventos por año, ubicados dentro de la zona urbana de la ciudad, con usos de suelos similares (comercial, habitacional, mixto, entre otros), dentro de vialidades principales, con afluencia peatonal y vehicular similar, y acordadas con las autoridades de tránsito del municipio de Cuernavaca. No se seleccionaron más por aspectos logísticos y administrativos.

Los conglomerados seleccionados al interior de la ciudad, se caracterizaron y analizaron por medio de procesos, usados en ingeniería de tránsito, denominados auditorías viales,<sup>44</sup> éstas fueron realizadas por profesionales en ingeniería del transporte, en visitas de campo, e incluyeron observación acerca de las condiciones ambientales en la cual estaban ocurriendo las lesiones, con el ánimo de identificar los riesgos a los que estaban expuestos los peatones, y, a su vez valorar, con el apoyo de estos expertos, las posibles medidas e intervenciones, que mejor se ajusten a cada uno de los contextos evaluados.

A cada sector seleccionado se le hizo una descripción y diagramación vial, soportada en fotos satelitales, asignándole medidas de latitud, longitud y ubicación dentro de las vialidades del municipio de Cuernavaca; se obtuvieron aforos (flujos) vehiculares, con el análisis de los patrones de movimientos en cada sitio, al igual que los tiempos semafóricos y su análisis de pertinencia; también se obtuvieron flujos peatonales, con descripción de los diferentes movimientos que realizaban estos usuarios. Se realizó una evaluación exhaustiva, de las posibles causas, por las que ocurrían las LCT en peatones; cada zona de estudio fue dividida en aceras, en las cuales se analizaron las condiciones físicas de los espacios designados para los peatones; también se evaluó el estado de la señalización de tránsito a nivel de la vía y en sus costados. Con cada

medición, observación y archivos fotográficos se identificaron posibles situaciones que disminuían la seguridad vial del sector.

## **Fase 2. Propuesta de intervención para reducir atropellamientos en Cuernavaca**

**1<sup>ra</sup> etapa:** *Búsqueda sistemática de la literatura.* Se realizó una *búsqueda sistemática* de la literatura para determinar las “mejores prácticas” o mejores evidencias que aportaran al diseño de una intervención orientada a reducir el riesgo de lesiones por atropellamiento en peatones; lo anterior, generó una revisión sistemática publicada en revista indexada.<sup>45</sup> Este procedimiento implicó acceder a varias bases de datos: Medline, Bireme, Lilacs y Scielo, utilizando como palabras claves "pedestrian injuries", "pedestrian fatality", "pedestrian vehicle crashes", "prevention accidents traffic" y "road safety", con información publicada entre 1999 y 2009, principalmente. Además, aunque en menor medida, se dispuso de información estratégica, de autores claves en el área de prevención de lesiones a peatones. La propuesta de intervención se describe en los resultados.

**2<sup>da</sup> etapa:** *técnicas de asignación aleatoria de grupos.* Se propone realizar una intervención bajo *un diseño prospectivo con sitio de comparación*, similar a un ensayo comunitario.<sup>46-48</sup> Se sugiere emplear varias estrategias que incluyan pareamiento y selección aleatoria para intentar garantizar la comparabilidad (e intercambiabilidad) entre los sectores de intervención y comparación (o grupo control de observación). El pareamiento se realizaría de *acuerdo con la distribución del uso de suelos*, número de movimientos viales, flujos peatonales y flujos vehiculares, que permitan que estas características queden igualmente distribuidas entre los sectores de intervención vs comparación. La asignación de la intervención sería aleatoria optimizada,<sup>49,50</sup> a partir de alguna de las combinaciones obtenidas de la fórmula  $\frac{(n!)}{(n-m)! \cdot (m!)}$ ,<sup>51</sup> donde *n* es igual a 6 (conglomerados seleccionados) y *m* es igual a 3 (dos grupos, de tres conglomerados o zonas seleccionadas).

Para la presente investigación, al determinar el tamaño de la muestra, debe abordarse como un ensayo por conglomerados, tomando en cuenta el efecto de diseño (DEFF) y las mediciones repetidas que se harán. Se consideran como conglomerados a las intersecciones y como unidades a las mediciones repetidas en el tiempo. Si se asume un DEFF de 1.5, la ocurrencia de, aproximadamente, 16 lesiones por atropellamiento anualmente en los sitios de intervención, una reducción cercana a 80% de estos eventos (reducción de 16 a 3 atropellamientos), y al menos tres mediciones repetidas en el tiempo, se requerirían entre tres y cuatro conglomerados de intervención, e igual

número de sitios de comparación, para lograr una potencia mínima de 80%, con un nivel de confianza de 95%.<sup>Y</sup> Si no se logra esa reducción, es probable que no se encuentre una diferencia estadísticamente significativa; aunque, es posible incrementar la potencia a través de dos formas: en el diseño, planeando analizar más intersecciones, o más mediciones repetidas en el tiempo, y en el análisis, si al ajustar por las covariables medidas, éstas disminuyen la varianza del error.<sup>52-54</sup> Si el impacto fuera mayor, es decir hubiera mayor reducción en el volumen de lesionados, un tamaño de muestra de tres intersecciones, por cada grupo, sería apropiado para lograr una potencia de 80%, con un nivel de confianza de 95%. Figura 1.

**3<sup>ra</sup> etapa:** *técnicas estadísticas para evaluar resultados de la intervención.* Para identificar el efecto de la intervención se propone el uso de un modelo de efectos mixtos (multinivel) para datos de conteo,<sup>37-40</sup> donde la función lineal sería:

$$Y_{it} = \beta_o + \beta_{oi} + \beta Y_{it-1} + \beta_1 T x_i + \beta_2 X_{1i} + \beta_3 X_{2i} + \beta_4 X_{3i} + \beta_5 t + \varepsilon_i$$

donde

- $Y_{it}$  : Número de eventos por atropellamiento en la intersección  $i$  en el momento  $t$  (e.g. luego de la intervención durante 3 meses), o una transformación adecuada para acercarse a la normalidad y homogeneidad de varianzas.
- $\beta_{oi}$  : intercepto aleatorio para el efecto de la  $i$ -ésima intersección.
- $\beta Y_{it-1}$  : Número de eventos por atropellamiento en la intersección  $i$  en el momento  $t-1$  (e.g. el trimestre previo).
- $T x_i$  : Indicador de presencia de intervención con modificación al medio ambiente en la intersección  $i$ .
- $X_{1i}$  : Flujo peatonal en la intersección  $i$ .
- $X_{2i}$  : Flujo vehicular en la intersección  $i$ .
- $X_{3i}$  : Puentes peatonales en la intersección  $i$ .
- $t$  : Tiempo, ajuste por tendencias temporales.
- $\varepsilon_i$  : *Correspondiente* al error o residuo del modelo.

La medición sería trimestral (por un año); la variable dependiente corresponde al número de eventos que ocurran trimestralmente (con período previo de un año) en cada uno de los conglomerados (intervenidos y no intervenidos); se ajustará con información recolectada a nivel basal y durante el seguimiento en las zonas de estudio, incluyendo posibles covariables que pueden comportarse como confusores e

---

<sup>Y</sup> Equivaldría a realizar entre 9 a 12 observaciones, tanto en el sitio de intervención como en el de comparación.

incidan en la ocurrencia del evento.<sup>55-57</sup> Para controlar el comportamiento de los atropellamientos por alguna tendencia temporal, sobre el período de estudio, se incluye la variable ( $t$ ), usando modelos que permitan manejar esta característica, de forma similar a como se ha hecho en otros estudios.<sup>58,59</sup>

**Aspectos éticos:** el presente trabajo recibió la aprobación de los Comités de Ética e Investigación, del Instituto Nacional de Salud Pública de México dentro del proyecto “Ambiente Seguro: intervenciones para la prevención de atropellamientos en la ciudad de Cuernavaca”

## Resultados

### Fase 1. Diagnóstico y caracterización basal

#### *1<sup>a</sup> etapa*

#### *A. Caracterización y comparación de mortalidad entre Cuernavaca y resto de Morelos.*

Entre 1998 y 2007 hubo 701 muertes por atropellamiento en el estado de Morelos, para una tasa promedio de 4.1/100.000 habitantes (habs), mientras que en la ciudad de Cuernavaca fue de 9.5/100.000 habs; tres veces más alta en hombres que en mujeres. La **edad promedio** de los muertos por atropellamiento fue 48.5 años para aquellos que fallecieron en Cuernavaca y 42.6 años para quienes murieron en otra parte del estado de Morelos, ( $p < 0,01$ ). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tipo de ocupación, seguridad social, atención médica y tamaño de las localidades, entre quienes residían en Cuernavaca con respecto al resto del estado de Morelos ( $p < 0.05$ ). Cuadro 1.

El riesgo de muertes, a nivel municipal, según la REM, se clasificó en bajo (de 0 a 65,1), Medio (>65,1 a 153,0) y Alto (> 153,0); estos resultados se mapearon por municipio: Mapa 1. Los municipios con REM más altos fueron Cuernavaca con 215 (IC 95%: 192-239), Tetecala con 199 (IC 95%: 105-295) y Yautepec con 154 (IC 95%: 114-194). También hubo municipios como Cuautla, Jantetelco, Atlatlahuacan y Tepoztlán con REM arriba de 100, no obstante, los IC 95% sobrepasaron la media de 100. Aunque en Cuernavaca el comportamiento de las tasas de mortalidad ha sido hacia el descenso, en 2002 fueron de 10.8/100.000 habs y en 2006 de 8.5/100.000 habs.

#### *B. Análisis de registros de atropellados.*

- *Información descriptiva:* En la zona urbana del municipio de Cuernavaca durante

2008 y 2009, hubo 620 lesionados por atropellamiento. De los lesionados, 38,4% fueron mujeres, 59,4% hombres y de 2,2% no tuvieron reporte de sexo. La edad promedio fue 36.3 años, con rango entre 2 y 96 años de edad; aunque fue más alta en mujeres (38.3 años) que en hombres (34.9 años), no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ). Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas por trimestre, hora del día, año de ocurrencia, ni severidad, ( $p>0,05$ ), (Cuadro 2).

Se pudo geo-referenciar 565 (91,1%) lesionados; éstos se distribuyeron dentro de 84 AGEB (de 120) al interior de la ciudad de Cuernavaca, es decir, en 30% de las AGEB no se reportaron LCT tipo atropellamiento (Diagrama 2). Por lo anterior, los datos de lesionados, son exclusivos de las AGEBs donde éstos ocurrieron: el porcentaje promedio de masculinidad fue 62,9%; el promedio de edad fue 34.7 años, con rango de 3 a 85 años (hubo registros para 83 de 84 AGEBs). Los lesionados se concentraron en AGEBs con índices de marginación bajo (72.2%) y muy bajo (10,4%); es decir, aproximadamente cuatro de cinco lesionados por atropellamiento ocurrieron en zonas de altos ingresos. (Cuadro 3)

- *Análisis múltiple de datos basales*: para caracterizar el riesgo de ocurrencia de lesiones por atropellamiento se emplearon diferentes modelos de datos de conteo. El modelo de Poisson, para esta distribución no es adecuado por dos motivos: primero, no cumple el supuesto de equidispersión, la media y la varianza son muy diferentes (media de 4.7 y varianza de 36); segundo, existe un número excesivo de ceros. Al aplicar la fórmula  $n/e^{4.7}$ , se esperarían dos ceros para la presente distribución,<sup>38</sup> no obstante, 30% de las AGEBs no tuvo eventos.

Lo anterior obligó a pensar en modelos cero inflado (ZI) vs truncado (ZT), ya sea Poisson (P) o Binomial Negativa (BN). Para esto, a través del test de vuong,<sup>37,40</sup> se demostró que los modelos cero inflados, tanto Binomial negativos, como Poisson, eran mejores que los modelos ordinarios ( $p<0,05$ ). Entre las AGEB con y sin lesionados, se encontró que no hubo diferencias de acuerdo con la presencia de centros comerciales e instalaciones deportivas ( $p>0,05$ ), pero sí hubo diferencias en cuanto a presencia de unidades médicas y escuelas ( $p<0,05$ ). Al final se realizaron cuatro modelos de regresión de datos de conteo: ZI y ZT, con las extensiones Poisson y BN. Cuadro 4.

Precisamente en el Cuadro 4, se observan los IRR (Indicadores de Riesgo Relativo), junto con los IC 95% y los errores estándar robustos obtenidos con los modelos de

regresión de datos de conteo aplicados. Se observa que el riesgo de sufrir lesiones por atropellamiento descende en la medida en que se incrementa el Índice de Marginación (IM), por tanto las AGEB con IM altos y muy altos (de bajos ingresos) parecen tener menos riesgo de lesiones por atropellamiento; el riesgo de lesiones por atropellamiento se concentra principalmente en zonas con niveles de marginación bajo y muy bajo correspondiente a sectores de ingresos altos y muy altos al interior de la ciudad de Cuernavaca.

