



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS ACCIDENTES DE
TRÁNSITO DEL CORREDOR MÉXICO-TIJUANA EN
2008

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

JESSICA VILLENA SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. LUIS CHÍAS BECERRIL

2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto de Geografía de la UNAM, por otorgarme la beca “Iniciación a la Investigación”, gracias a la cual tuve la oportunidad de conocer al Dr. Luis Chías Becerril e integrarme a su equipo de trabajo, que es la Unidad GITS (Geoteconología Inteligente en Transporte y Sustentabilidad).

Al Dr. Chías, le agradezco enormemente todo el apoyo que me brindó y la confianza que tuvo en mí, aprecio que me haya permitido utilizar parte de información generada por la Unidad GITS para llevar a cabo mi tesis, definitivamente no me hubiera sido posible desarrollar esta investigación, de no haber sido por todos los datos teóricos y espaciales que me fueron amablemente proporcionados. Gracias por el tiempo que me dedicó durante el año y medio que me tomó terminar esta tesis.

Agradezco a todos los miembros de la Unidad GITS, por su compañerismo y por el agradable ambiente laboral al que me integraron. En particular, agradezco a la Mtra. Ma. de Lourdes Hermsillo Plascencia, por su amistad y por todo el tiempo que dedicó a enseñarme geografía del transporte, geografía de la seguridad vial, cartografía y diseño cartográfico. A la Lic. Sigrid Morett González, también le agradezco su amistad y sus clases de estadística y matemáticas, en las que aprendí más que en todas mis clases de la prepa, gracias por contagiarme tu pasión por los números. El apoyo de ambas fue indispensable para elaborar mi tesis y les agradezco inmensamente.

Agradezco al Dr. Enquire Propín Frejomil, al Mtro. Jorge Enriquez Hernández, al Lic. José Luis Hernández González y al Lic. Jaime Morales, quienes fueron mis sinodales, por sus oportunas correcciones y comentarios, que me ayudaron a mejorar la redacción, el formato y la organización de las ideas en mi tesis. Gracias también por compartir su conocimiento conmigo en cada una de sus clases.

A mis papás, les agradezco todos los valores que me enseñaron y el apoyo incondicional (económico y emocional) que me han brindado durante toda mi vida, gracias por su amor, por alentarme, por creer en mí y en que tengo la capacidad para lograr lo que me proponga, gracias por ser los mejores y por educarme como su reflejo. Gracias a mi hermana Karina porque aunque somos muy diferentes, se que siempre puedo contar con ella. Gracias a Jesús, por cinco años y medio de comprensión y de echarle ganas juntos, muchas gracias por tu amor, por ser mi equipo, mi mejor amigo y mi persona favorita.

*Para mis papás Silvia y Miguel,
mi hermana Karina,
mi abue Rey
y para Jesús.*

Índice general

| | Página |
|---|---------------|
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1. Antecedentes teóricos de la Geografía del Transporte y de los accidentes de tránsito | |
| 1.1 Evolución del pensamiento en la Geografía del Transporte | 5 |
| 1.1.1 Comercial-colonial | 6 |
| 1.1.2 Físico-regional | 7 |
| 1.1.3 Económica-mercantil | 8 |
| 1.1.4 Teorética-cuantitativa | 10 |
| 1.1.5 Social-humanista | 11 |
| 1.1.6 Compleja | 12 |
| 1.2 Los accidentes de tránsito dentro del sistema de transporte | 14 |
| 1.2.1 La Teoría General de los Sistemas | 14 |
| 1.2.2 Configuración del Sistema de Transporte | 15 |
| 1.3 Aspectos históricos y teóricos de la seguridad vial | 18 |
| 1.3.1 Contexto Internacional | 21 |
| 1.3.2 Fundamentos conceptuales de los accidentes de tránsito | 23 |
| 1.3.3 Factores que contribuyen a la accidentalidad vial | 26 |
| Capítulo 2. Caracterización geográfica del corredor carretero México-Tijuana | |
| 2.1 Evolución de la red carretera y de la seguridad vial en México | 32 |
| 2.2 Eje de desarrollo de características viales | 39 |