De la misma forma, existe asociación estadísticamente significativa, evidente en todos los modelos, entre la presencia de escuelas y el riesgo de atropellamientos por AGEB, ya que la probabilidad de ocurrencia de lesiones por atropellamiento es al menos dos veces más alta en las AGEB con presencia de escuelas respecto a las que no las tienen ( $p < 0,05$ ); solamente en el último modelo (ZTBN) se encontró asociación significativa entre la presencia de centros comerciales y lesiones por atropellamiento; no hubo asociación entre la presencia de unidades médicas y lesiones por atropellamiento. Cuadro 4.

#### *2<sup>da</sup> etapa: Geo-referenciación de atropellados en Cuernavaca:*

De los 620 registros de lesionados por atropellamiento correspondientes a la zona urbana del municipio de Cuernavaca (excluyendo los eventos generados por motos, ocurridos en zonas de autopista o en carreteras federales alejados de zonas urbanas), se pudo georreferenciar el 91,2% de éstos, con los cuales se detectaron los siguientes patrones de distribución de lesionados: cerca del 25% ocurren a lo largo de las principales avenidas, 10% ocurren sobre calles secundarias con flujo intermedio-moderado, 20% ocurrieron en zonas contiguas (por ejemplo, los que se presentaron en el centro de la ciudad), sin patrones especiales entre calles, y el grupo restante ocurrió de forma dispersa a lo largo y ancho de la ciudad. Cuernavaca tiene más de 2.000 intersecciones, de las cuales, entre 7,5%-10% tienen uno o más atropellamientos por año (150 a 200), y de éstas, al menos 15 tienen tres o más lesionados por estos eventos.

#### *3<sup>a</sup> etapa: Selección y análisis de conglomerados.*

La georreferenciación y sus productos (los mapas) sirvieron de base para seleccionar las zonas que generaron los conglomerados; para esto se tuvo en cuenta, los criterios de selección comentados en la metodología. Los conglomerados seleccionados se ubicaron principalmente sobre las vías *Plan de Ayala* y *José María Morelos Sur*, las cuales se encuentran en la zona sur de la ciudad. No obstante, los sitios definitivos

donde se realizará la intervención propuesta dependerán de la dinámica de los hallazgos y concertaciones finales con las autoridades. Mapas 2 a 4.

Posterior a la selección de los conglomerados se planearon y ejecutaron las auditorías viales;<sup>39</sup> los sitios seleccionados se estudiaron con fotos satelitales y se visitaron en al menos dos ocasiones previo a la implementación de éstas. Tres grupos de técnicos con tres integrantes con conocimientos viales, liderados por una profesional en Ingeniería del transporte visitaron los sectores seleccionados y realizaron las auditorías viales a finales del mes de marzo de 2010.

Se observaron seis sitios, al interior de la ciudad, en el cual hubo más de tres atropellados por año; estos lesionados, representaron cerca del 10% de los atropellados registrado entre 2008 y 2009 para la ciudad de Cuernavaca. De los seis sitios observados, hubo dos glorietas, las cuales concentraron cerca del 50% de las lesiones observadas; en cuatro de los seis sitios hubo presencia de semáforos peatonales, y en tres de éstos, se estimó que el tiempo de los ciclos semafóricos era insuficiente para el paso seguro de los peatones. En todos los sitios, sin excepción se encontraron obstáculos que disminuían el libre tránsito de los peatones, por las aceras, (postes de luz, casetas de teléfonos, publicidad, arboles sin mantenimiento, entre otros). De la misma forma, en todos los sitios hubo limitaciones en cuanto a los señalamientos sobre y al costado de la vía, se encontraban desgastados o de plano no existían. En dos sitios se encontró presencia de puentes peatonales, los cuales estaban subutilizados, debido a que las personas prefieren pasar por debajo, además, se observó deterioro físico, falta de mantenimiento y desaseo. En al menos dos sitios no se encontró presencia de alumbrado público.

También se observó falta de regulación y no respeto en la velocidad de los autos en cada uno de los sectores analizados. El análisis integral de los resultados de las auditorías viales, permitió generar propuestas de intervenciones específicas para cada sector, las cuales se combinarán con los hallazgos de la revisión sistemática para socializar, discutir y consensar con las autoridades de tránsito municipales. Los resultados completos de estas auditorías viales se encuentran disponibles en otro informe.

## **Fase 2. Propuesta de intervención para reducir atropellamientos en Cuernavaca**

*1<sup>ra</sup> etapa: Búsqueda sistemática de la literatura.*

Producto de la *búsqueda sistemática* de la literatura, se encontraron estrategias de

prevención primaria para mejorar la seguridad vial por medio de acciones encaminadas a disminuir el riesgo de ocurrencia de lesiones o muertes en peatones, involucrando tres niveles de intervención.<sup>1,60-69</sup>

- *Nivel humano*, orientadas a mejorar actitudes y comportamientos por parte de peatones y conductores.<sup>63,64</sup>

- *Nivel del vehículo* (vector) orientadas a mejorar condiciones mecánicas y de seguridad como luces, frenos, maniobrabilidad, gestión de velocidad, entre otros.<sup>65-66</sup>

- *Nivel medio-ambiental* se han diseñado e implementado acciones encaminadas a modificar estructuras viales o carreteras para controlar la velocidad de los autos, separar exposición entre vehículos y peatones, y mejorar la visibilidad del peatón.<sup>67-69</sup>

*Dentro de las medidas, encaminadas a reducir la velocidad de los autos se encuentran la presencia de reductores de velocidad, vialetas, estrechamientos, glorietas, chicanas y múltiples señalizadores sobre la vía o en sus costados.<sup>6,67-75</sup> En el grupo de medidas orientadas a separar exposición entre vehículos y peatones por espacio y tiempo incluye puentes peatonales, barreras, vallas, aceras, isletas de refugio para proteger peatones, instalación de semáforos peatonales en intersecciones de riesgo, entre otros.<sup>69,76</sup> Respecto al grupo de medidas orientadas a mejorar la visibilidad del peatón se encuentran pasos a nivel demarcados y con señalización luminosa; reajustes y rediseños de parqueaderos y paradas de buses, entre otras.<sup>69,77-79</sup> En el anexo se encuentran los principales hallazgos de los artículos en los que se basó la revisión sistemática.*

Zegger y colaboradores,<sup>80</sup> han encontrado que demarcaciones exclusivas (sin otras guías de señalización) sobre vialidades con múltiples cruces y flujos vehiculares superiores a 12.000 por día, se asociaron a tasas altas de lesiones por atropellamiento, después de ajustar por otros factores de riesgo locales, comparado con zonas no marcadas. Las alternativas de solución dadas fueron: mejorar las condiciones ambientales del cruce marcado, incrementar la señalización al costado y en la parte superior de la vía, implementar semáforos peatonales, pasos a nivel, estrechar la vía en la zona de cruce, mejorar la visibilidad del peatón en horas de noche mediante alumbrado, entre otras. En los diferentes estudios encontrados en Europa y en Estados Unidos (EUA), donde se han implementado estas estrategias, se ha demostrado reducción entre 25% a 75% en lesiones y muertes secundarias a atropellamientos.

La intervención propuesta consistirá en un *grupo de modificaciones a la infraestructura vial para disminuir la velocidad de los autos como reductores de velocidad, múltiples señalizadores al costado de la vía; separación de exposición entre vehículos y peatones como isletas de refugio, semáforos cara a peatón, y medidas que mejoren la visibilidad del peatón como pasos a nivel demarcados, incremento de señalización luminosa, rediseño de paradas de transporte público, entre otras, las cuales se adaptarán de acuerdo a cada lugar.* La intervención se implementará y evaluará en algunos de los conglomerados analizados, y se comparará con conglomerados control. En los conglomerados de comparación, se espera que no existan modificaciones a la estructura vial, para evitar procesos de contaminación. Figuras 2 y 3.

*2<sup>da</sup> etapa: Técnicas de asignación aleatoria de grupos:*

Se seleccionaron seis conglomerados basales, previo a la implementación de la intervención (tres para intervención y tres para comparación). Empleando la fórmula  $\frac{(n!)}{(n!-m!)*(m!)}$ ,<sup>51</sup> donde **n** es igual a 6 y **m** es igual a 3, se conforman 20 posibles combinaciones para asignar los conglomerados de intervención y comparación. De las 20 combinaciones, doce se restringirán (teniendo en cuenta básicamente el uso de suelos y el número de movimientos vehiculares arrojados por las auditorías viales), para intentar garantizar que las características empleadas queden distribuidas en grupos diferentes; una vez se eliminen las combinaciones “no aceptables”, se escogerá aleatoriamente una dentro de las combinaciones pareadas consideradas aceptables. A este proceso se le denomina asignación aleatoria optimizada.<sup>49</sup> Los posibles sectores a asignar corresponden a los que están en el Cuadro 5.

En el cuadro 6, se observan las combinaciones para los conglomerados de intervención y comparación; en la columna de la derecha están los motivos de no aceptación. Por ejemplo, los sectores 1 y 2 no pueden ser asignados a la misma intervención porque tienen uso de suelos similares, además, número de movimientos vehiculares semejante; con los sectores 3 y 4, y 5 y 6 pasa algo parecido, deben distribuirse en grupos diferentes. Al final quedan ocho combinaciones “aceptables”, de las cuales, una se escogerá aleatoriamente.

## **Discusión.**

En el municipio de Cuernavaca no existe un sistema de vigilancia epidemiológica encargada del registro, captura, procesamiento, análisis y difusión periódica de las LCT. Producto de esta deficiencia se planearon y ejecutaron acciones con el objeto de reconstruir la información de los atropellamientos ocurridos en los últimos años,

encontrándose que hay problemas relacionados con la calidad en los registros recolectados. Por ejemplo, en el 6% de éstos se encontró ausencia del dato de la colonia donde ocurrió el atropellamiento, ausencia de la vialidad primaria y/o secundaria, falta de concordancia entre vialidad con colonia, mezcla de información urbana y rural, presencia de apartados anecdóticos y en general ausencia de estandarización en el registro de esta información. Epidemiológicamente, lo anterior se puede traducir en errores de medición, debido a que la falta de exactitud del registro, del lugar apropiado de ocurrencia del evento, puede alterar los resultados de análisis y las conclusiones que se obtengan.<sup>81,82</sup>

Las REM altas en el municipio de Cuernavaca entre 1998 y 2007, más el comportamiento de las tasas de mortalidad por 100.000 habitantes (han sido tan altas como las ocurridas en la ciudad de México<sup>83</sup> en los últimos años), evidencia que los mayores riesgos de lesiones por atropellamiento han ocurrido en esta ciudad dentro del estado de Morelos. Es de resaltar que estos análisis se realizaron con fuentes procedentes de certificados de defunción, los cuales tienen dentro de sus posibles desventajas generar errores de registro, codificación y ausencia de información para algunas variables (por ejemplo, en cerca del 25% de los casos no se registró si los fallecidos habían sido atendidos por personal asistencial previo a la muerte).<sup>84,85</sup>

Los registros de atención prehospitalaria de 2008-2009 permitieron generar los procesos de georreferenciación, y con sus productos, los mapas, se detectaron, al interior de la ciudad las zonas donde se concentraban estos eventos. Estos lugares se caracterizaron y analizaron con auditorías viales, herramientas muy utilizadas en la ingeniería del transporte, pero poco usadas para prevenir lesiones por atropellamiento (además, son pocos conocidos sus usos en salud pública). Sin embargo, es importante precisar dos limitantes provenientes de esta fuente de datos. El primero corresponde al empleo de la técnica de centroides para la georreferenciación, en al menos dos conglomerados, una tercera parte de sus registros se georreferenciaron por esta técnica; esto puede conllevar a errores de medición diferencial con las consecuencias de sub o sobre estimar la ocurrencia del evento en el lugar asignado. La segunda dificultad corresponde a la variable severidad, aunque se usaron los criterios empleados de forma sistemática por los técnicos de atención prehospitalaria, no se dispuso de medidas confiables y probadas como la Escala Abreviada de Lesiones, Escala de Glasgow o Índices de traumas.<sup>86,87</sup>

En cuanto a los datos basales de la presente investigación, se encontró que la

mayoría de los eventos ocurrieron (o fueron registrados) en horas del día. Esto sucedió para 70% de los casos, lo cual es contrario a lo reportado por otros investigadores, quienes manifiestan que 30% ocurren en el día y la gran mayoría sucede en horas de la noche.<sup>88,89</sup>

Respecto a la información de atropellamientos por AGEBs, hay algunos aspectos a resaltar: primero, los índices de marginación dan una idea de la situación socioeconómica del sector. El hecho que las lesiones por atropellamiento estén ocurriendo principalmente en sectores con niveles de marginación bajo y muy bajo (zonas de ingresos altos y muy altos al interior de la ciudad de Cuernavaca) sugiere que en estos lugares no existen medidas a nivel local de diseño e infraestructura orientados a la prevención de este tipo de lesiones y/o que los comportamientos de los conductores no tienen en cuenta la vulnerabilidad de los peatones.

Segundo, la información usada en los registros de lesiones fue de 2008 y 2009, mientras que los datos de las AGEBs eran de 2005. Entre esos dos periodos, pudieron generarse cambios en los patrones territoriales, lo cual pudo provocar una lectura equivocada de la distribución de los atropellamientos según las condiciones de marginación expuesta. Tercero, las AGEBs en donde ocurrieron más lesionados fueron aquellas en las cuales habían más escuelas, lo cual no significa que los más afectados hayan sido población escolar; es decir, estos resultados podrían inducir una falacia ecológica,<sup>90,91</sup> donde los resultados poblacionales no necesariamente coinciden con información a nivel individual. Inclusive, para la presente serie de datos, la edad promedio no descendió en las AGEB con mayor número de escuelas, ni hubo mayor porcentaje de población escolar (menores de 12 años de edad) en este tipo de AGEBs.

Respecto al modelaje de los datos basales, el que mejor parece ajustar los datos, dado por el AIC más bajo, corresponde a la regresión truncada Binomial Negativa (ZTBN). Todos los resultados fueron realizados con medidas robustas, los cuales intentan ajustar por la heterogeneidad que pueda existir en los modelos.<sup>37-40</sup> Este modelo parece estimar con mejor precisión el riesgo de lesiones por atropellamiento (ajusta una confusión negativa presente en los modelos ZI) y encuentra una asociación significativa entre AGEB y presencia de centros comerciales, no observada en los demás modelos. Tiene como limitante que el análisis está restringido sólo a las AGEB que tuvieron uno o más atropellamientos.

El tipo de selección empleada, para los lugares de intervención vs comparación, aunque no fue aleatoria, empleó criterios de inclusión, que intentaron garantizar la representatividad de los lugares de más riesgo de lesiones relacionadas con atropellamientos al interior de la ciudad de Cuernavaca (puntos negros);<sup>43</sup> el empleo riguroso de estos criterios, con seguridad incrementa la validez del estudio; no obstante, usar criterios de forma “muy rigurosa” puede disminuir la generalización de los resultados.<sup>92</sup>

En la revisión sistemática, se encontró que las modificaciones y ajustes al medio ambiente vial disminuyen el riesgo de lesiones por atropellamiento en peatones, entre otras razones, porque los cambios arquitectónicos a mediano y largo plazo, mejoran comportamientos tanto de peatones, como de conductores. Sin embargo, algunos investigadores reconocen que faltan estudios más rigurosos, en especial en países de bajos y medianos ingresos.<sup>93,94</sup> Inclusive, en los países de altos ingresos, dentro de la revisión sistemática efectuada, no se encontraron estudios catalogados dentro de altos niveles de evidencia.<sup>95</sup> Además, es menester reconocer que el grueso de intervenciones para reducir las LCT y atropellamientos se han centrado en conductores y ocupantes de vehículos, y poco en el resto de actores del tránsito, incrementando la desigualdad y vulnerabilidad de los peatones.<sup>21,96-98</sup>

En relación con la intervención, se centrará en el peatón. Se espera que sea de mediano costo y alto impacto; se pretende que, al igual que las intervenciones pasivas, generen cambios en los comportamientos de conductores y que reconozcan la vulnerabilidad de los peatones. Se diseñará de tal forma que sea incluyente, es decir que tengan en cuenta las limitantes físicas de los usuarios, de lo contrario se puede convertir en una limitante, tal como se ha observado en otros escenarios.<sup>68</sup> La asignación aleatoria optimizada sugerida, orienta a que las covariables se distribuyan de forma similar entre los posibles conglomerados de intervención y de comparación. De esta forma, la posible limitante de “falta de comparabilidad” entre estos conglomerados se minimiza. Lo anterior disminuye los posibles sesgos de selección y confusión. Ahora bien, si por razones políticas y administrativas, se escoge de forma no aleatoria una de las 20 combinaciones posibles, no será factible usar argumentos estadísticos para generalizar los resultados del estudio.<sup>99</sup> Es importante acotar que la intervención final será producto del consenso entre los investigadores, especialistas en aspectos urbanísticos y los funcionarios de tránsito e ingeniería urbana del municipio, soportados en los hallazgos y propuestas generadas por las auditorías viales, en la revisión sistemática de la literatura y en el tiempo en que ésta se acuerde.<sup>100</sup>

En un estudio tipo ensayo comunitario deben tomarse todas las precauciones necesarias para evitar contaminación en cada uno de los sitios monitoreados. Su presencia podría sesgar el estimador hacia el valor nulo generando una diferencia no relevante; ésto a su vez puede producir mayor riesgo de error tipo II disminuyendo la potencia del estudio.<sup>101-102</sup>

Con relación al análisis de resultados de la intervención, puede considerarse otra estrategia analítica: una regresión logística con multinivel donde la variable dependiente corresponda a presencia (1) o ausencia (0) de atropellamientos en cada uno de los sitios de intervención o comparación; si las mediciones se repiten de forma trimestral, con un año previo y un año posterior a la implementación de la intervención, serían cuatro mediciones antes, cuatro mediciones después (para un total de ocho), en cada uno de los sitios, daría 48 mediciones, lo cual incrementaría la variabilidad de las observaciones, aumentando la potencia del estudio.<sup>54,103</sup> También la potencia del estudio se incrementaría con el aumento del número de conglomerados de intervención y comparación (por ejemplo diez y diez), que tuvieran las mismas características, es decir que se comportaran históricamente como conglomerados de lesiones por atropellamiento, y en donde pudiera hacerse una medición y seguimiento por más tiempo.

Finalmente, como lección aprendida de este proceso queda, que el diseño de medidas de control y prevención a nivel comunitario, debe balancear y considerar tanto aspectos técnicos, como políticos; tener presente que las situaciones contextuales pueden favorecer o estimular el desarrollo de iniciativas como la intervención propuesta, o pueden dificultar, limitar o hasta obstaculizar la implementación de investigaciones de esta índole.

**Agradecimientos:** este trabajo se realizó gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), dentro del proyecto 114657.

**Conflicto de intereses:** los autores dejamos constancia que no existe ningún conflicto de intereses declarado en el desarrollo y publicación de este trabajo.

## Referencias.

1. World Health Organization. World report on road traffic injury prevention. Available in en <http://whqlibdoc.who.int/paho/2004/927531599X.pdf>. Revised in October 2007.
2. Mohan D. Road safety in less-motorized environments: future concerns. *Int J Epidemiol* 2002;31:527-32.
3. Yang B, Kim J. Road traffic accidents in Korea. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10:89-93.
4. Wang S, Chi G, Jing C, Li L. Trends in road traffic crashes and associated injury and fatality in people's Republic of China. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10:83-7.
5. Suriyanwongpaisal P, Kanchanasut S, Road traffic injuries in Thailand: trends, select underlying determinants and status of intervention. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10:95-104.
6. Afukaar F, Antwi P, Ofosu S. Pattern of road traffic in Ghana: implications for control. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10:69-76.la
7. Odero W, Khayesi M, Peda P. Road traffic injuries in Kenya: magnitudes, causes and status of intervention. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10:53-61.
8. Híjar M, Vásquez-Vela, Arreola-Rissa C. Pedestrian traffic injuries in México. *Inj Control Saf Promot* 2003;10:37-43.
9. Rodríguez D, Fernando J, Acero H. Road traffic injuries in Colombia. *Inj Control Saf Promot* 2003;10:29-35.
10. St Bernard G, Matthews W. A contemporary analysis of road traffic crashes, fatalities and injuries in Trinidad and Tobago. *Inj Control Saf Promot.* 2003;10:21-7.
11. Odero W, Garner P, Zwi A. Road traffic injuries in developing countries: a compressive review of epidemiological studies. *Trop Med Int Health.* 1997;2:445-60.
12. Roberts I, Norton R, Taua B. Child pedestrian injury rates: the importance of 'exposure to risk' relating to socioeconomic and ethnic differences, in Auckland, New Zealand, Abstract. *J Epidemiol Community Health.* 1996;50:162-65.
13. Graham D, Glaister S, Anderson R. The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England. *Accid Anal Prev.* 2005;37:125-35.
14. Stirbu I, Kunst A, Bos V, Van Beeck E. Injury mortality among ethnic minority groups in the Netherlands. *J. Epidemiol. Community Health.* 2006;60:249-55.
15. Tiwari G, Mohan D, Fazio J. Conflict analysis for prediction of fatal crash locations in mixed traffic stream. *Accid Anal Prev.* 1998;30:207-15.
16. Híjar M. El crecimiento urbano y sus consecuencias no planeadas: El caso de los atropellamientos en Caleidoscopio de la Salud. *Funsalud.* 2003:89-97.
17. Echeverry J, Villota J, Zarate C. Actitudes y comportamientos de los peatones en

- los sitios de alta accidentalidad en Cal. Colombia Med. 2005;36:79-84.
18. Langley J, Marshal S. The severity of road traffic crashes resulting in hospitalization in New Zealand. *Accid Anal Prev.* 1994;26:549-54.
  19. Toro K, Hubay M, Sotonyi P, Keller E. Fatal traffic injuries among pedestrians, bicyclists and motor vehicle occupants. *Forensic Sci Int.* 2005;151:151-6.
  20. Híjar M, Arredondo A, Carrillo C, Solórzano L. Road traffic injuries in an urban area in Mexico. An epidemiological and costs analysis. *Accid Anal Prev.* 2004;36:37-42.
  21. Nantulya V, Reich M. The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *BMJ* 2002;324:1139-41.
  22. Híjar M, Troste J, Bronfman M. Pedestrian injuries in México: A multi-method approach. *Soc Sci Med* 2003;57:2149-59.
  23. Instituto Nacional de Geografía y Estadística y Secretaría de Salud Federal. Bases de datos y registros de mortalidad de lesiones de causa externa y atropellamientos. México-DF. 1998-2007 suministradas por el área de Geografía Médica del Instituto Nacional de Salud Pública de México. Julio de 2008.
  24. Situación de Salud de México. Informe de la rendición de cuentas 2001/2005. Mortalidad por accidentes de tránsito. Págs. 38 – 49, disponible en <http://evaluacion.salud.gob.mx/saludmex2005/SM-2001-05.pdf>. Consultado en Feb. 2009.
  25. Organización Panamericana de la Salud. Análisis de salud y sistemas de información: Manual del usuario del sistema de información geográfica en epidemiología y Salud Pública: Sigepi. Washington. Marzo de 2003.
  26. Shirayama Y, Phompida S, Shibuya K. Geographic information system (GIS) maps and malaria control monitoring: Intervention coverage and health outcome in distal villages of Khammouane province, Laos. *Malar J.* 2009;8:217.
  27. Guajardo OA, Oyana TJ. A critical assessment of geographic clusters of breast and lung cancer incidences among residents living near the tittabawassee and saginaw rivers, Michigan, USA. *J Environ Public Health.* 2009:1-16.
  28. Queiroz JW, Dias GH, Nobre ML, De Sousa Dias MC, Araújo SF, Barbosa JD et al. Geographic information systems and applied spatial statistics are efficient tools to study hansen's disease (Leprosy) and to determine areas of greater risk of disease. *Am J Trop Med Hyg.* 2010;82:306-14.
  29. Holford TR, Ebisu K, McKay LA, Gent JF, Triche EW, Bracken MB et al. Integrated exposure modeling: a model using GIS and GLM. *Stat Med.* 2010;29:116-29.
  30. Híjar M. Utilidad del análisis geográfico en el estudio de las muertes por atropellamiento. *Sal Pub Mex* 2000;42:188-93.
  31. Híjar M. Puentes peatonales y atropellamientos en la Ciudad de México. Proyecto

- financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONACYT de México 2006.
32. Ricardez M, Chías L. La propensión a los accidentes de tránsito en municipios urbanos de México en 1990. Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM 2000;41:122-38.
  33. World Health Organization. International statistical classification of diseases and related health problems 10th revision version for 2007. Disponible en <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online>. Revisado en enero 2009.
  34. Dever A. Epidemiología y Administración de Servicios de Salud. Organización Panamericana de la Salud. USA. Aspen Publishers. 1991;117-37.
  35. Consejo Nacional de Población (Conapo). Proyecciones de población para México 1995 – 2020, disponible en [www.conapo.gob.mx](http://www.conapo.gob.mx), revisado en junio de 2008.
  36. Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). Descripción de los principales resultados de marginación urbana. México 2007.
  37. Universidad de California. Statistical Consulting Group. Regression Models with Count Data. 2007.
  38. Salinas-Rodríguez A, Manrique-Espinoza B, Sosa-Rubí SG. Análisis estadístico para datos de conteo: Aplicaciones para el uso de los servicios de salud. Salud Publica Mex 2009;51:397-406.
  39. Kleinbaum D, Kupper L, Muller F, Nizam A. Applied regression analysis and other multivariate methods. Third edition. Thompson editores. México DF. 1998
  40. Ullah S, Finch C, Day L. Statistical modelling for falls count data. Accid Anal Prev. 2010;42:384-92.
  41. Cayuela L. Modelos lineales generalizados (GLM). Centro Andaluz de Medio Ambiente. Universidad de Granada. Andalucía. Noviembre de 2009.
  42. Sistemas de información geográfica. Arcgis. Disponible en <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>. Consultado en Junio de 2009.
  43. Morency P, Cloutier M. From targeted “black spots” to area-wide pedestrian safety. Inj Prev. 2006;12:360-4.
  44. Cal y Mayor R, Cárdenas J. Ingeniería del tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Alfa Omega Editores. Octava edición. México. 2007.
  45. Rodríguez JM, Campuzano JC. Medidas de prevención primaria para controlar lesiones y muertes en peatones y fomentar la seguridad vial. Rev Salud Publica. 2010;12:497-509.
  46. Murray D, Varnell S, Blitstein J. Design and analysis of group-randomized trials: A review of recent methodological developments. Am J Public Health. 2004; 94:423-32.

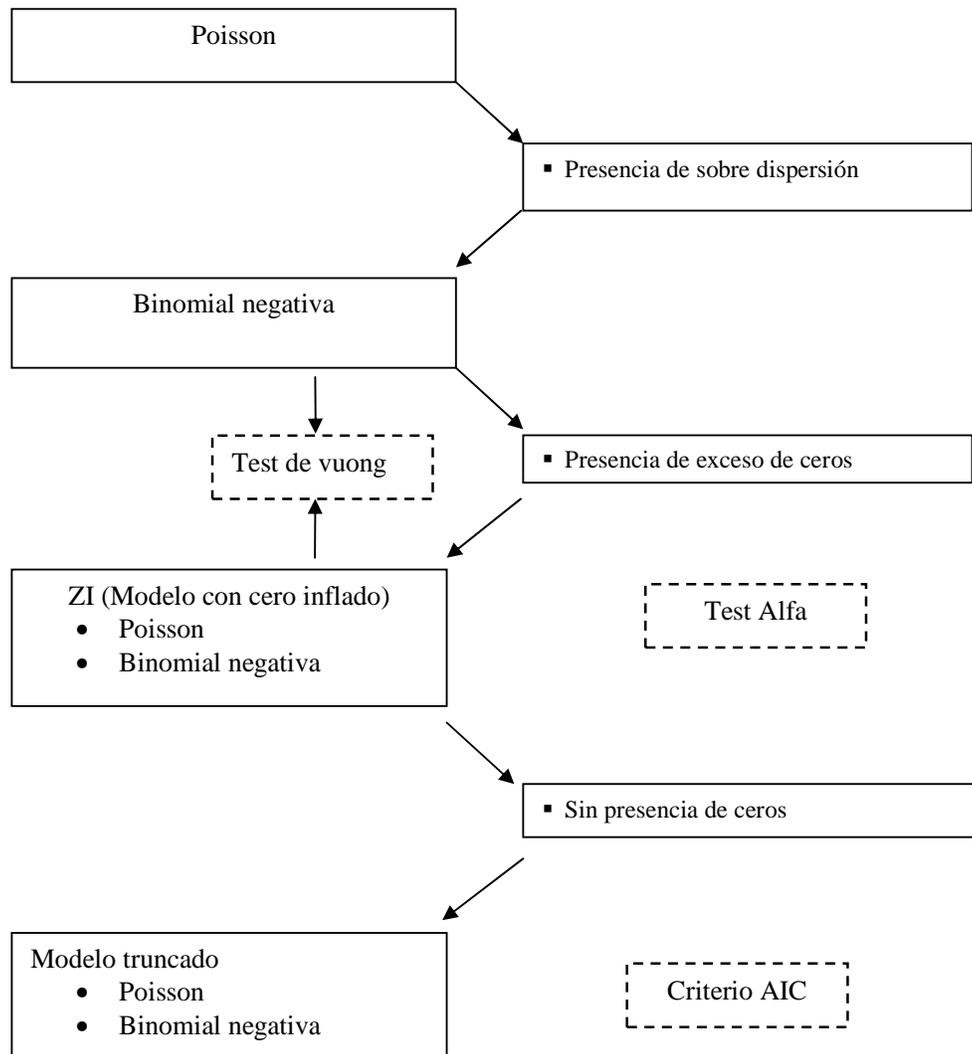
47. Varnell S Murray D, Janega J, Blitstein J. Design and analysis of group-randomized trials: A review of recent practices. *Am J Public Health*. 2004; 94:393-9.
48. Dos Santos I. Estudios de intervención en epidemiología del cáncer: Principios y métodos. Organización Mundial de la Salud y Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer. Lyon Francia. 1999.
49. Kraschnewski JL, Keyserling TC, Bangdiwala SI, Gizlice Z, Garcia BA, Johnston LF et al. Optimized probability sampling of study sites to improve generalizability in a multisite intervention trial. *Prev Chronic Dis*. 2010;7:1-8.
50. Seuc A, Domínguez E. Diseño de ensayos de intervención comunitaria. *Rev Cubana Angiol y Cir Vasc*. 2001;2:117-22.
51. Armitage P, Berry G. Métodos estadísticos para la investigación biomédica. Madrid. 3ª ed. Elsevier. 1997.
52. Lwanga S, Lemeshov S. World Health Organization. Sample size determination in health studies. Geneve. 1998.
53. Friedman L, Furberg C, DeMets D. Fundamental of clinical trials. Fourth edition. Springer. Wisconsin. 2010.
54. Hayes R, Moulton L. Cluster randomized trials. Taylor & Francis Group. Boca Ratón. 2009.
55. Kennedy J. Estimating pedestrian volumes and crashes at urban signalized intersections. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. December 2008.
56. Diggle P. Time series. A bioestatistical introduction. Oxford Sciences Publications. Oxford. 1990.
57. Hans P. Time series models for business and economic forecasting. Cambridge University Press. 1988
58. Villaveces A, Cummings P, Espitia V, Koepsell T, McKnight B, Kellermann A. Effect of a ban on carrying firearms on homicide rates in 2 Colombian cities. *JAMA*. 2000;283:1205-9.
59. Villaveces A, Cummings P, Espitia V, Koepsell T, Rivara F, Lumley T, Moffat J. Association of alcohol-related laws with deaths due to motor vehicle and motorcycle crashes in the United States, 1980–1997. *Am J Epidemiol*. 2003;157:131–40.
60. Haddon W. Energy damage and the 10 countermeasure strategies. *Inj Prev* 1995;1:40-4.
61. Haddon W. The Changing approach to the epidemiology, prevention and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively. *Am J Public Health* 1968;58:1431-8.
62. Runyan CW. Back to the future – revisiting Haddon’s conceptualization of injury

- epidemiology and prevention. *Epidemiol Rev.* 2003;25:60-4.
63. Duperrex O, Roberts I, Bunn F. Educación de peatones en temas de seguridad para la prevención de lesiones. *The Cochrane Collaboration* 2007;(3):1-38.
  64. Zeedyk MS, Wallace L, Spray L. Stop, look, listen and think? What young children really do when crossing the road. *Accid Anal Prev.* 2002;34:43–50.
  65. Schuster J. Current Trends in Bumper Design for Pedestrian Impact. Mechanical engineering department in California. Polytechnic State University. 2006.
  66. Crandall J, Bhalla K, Madeley N. Designing road vehicles for pedestrian protection. *BMJ* 2002;324;1145-48.
  67. Ossenbruggen P, Pendharkar J, Ivan J. Roadway safety in rural and small urbanized areas. *Accid Anal Prev.* 2001;33:485-98.
  68. Peek-Asa C, Zwerling C. Role of environmental interventions in injury control and prevention. *Epidemiol Rev* 2003;25:77–89.
  69. Retting RA, Ferguson S, McCartt. A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian–motor vehicle crashes. *Am J Public Health.* 2003;93:1456-63.
  70. Forero S, Triana M, Andrade F, Cayetano J, Navarro J. Prevención de lesiones: Una estrategia de salvación para la sociedad moderna. *Rev Fac Med Univ Nac. Col.* 2006; 54:211-18.
  71. Persuad B, Hauer E, Retting RA, Vallurupalli R, Mucsi K. Crash reductions related to traffic signal removal in Philadelphia. *Accid Anal Prev.* 1997;29:803–10.
  72. Kraus JF, Hooten EG, Brown KA, Peek-Asa C, Heye C, McArthur D. Child pedestrian and bicyclist injuries: results of community surveillance and a case study control. *Inj Prev.* 1996;2:212–8.
  73. Elvik R, Vaa T. *El manual de las medidas de seguridad vial.* Madrid. Elsevier Ltda. 2006.
  74. Tester J, Rutherford G, Wald Zachary, Rutherford M. A matched case-control study evaluating the effectiveness of speed humps in reducing child pedestrian injures. *Am J Public Health.* 2004;646-50.
  75. Bunn F, Collier T, Frost C, Ker K, Roberts I, Wentz A. Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Inj Prev.* 2003;9:200-4.
  76. Mutto M, Kobusingye O, Lett R. The effect of an overpass on pedestrian injuries on a major highway in Kampala. *Afr Health Sci.* 2002;2:89-93.
  77. Kwam I, Mapstone J, Intervenciones para el aumento de la visibilidad de peatones y ciclistas para la prevención de muertes y lesiones. *Accid Anal Prev.* 2004;36:305-12.

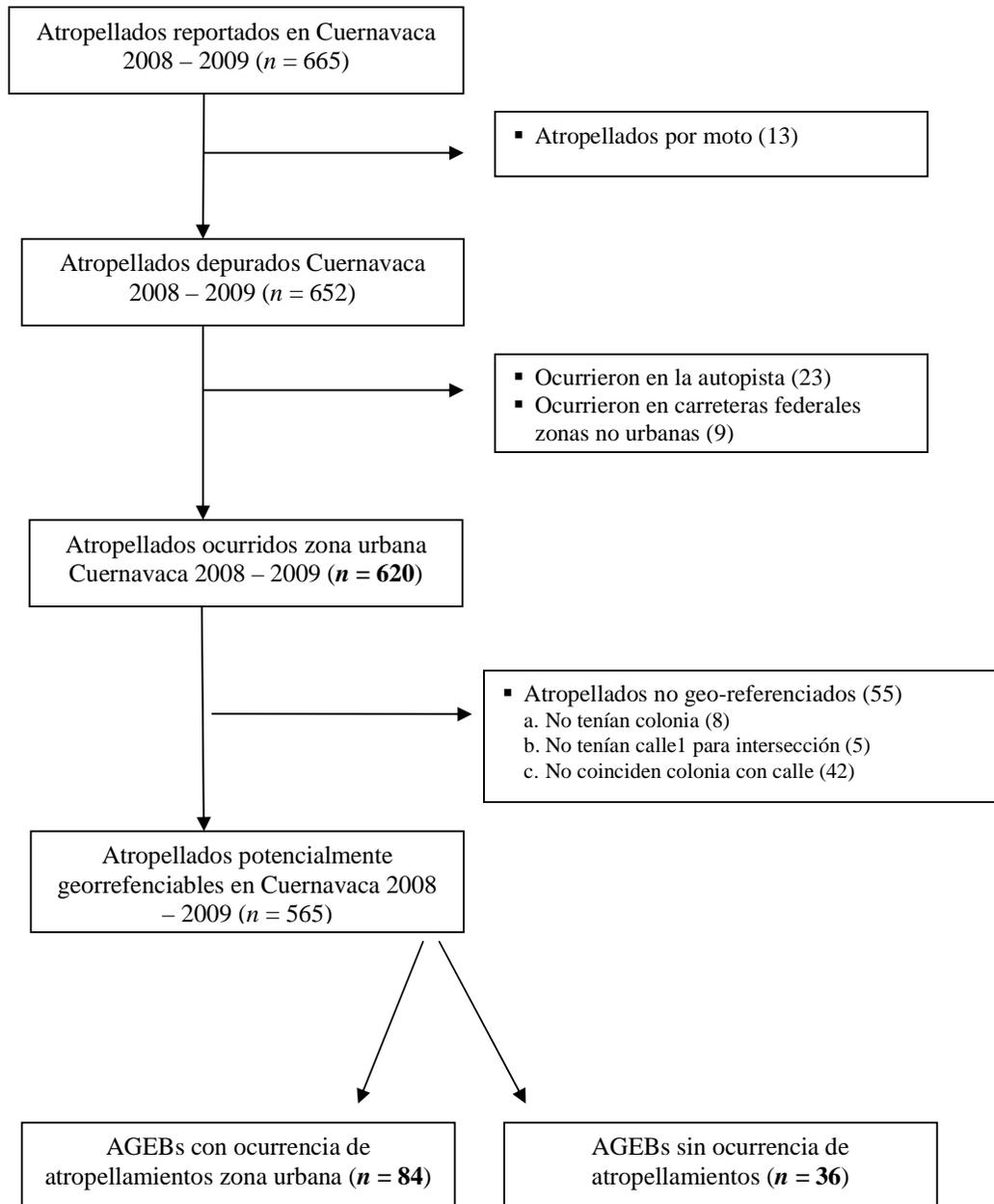
78. Polus A, Katz A. An analysis of nighttime pedestrian accidents at specially illuminated crosswalks. *Accid Anal Prev.* 1978;10:223–8.
79. Koepsell T, McCloskey L, Wolf M, Moudon AV, Buchner D, Kraus J et al. Crosswalk markings and the risk of pedestrian-motor vehicle collisions in older pedestrians. *JAMA.* 2002;288:2136–43.
80. Zegger C, Stewar R, Huang H, Lagerwey P, Feaganes J, Campbell B. Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Final report and recommended guidelines. Office of safety research and development. Federal Highway Administration. 2005.
81. Szklo M, Nieto J. *Epidemiology: beyond the basics.* Aspen Publication. Maryland. 2000.
82. Hernández M, Garrido F, Salazar E. Sesgos. En Hernández-Ávila. *Epidemiología: Diseño y análisis de estudios.* México. Edit. Médica Panamericana. 2007:253-68.
83. Hidalgo E, Híjar M, Campuzano J, Rodríguez J, Chías L, Reséndiz H et al. Motivos de uso y no uso de puentes peatonales y atropellamiento en la ciudad de México 2008. *Salud Pub Mex.* 2010;52(6):502-510.
84. Celis A, Valdez L, Armas J, Gómez Z. El peatón lesionado en accidentes de tráfico de vehículo de motor: Mortalidad en México: 1985-1996. *Gac Med Mex.* 1999;135(3):353-8.
85. Comstock GW, Markush RE. Further comments on problems in death certification. *Am J Epidemiol.* 1986;124:180-1.
86. Stevenson M, Segui-Gomez M, Lescohier I, Di Scala C, McDonald-Smith G. An overview of the injury severity score and the new injury severity score. *Inj Prev* 2001; 7:10-13.
87. Illescas JG. Escalas e índices de severidad de trauma. *Trauma* 2003;6(3):88-94.
88. Constant A, Lagarde E. Protecting vulnerable road users from Injury. *Plos Med.* 2010;30(3):e100228.
89. Campbell B, Zeeger C, Huang H and Cynecki M. A review of pedestrian Safety research of de United Stated and Abroad, US Department of Transportation, Pedestrian and Bicycle Safety, January 2004.
90. Morgenstern H. Ecologic Studies in Epidemiology: Concepts, principles and methods. *Annu Rev Public Health.* 1995;16:61-81.
91. Pianjadosi S. Invited Commentary: Ecologic biases. *Am J Epidemiol.* 1994;139;761-4.
92. Argimon P, Jiménez J. *Métodos de investigación clínica y epidemiológica.* Tercera edición. Elsevier. Madrid 2004.
93. Ameratunga S, Híjar M, Norton R. Road-traffic injuries: Confronting disparities to

- address a global-health problem. *Lancet* 2006;367:1533–40.
94. Mohan D. Traffic safety and city structure: Lessons for the future. *Sal Pub Mex.* 2008;50(S1):93-100.
  95. Oxman A. Grading quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ.* 2004; 328(19):1490-4.
  96. Task Force on community and preventive services: Recommendations to reduce injuries to motor vehicle occupants increasing child safety seat use. Increasing safety belt use, and reducing alcohol-impaired driving. *Am J Prev Med.* 2001;21(4S):16–22.
  97. Halman S, Chipman M, Parkin P, Wright J. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults? A prospective crash study. *BMJ.* 2002;324:1123-5.
  98. Marshall S, Spasoff R, Nair R, Walraven C. Restricted driver licensing for medical impairments: Does it work?. *CMAJ.* 2002;167:747-51.
  99. Scott N, McPherson G, Ramsay C, Campbell M. The method of minimization for allocation to clinical trials: A review. *Control Clin Trials.* 2002;23:662-74.
  100. Beale L, Abellan JJ, Hodgson S, Jarup L. Methodological Issues and Approaches to Spatial Epidemiology. *Environ Health Perspect.* 2008;116(8):1105-10.
  101. Torgerson D. Contamination in trials: Cluster randomization the answer?. *BMJ* 2001;322:355-7.
  102. Hann S, Puffer S, Torgerson D, Watson J. Methodological bias in cluster randomized trials. *BMC Medical Research Methodology.* 2005;5:1-8.
  103. Rabe-Hesketh S, Shorndal A. Multilevel and longitudinal modeling using Stata. Stata Press. Second edition. Texas. 2008.

**Diagrama 1. Algoritmo de decisiones para el modelo a escoger con datos de conteo**



**Diagrama 2. Análisis de factores individuales y medioambientales de lesionados por atropellamiento en Cuernavaca según AGEB.**



**Cuadro 1. Características de la mortalidad por atropellamiento en Cuernavaca y otros municipios de Morelos. México 1998/2007**

<b>Característica</b>	<b>Cuernavaca n = 327</b>	<b>IC 95%</b>	<b>Resto de Morelos n = 374</b>	<b>IC 95%</b>
<b>Sexo</b>	<b>%</b>		<b>%</b>	
Masculino	74.2	69.5 - 79.0	77.5	73.3 - 81.8
Femenino	25.8	25.8 - 24.3	22.5	18.2 - 26.7
<b>Estado Civil</b>				
Soltero	27.8	22.9 - 32.7	30.5	25.8 - 35.2
Viudo	26.0	21.2 - 30.8	22.5	18.2 - 36.7
Divorciado	8.0	5.0 - 10.9	7.0	4.4 - 9.5
Casado/ Unión Libre	16.8	12.7 - 20.9	18.5	14.5 - 22.4
No especifica	21.4	16.9 - 25.9	21.7	17.5 - 25.9
<b>Escolaridad</b>				
Sin escolaridad	18.3	14.1 - 22.6	17.7	13.8 - 21.5
Primaria	29.4	24.4 - 34.3	34.0	21.1 - 38.8
Secundaria/Bachiller	32.1	27.0 - 37.2	29.7	25.0 - 34.3
Profesional	5.8	3.2 - 8.4	4.3	22.2 - 6.3
Sin dato	14.4	10.6 - 18.2	14.5	10.9 - 18.0
<b>Ocupación</b>				
Cesante	27.2	22.4 - 32.1	20.9	16.7 - 24.9
Técnico-profesional	5.8	3.3 - 8.4	5.1	2.8 - 7.3
Agricultor	9.2	6.0 - 12.3	20.0	16.0 - 24.1
Operario	19.3	14.9 - 23.6	20.0	16.0 - 24.1
Comerciante/vendedor ambulante	17.4	13.3 - 21.6	9.4	13.3 - 21.6
Oficios domésticos/vigilantes	5.8	3.3 - 8.4	4.0	2.0 - 6.0
Otros	15.3	11.4 - 19.2	20.6	16.5 - 24.7
<b>Derecho-habienencia</b>				
Ninguna	62.4	57.1 - 67.7	73.3	68.8 - 77.8
IMSS	29.7	24.7 - 34.6	20.1	16.0 - 24.1
ISSTE	5.2	2.8 - 7.6	4.0	2.0 - 4.0
Otro	2.8	1.0 - 4.5	2.7	1.0 - 4.3
<b>Asistencia Médica</b>				
Si	48.6	43.2 - 54.1	19.3	15.2 - 23.3
No	29.7	24.7 - 34.6	54.0	48.9 - 59.1
Sin dato	21.7	17.2 - 27.2	26.7	22.2 - 31.2
<b>Tamaño de localidad</b>				
Menor a 20.000 habs	19.5	15.2 - 23.9	54.0	48.9 - 51.2
De 20.000 a 100.000 habs	10.8	7.4 - 14.4	19.9	15.8 - 24.0
Mayor de 100.00 habs	69.7	64.6 - 74.7	26.1	21.6 - 30.6
<b>Sitio de lesión</b>				
Vía pública	77.1	72.5 - 81.6	79.4	75.3 - 83.5
Área residencial	11.9	8.4 - 15.5	10.2	7.1 - 13.2
Área comercial/industrial	3.7	1.6 - 5.7	1.9	0.5 - 3.2
Sin dato	7.3	4.5 - 10.2	8.6	5.7 - 11.4
<b>Hora defunción</b>				
Mañana	45.2	39.7 - 50.6	46.7	41.5 - 51.8
Tarde	9.4	6.1 - 12.5	10.3	7.1 - 13.4
Noche	45.5	40.0 - 50.9	43.1	37.9 - 48.2

\* Promedio de edad para los registrados en Cuernavaca o en otros municipios de Morelos.

**Cuadro 2. Características de atropellados por vehículos automotores en Cuernavaca**

**2008/2009**

Característica	% Hombres	IC 95%	% Mujeres	IC 95%
<b>Edad</b>	34,9	32,6 -37,2	38,4	35,7 – 41,0
<b>Años de ocurrencia</b>				
2008	49,5	44,3 – 54,6	51,7	45,2 – 58,1
2009	50,5	45,4 – 55,7	48,3	41,9 – 54,7
<b>Trimestre de ocurrencia</b>				
Enero a Marzo	23,9	19,5 – 28,3	25,6	20,0 – 31,2
Abril a Junio	22,3	18,0 – 26,5	26,5	20,8 – 32,1
Julio a Septiembre	27,2	22,6 – 31,7	24,0	18,5 – 29,4
Octubre a Diciembre	26,6	22,1 – 31,2	24,0	18,5 – 29,4
<b>Momento de la lesión</b>				
Día	67,9	63,2 – 72,7	74,7	69,1 – 80,3
Noche	32,1	27,3 – 37,8	25,3	19,7 -30,9
<b>Severidad</b>				
Leve	53,8	48,6 – 58,9	56,5	50,2 – 62,9
Moderado	35,3	30,3 – 40,3	35,9	29,7 – 42,0
Severo	7,0	4,3 -9,6	5,5	2,6 – 8,4
Muerto	3,9	1,9 – 5,9	2,1	0,3 – 3,9

**Cuadro 3. Ocurrencia de lesiones por atropellamientos según zonas con nivel de marginación en el municipio de Cuernavaca.**

Nivel de marginación	No. de lesionados	Ocurrencia de lesionados por AGEB				Total
		Si	%	No	%	
Muy bajo	59	11	13,1	11	30,5	22
Bajo	408	51	60,7	7	19,4	58
Medio	95	20	23,8	11	30,5	31
Alto	7	2	2,4	6	16,7	8
Muy alto	0	0	0	1	2,8	1
<b>Total</b>	<b>565</b>	<b>84</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	<b>120</b>

**Cuadro 4. Riesgo de atropellamientos por AGEB en Cuernavaca México. 2008/2009.**

	Modelo implementado <sup>£</sup>			
	ZIP	ZIBN	ZTP	ZTBN
No. de observaciones	120	120	84	84
Con cero	36	36		
Sin cero	84	84		
<b>Variable</b>	<b>Coefficientes IRR (errores estándar e IC 95%)</b>			
Índice de Marginación (IM)	0.717 (0.224) 0.39-1.32	0.662 (0.182) 0.38-1.14	0.36** (0.117) 0.18-0.68	0.34** (0.131) 0.157-0.724
Presencia de escuelas	2.261** (0.456) 1.52-3.35	3.184** (0.918) 1.81-5.60	1.647* (0.36) 1.07-2.52	2.05** (0.489) 1.29-3.28
Presencia de centros comerciales	1.265 (0.234) 0.88-1.82	1.58 (0.393) 0.97-2.57	1.277 (0.323) 0.78-2.1	2.04* (0.624) 1.121-3.717
Presencia de unidades médicas	0.921 (0.217) 0.58-1.46	1.054 (0.255) 0.65-1.69	0.725 (0.190) 0.43-1.21	0.76 (0.227) 0.424- 1.364
Alfa		0.60 (0.319) 0.21-1.70		0.79 (0.195) 0.48-1.28
<b>AIC</b>	<b>692.4</b>	<b>570.7</b>	<b>671.7</b>	<b>472.5</b>

<sup>£</sup> Modelos de datos de conteo ajustados por índices de marginación, presencia de escuelas, centros comerciales, unidades médicas y población de las AGEB. \* P < 0.05. \*\* P < 0.01

**Cuadro 5. Criterios usados para conformar los sitios seleccionados para la asignación aleatoria optimizada de la intervención.**

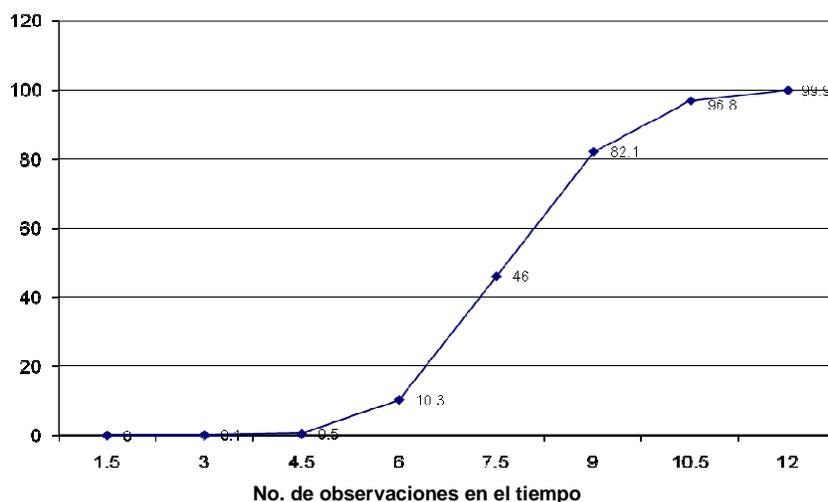
Sector	Uso suelo	Aforos		Movimientos vehiculares
		Vehicular	Peatonal	
Sector No. 1	Comercial	9991	2146	13
Sector No. 2	Comercial	2899	842	12
Sector No. 3	Mixto	5785	323	8
Sector No. 4	Mixto	9200	1999	6
Sector No. 5	Mixto	5815	192	4
Sector No. 6	Mixto	6040	99	4

**Cuadro 6. Combinaciones de lugares con el objeto de asignar intervenciones para disminuir atropellamientos en Cuernavaca.**

C*	Intervención			Control			Motivos de descarte
	1	2	3	4	5	6	
1	1	2	3	4	5	6	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
2	1	2	4	3	5	6	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
3	1	2	5	3	4	6	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
4	1	2	6	3	4	5	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
5	1	3	4	2	5	6	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
6	1	3	5	2	4	6	Acceptable
7	1	3	6	2	4	5	Acceptable
8	1	4	5	2	3	6	Acceptable
9	1	4	6	2	3	5	Acceptable
10	1	5	6	2	3	4	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
11	2	4	5	1	3	6	Acceptable
12	2	4	6	1	3	5	Acceptable
13	2	5	6	1	3	4	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
14	3	4	5	1	2	6	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
15	3	4	6	1	2	5	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
16	3	5	6	1	2	4	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
17	4	2	3	1	5	6	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
18	4	5	6	1	2	3	Uso de suelos y mov. vehiculares similares
19	5	2	3	1	4	6	Acceptable
20	6	2	3	1	3	4	Acceptable

\*Combinaciones posibles

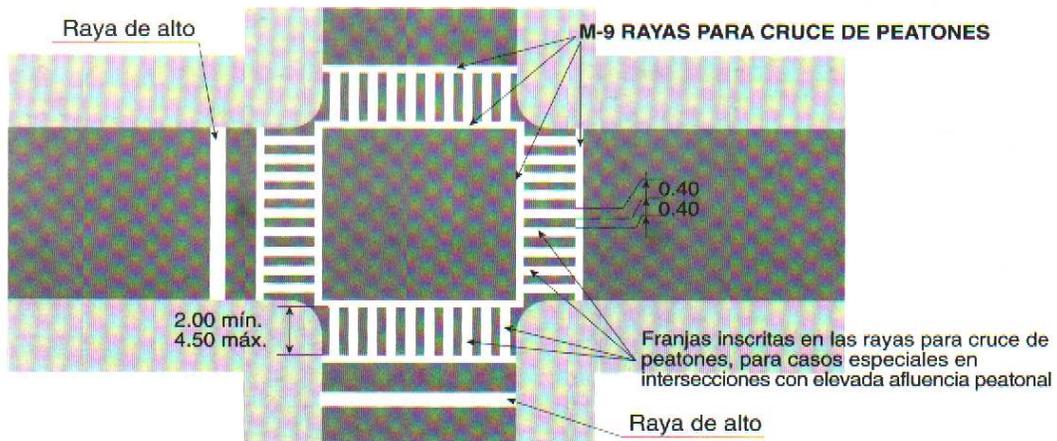
**Figura 1. Curva de poder con reducción de 80% de eventos de atropellamientos con nivel de confianza de 95%**



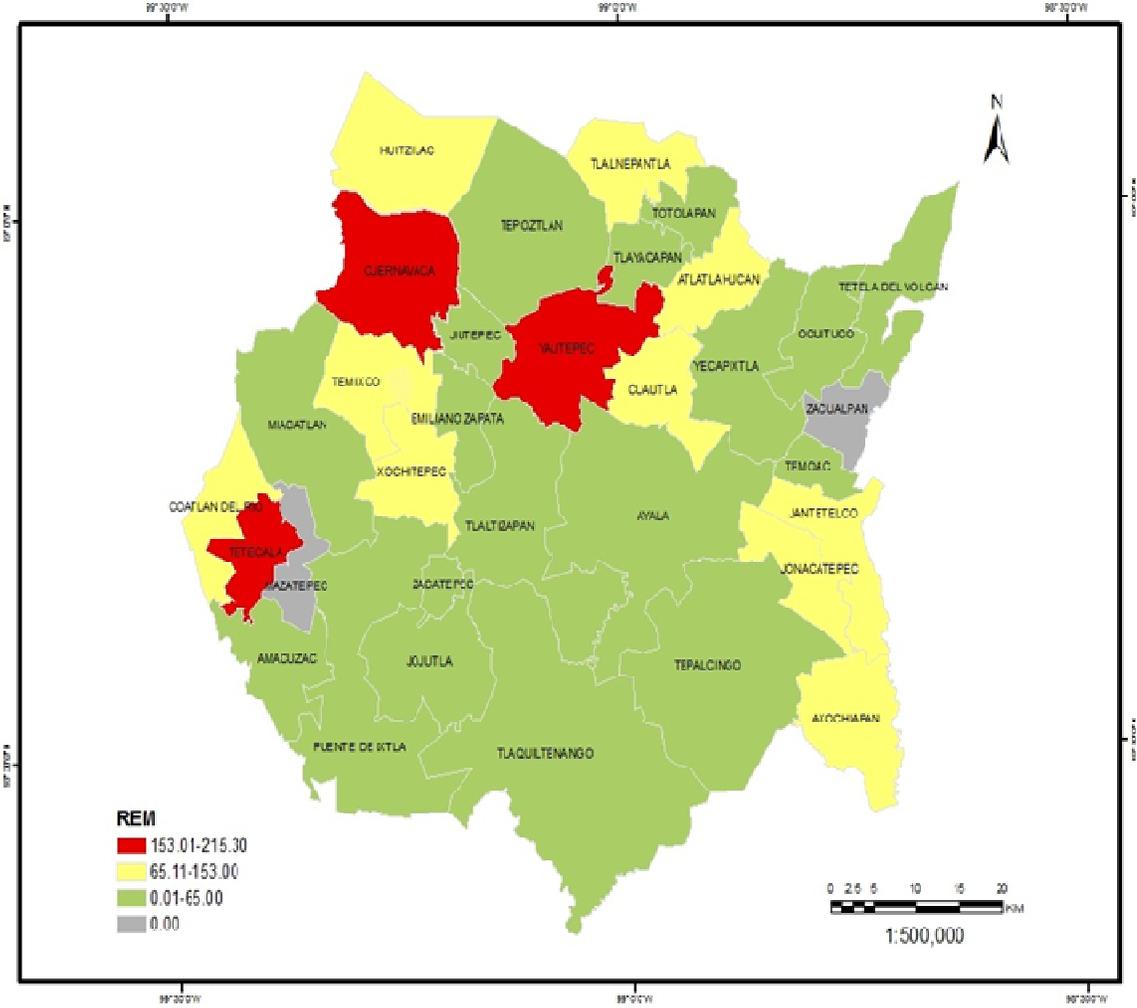
**Figura 2. Grupo de medidas orientadas a fomentar la seguridad vial reduciendo la velocidad de los autos sobre las vialidades identificadas como de riesgo.**



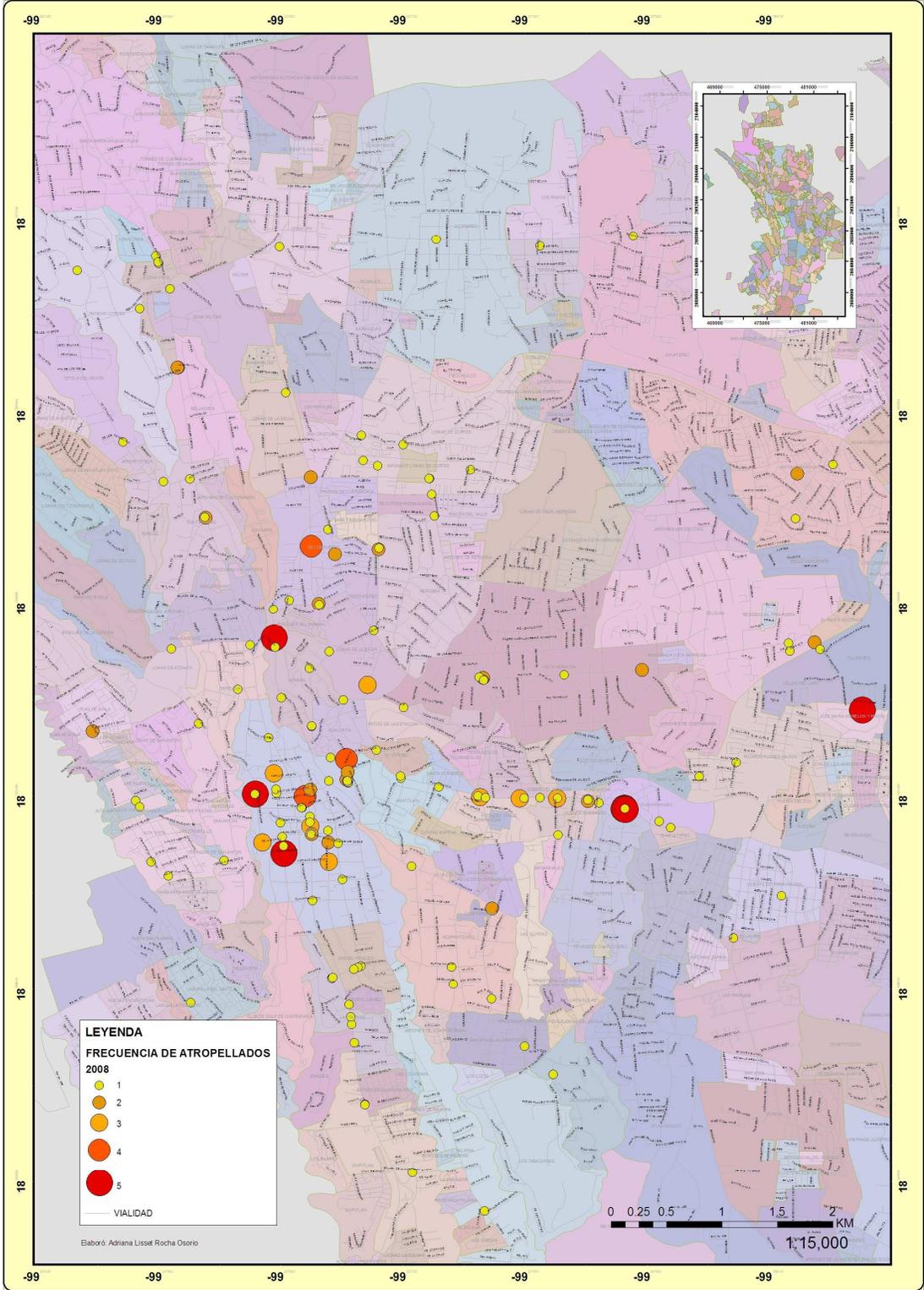
**Figura 3. Grupo de medidas orientadas a fomentar la seguridad vial incrementando la visibilidad del peatón y separando exposiciones.**



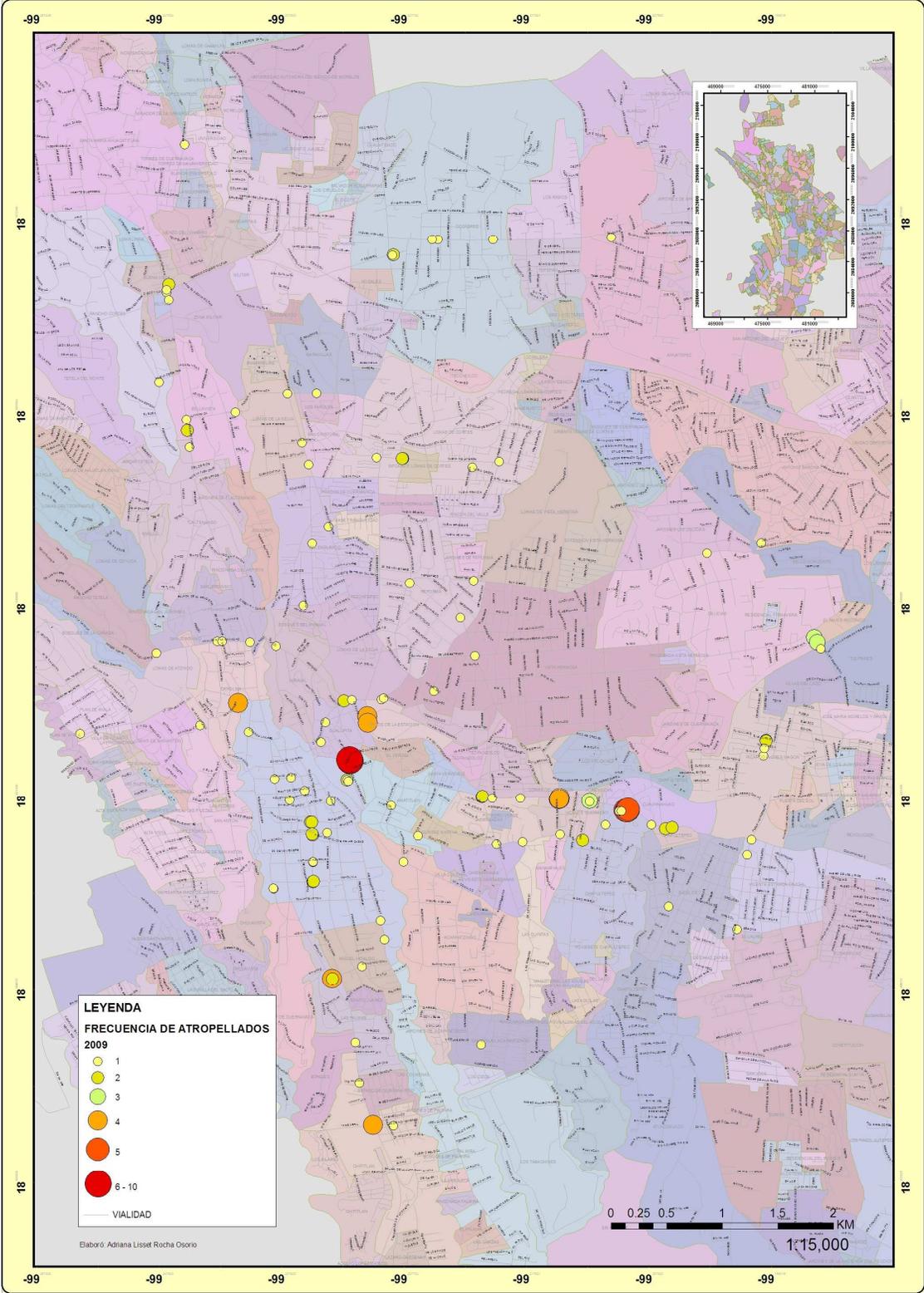
Mapa 1. Razón de mortalidad estandarizada en municipios de Morelos, 1998 – 2007.



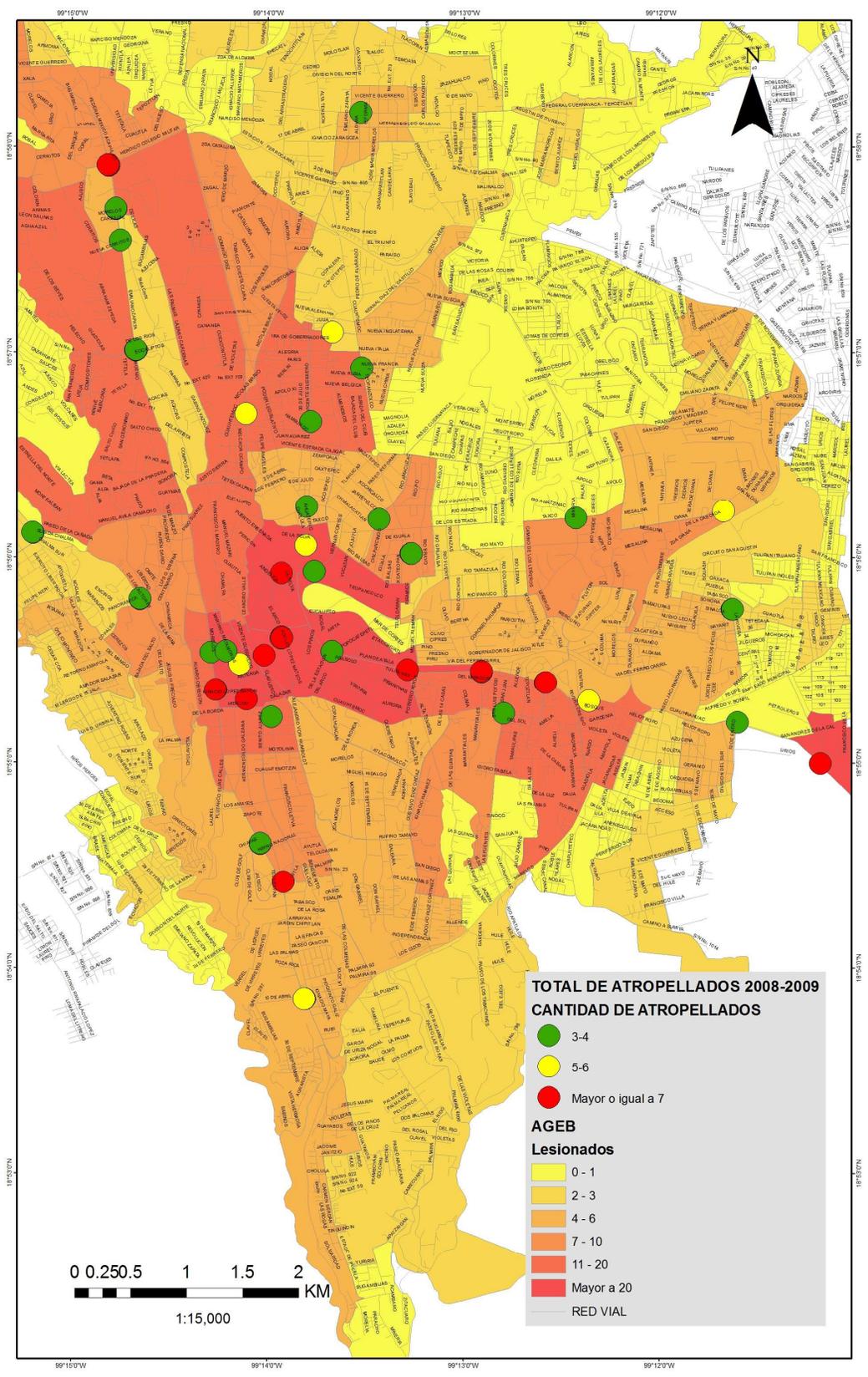
Mapa 2. Atropellamientos en Cuernavaca, Morelos en 2008.



Mapa 3. Atropellamientos en Cuernavaca, Morelos en 2009.



Mapa 4. Atropellados en Cuernavaca, Morelos 2008-2009



## Anexo.

### Medidas de prevención primaria diseñadas para el control de lesiones y muertes ocurridas en peatones.

<b>Autores</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Nivel</b>	<b>Intervención/evaluación</b>	<b>Resultados principales</b>	<b>Observaciones</b>
Duperrex O, Roberts I, Bunn F	Inglaterra	2007	Revisión sistemática	Humano	Se evaluaron 15 ensayos controlados con asignación aleatoria de programas de educación en temas de seguridad peatonal	No identificó si la educación reduce el riesgo de colisión de peatones con vehículos a motor y la ocurrencia de lesiones	La calidad metodológica de los ensayos incluidos generalmente fue mala.
Zeedyk MS, Wallace L, Spry L.	Inglaterra	2002	Observacional	Humana	Se evaluó el comportamiento a la hora de cruzar una calle por parte de menores	No se evaluó el impacto en lesiones, solo algunas actitudes y comportamientos a la hora del cruce	El estudio se orientó a identificar comportamientos en "ambientes reales" que orientaran programas educativos a los menores.
Crandall J, Bhalla K, Madeley N.	Inglaterra	2002	Revisión documental	Vehículo	Modificaciones en la parte delantera de los autos	Se estima una reducción de lesiones a peatones del 15%	Las modificaciones incluyen el bómper, farolas y diseños específicos de la zona frontal de los autos
Langford J, Patterson T	Nueva Zelanda	2006	Revisión documental	Vehículo	Uso de luz diaria en vehículos	Descenso en el riesgo de 15%	Se hace una revisión documental de intervenciones antes después en varios países
Turner C, McClure R, Nixon J, Spinks A	Australia	2004	Revisión sistemática estudios antes después. No Aleatorios (NA)	Medio ambiental	Se evaluaron estudios pre y post orientadas a reducir lesiones en menores de 14 años	Se observó un descenso del riesgo de 21% en menores de 14 años y de 35% en menores de 4 a 6 años	Las intervenciones evaluadas fueron de base comunitaria e individuales
Bunn F, Collier T, Frost C, Ker K, Roberts I, Wentz A.	Inglaterra	2002	Meta-análisis de estudios antes después. NA	Medio ambiental	Templado de tráfico Implementación de medidas para controlar la velocidad de los autos	Hubo un descenso en las lesiones y muertes en peatones de 11%. OR: 0.89 (IC del 95%: 0,80; 1,00).	Los resultados indican que el templado de tráfico en áreas específicas de zonas urbanas podría reducir el número de lesiones y muertes en peatones
Kwan I, Mapstone J	Inglaterra	2006	Revisión sistemática	Medio ambiental	Señales visuales versus ninguna señal visual y cuando ocurren LCT y lesiones en peatones y ciclistas.	No se encontraron ensayos que evaluaran el efecto de las señales visuales sobre la incidencia en las LCT, en las lesiones en peatones o ciclistas.	Se desconoce el efecto de las señales visuales para la seguridad de los peatones y ciclistas.
Zegger C, Stewar R, Huang H, Lagerwey P, Feaganes J, Campbell B.	EUA	2005	Estudio comparativo	Medio ambiental	Evaluación en intersecciones estándares vs ajustadas con paso de tiempo	El riesgo de lesiones en peatones fue 50% menor en aquellas con señales de tiempo	Se controló por una serie de posibles confusores: tipo de tráfico, número de líneas, límites de velocidad, volumen de tráfico, flujo peatonal, entre otras.
Tester J, Rutherford G, Wald Z	EUA	1996	Casos y controles pareado	Medio ambiental	Se evaluó si la presencia de reductores de velocidad incidía en el riesgo de lesiones en peatones menores de 5 a 14 años.	Se observó una reducción de lesiones (OR=0.47) en menores de 5 a 14 años y la presencia de reductores de velocidad	Los hallazgos sugieren que los reductores de velocidad hacen ambientes más seguros en los vecindarios.

Agran P, Winn D, Anderson C, Tran C, Del Valle C.	EUA	1996	Casos y controles pareado	Medio ambiental	Se evaluó si la presencia de factores ambientales incidía en el riesgo de lesiones en peatones menores de 0 a 14 años.	Hubo más riesgo de lesiones en casas multifamiliares (OR:3.1), presencia zonas de parqueo de vehículos en el vecindario (OR:9.6).	Los resultados sugirieron intervenciones para incrementar la visibilidad de los peatones y disminuir la velocidad de los coches podrían disminuir el riesgo de lesiones en peatones
Polus A, Katz A.	Israel	1978	Antes – después con sitio control	Medio ambiental	Incremento de la señalización e iluminación en horas de la noche. Con dos años de seguimiento.	Hubo un descenso del 57% de las lesiones en horas del día y del 21% en horas de la noche en los sitios de intervención.	En los sitios de comparación hubo un incremento del 60% de las lesiones en horas de la noche.
Koepsell T, McCloskey L, Wolf M	EUA	2002	Casos y controles	Medio ambiental	Se evaluó el riesgo de lesiones ante la presencia de pasos peatonales en adultos mayores.	El riesgo de lesiones fue 2.1 veces más alto en zonas demarcadas sin presencia de señales de tráfico o señales de pare.	Se ajustó flujo peatonal, vehicular, longitud de la cebr y presencia de señalización.
Retting RA, Ferguson S and McCart	EUA	2003	Revisión sistemática	Medio ambiental	Evaluó múltiples intervenciones para reducir velocidad de los autos, incrementar visibilidad y separación de exposiciones	Se encontró descenso del riesgo de lesiones en peatones, el cual osciló entre 20% a 75%.	La mayoría de diseños fueron antes-después, algunos pocos con controles. Ninguno con asignación aleatoria.
Persuad B, Hauer E, Retting RA, Vallurupalli R, Mucsi K.	Canadá	1997	Antes – después con sitio control	Medio ambiental	Se evaluó la implementación de señales luminosas y se comparó con sitios control	Hubo un descenso del riesgo de lesiones del 24% en comparación con los sitios control	Las estimaciones fueron obtenidas para diferentes actores viales, categorizado por tipo de impacto, momento de ocurrencia y severidad.
Kraus JF, Hooten EG, Brown KA, Peek-Asa C, Heye C, McArthur DL.	EUA	1996	Casos y controles anidado	Medio ambiental	Se evaluó las condiciones medioambientales de las calles donde los menores fueron lesionados.	La lesiones ocurrieron principal mente en zonas residenciales; pero el riesgo fue mayor sobre grandes avenidas y tendían a generarse por conglomerados al interior de la ciudad	Los autores concluyeron que existían tres posibles formas de prevención de las lesiones en menores: educación, reforzamiento a la legislación y modificaciones del medio ambiente.

## Conclusiones

La presente tesis es fruto de un trabajo desarrollado durante los últimos cuatro años, en el cual se han explorado, analizado y discutido acerca de las características, factores de riesgo, determinantes, estrategias de prevención y evaluación para las lesiones causadas por el tránsito (LCT) en la modalidad de atropellamientos.

Con el primer artículo de la tesis se quiso comparar, analizar y caracterizar la mortalidad por atropellamientos en la ciudad de México en dos períodos del tiempo, el primero entre 1994-1997 y el segundo, una década después: 2004-2007; con este artículo se intentó determinar los posibles cambios, analizar la tendencia de mortalidad de lesiones por atropellamiento a nivel de toda la ciudad, por delegaciones, por grupos de edad y sexo durante el período en mención; como novedad, se realizó un análisis que permitió caracterizar la mortalidad ajustando por variables como sexo, procedencia, período de estudio, escolaridad y época de nacimiento (en el documento se denominó cohorte de nacimiento). Se pudo establecer una constante entre los dos períodos: la mayoría de las muertes que ocurrieron al interior de las delegaciones correspondieron a personas procedentes de lugares diferentes a donde residían; es posible que esto sea producto de la gran movilidad y desplazamientos a que están sometidos los habitantes de la ciudad de México, ya sea por necesidades laborales, educativas o de otro tipo. Es de resaltar, como el uso de la estrategia metodológica de modificación de efecto, dentro del modelo realizado, evidenció una interacción cualitativa, no tan frecuentemente descrito, de forma similar a como lo han expuesto Szklo y colaboradores.<sup>1</sup>

Es lamentable que la proporción de muertes por atropellamiento, en ciudades como el Distrito Federal, sea más del 50% de las muertes secundarias a LCT; a pesar del descenso observado de alrededor de 17.5%, entre los períodos estudiados, las tasas de mortalidad por este evento, continúan entre dos y cuatro veces más altas, si se compara con ciudades en contextos relativamente similares.<sup>2,3</sup>

El segundo artículo, pretendió orientar una propuesta de intervención para prevenir atropellamientos en la ciudad de Cuernavaca, teniendo información basal de un estudio transversal (primera fase), dentro de una intervención denominada Ambientes Seguros: Intervenciones para la Prevención de Atropellamientos (ASIPA). Para cumplir con este propósito, empleó diversas herramientas y técnicas descriptivas y analíticas utilizadas en salud pública: sistemas de información geográfica (SIG), estadística

descriptiva e inferencial, técnicas de asignación aleatoria, procesos de auditorías viales, y por supuesto las técnicas de análisis epidemiológico para los hallazgos encontrados.

Fruto de los resultados se evidencia que los usuarios vulnerables de la vía pública (UVP), y dentro de éstos los peatones, son un grupo creciente de personas que está preocupando cada día a las autoridades encargadas del control, vigilancia y manejo del problema de las LCT. Se ha reportado que el grupo de UVP se ha incrementado en los últimos años, inclusive en países desarrollados. La desigualdad en la ocurrencia de atropellamientos, dentro de las LCT, es un hecho que genera inequidad entre los diferentes usuarios.<sup>4-6</sup>

También se encontró que dentro del grupo de medidas más altamente recomendadas: separación de espacios (banquetas, islas de refugio), descensos de la velocidad de los coches (vialetas, chicadas, glorietas), entre otros, las modificaciones al medio ambiente físico, se ha observado, mejoran los comportamientos de conductores y peatones, e impactan en la salud colectiva sin esfuerzos adicionales por parte de los actores implicados.<sup>7-9</sup>

Son múltiples las evidencias que enfatizan en la necesidad de intervenir los principales factores de riesgo asociados a las LCT en los UVP: descenso de la velocidad de los autos, control y monitoreo del consumo de alcohol e incremento de la visibilidad de estos usuarios.<sup>4,10-12</sup>

Ha sido discutido por varios expertos en el tema,<sup>6,9,13</sup> y en el presente estudio se ha evidenciado, la necesidad de planear y asegurar rigurosidad en los procesos de diseño, negociación e implementación de investigaciones que promuevan la seguridad vial; existe una necesidad sentida en mejorar la cantidad y calidad de estos estudios en países de bajos y medianos ingresos, que sirvan como evidencias a los tomadores de decisiones y en la orientación de políticas en salud pública. Aún en países de altos ingresos, dentro de la revisión sistemática efectuada, no se detectaron investigaciones clasificadas dentro de los altos niveles de evidencia, por lo que la investigación teórica propuesta superaría el nivel de evidencia de las existentes.<sup>14</sup>

Es reconocido el hecho que existen problemas en los procesos de diseño, captura, registro, procesamiento, análisis y difusión de las LCT; algunos países en la región han mejorado estas deficiencias a través del diseño e implementación de Sistemas de

Vigilancia Epidemiológica que permitan describir, caracterizar y analizar la información derivada de estos eventos.<sup>15,16</sup> Desafortunadamente el estado de Morelos, y en especial su capital, no cuenta con un SVE o alguna estrategia de recolección y captura sistemática de información que en parte supla este déficit; ante ésto fue necesario planear e implementar por cuenta propia el registro de información de múltiples fuentes, unas más completas que otras; en estas fuentes se encontró ausencia de estandarización en el proceso de registro, procesamiento, análisis y difusión de la información, generando, posibles errores de medición que pueden distorsionar el análisis y conclusiones del fenómeno en estudio. Urge la necesidad de un trabajo multidisciplinario, coordinado y sistemático para tener información suficientemente confiable que permita diagnosticar, monitorear y evaluar el estado de este tipo de eventos de causa externa.

Existe un gran reto para los profesionales e investigadores de Salud Pública en países como México en cuanto a los componentes políticos y burocráticos. Éstos generan retos, y en ocasiones obstáculos para el desarrollo armónico de propuestas de investigación; es paradójico, como en algunos contextos se dispone de información sobre la magnitud y ocurrencia de las LCT, pero no se tienen los recursos y/o procesos técnicos que permitan modificar esos comportamientos, y en el caso específico de Cuernavaca, a pesar de haber identificado los posibles lugares de ocurrencia donde pueden ser instauradas intervenciones para prevenir lesiones en peatones, y lo más importante, se ha contado con los recursos para ejecutarlas, se han presentado dificultades políticas para implementar intervenciones específicas.

Fruto de la experiencia de estos cuatro años, queda la enseñanza-aprendizaje de la introducción a diseños epidemiológicos y técnicas estadísticas, relativamente poco exploradas en nuestro contexto, dentro del estudio de la prevención de lesiones, como son los diseños de estudios comunitarios, técnicas de multinivel y modelos para datos de conteo (Regresiones tipo Poisson, Binomial Negativa, Cero Inflada y Truncada, con sus diferentes extensiones); existe “un mundo por explorar” y por recorrer en las escuelas de Salud Pública de la región con la aplicación de estas temáticas.<sup>17-23</sup>

Finalmente, una enseñanza de vida fue: para abordar un problema de Salud Pública como las LCT en la modalidad de atropellamientos, se requiere la conjunción de diferentes disciplinas, unas más importantes que otras; para el caso de la prevención de LCT fue necesario un trabajo articulado con profesionales de la geografía, de la ingeniería del transporte, de la estadística, colegas epidemiólogos, conceptos de

urbanistas, planeadores urbanos, entre otros; el uso de tecnologías y técnicas múltiples permiten estudiar un problema de forma “integral”; la multidisciplinariedad permite generar ópticas complementarias, y de forma más completa, respecto a si se hace desde una sola disciplina.

## Referencias.

1. Szklo M, Nieto J. *Epidemiology: beyond the basics*, an Aspen Publication. Maryland. 2000.
2. Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de Gobierno. *La accidentalidad vial en Bogotá DC – Colombia*. Mayo de 2002.
3. Híjar M, Lawrence D, Chu, Kraus J. Cross National Comparison of Injury Mortality: Los Angeles County, California and Mexico City, Mexico. *Int J Epidemiol*. 2000;29:715-21.
4. Constant A, Lagarde E. Protecting Vulnerable Road Users from Injury. *Plos Med*. 2010;30(3):e100228.
5. Híjar M. El crecimiento urbano y sus consecuencias no planeadas: El caso de los atropellamientos en Caleidoscopio de la Salud. *Funsalud*. 2003:89-97.
6. Forjough S. Traffic related injury prevention interventions for low countries. *Inj Control Saf Promot*. 2003;10:109-18.
7. Peek-Asa C, Zwerling C. Role of environmental interventions in injury control and prevention. *Epidemiol Rev*. 2003;25:77–89.
8. Bunn F, Collier T, Frost C, Ker K, Roberts I, Wentz A. Traffic Calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Inj prev*. 2003;9:200-4.
9. Ameratunga S, Híjar M, Norton R. Road-traffic injuries: confronting disparities to address a global-health problem. *Lancet*. 2006;367:1533–40.
10. Randy E, Shults R, Sleet D, James N, Stephanie Z, Robert R. Effectiveness of Sobriety checkpoints for Reducing Alcohol-Involved Crashes. *Traffic Inj Prev*. 2001;3:266-74.
11. Retting RA, Ferguson S, McCartt. A Review of Evidence-Based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian–Motor Vehicle Crashes. *Am J Public Health*. 2003;93:1456-63.
12. Rodríguez JM, Campuzano JC. Medidas de prevención primaria para controlar lesiones y muertes en peatones y fomentar la seguridad vial. *Rev Salud Publica*. 2010;12:497-509.
13. Mohan D. Traffic safety and city structure: lessons for the future. *Sal Pub Mex*. 2008;50(S1):93-100.
14. Oxman A. Grading quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*. 2004; 328(19):1490-4.
15. Salinas O, de Cosío G, Clavel-Arcas C, Montoya J, Serpas M, Morán de García S et al. Sistema de Información de Lesiones de Causa Externa (SILEX): un proyecto exitoso en El Salvador. *Rev Panam Salud Publica*. 2008;24:390–9.

16. Sklaver BA, Clavel-Arcas C, Fandiño-Losada A, Gutierrez-Martinez MI, Rocha-Castillo J, Morán de García S et al. The establishment of injury surveillance systems in Colombia, El Salvador and Nicaragua (2000–2006). *Rev Panam Salud Publica*. 2008;24:379–89.
17. Murray D, Varnell S, Blitstein J. Design and Analysis of Group- Randomized Trials: A Review of Recent Methodological Developments. *Am J Public Health*. 2004;94:423-32.
18. Varnell S, Murray D, Janega J, Blitstein J. Design and Analysis of Group-Randomized Trials: A review of recent practices. *Am J Public Health*. 2004;94:393-9.
19. Cumming P, Koepsell T. Statistical and design issues in studies of groups *Inj. Prev*. 2002;8:6-7.
20. Greenland S. Principles of multilevel modelling. *Int J Epidemiol*. 2000;29:158-67.
21. Kleinbaum D, Kupper L, Muller F, Nizam A. Applied regression analysis and other multivariate methods. Third edition. Thompson Editores. México DF. 1998
22. Universidad de California. Statistical Consulting Group. Regression Models with Count Data. 2007.
23. Ullah S, Finch C, Day L. Statistical modelling for falls count data. *Accident Anal Prev*. 2010;42:384-92.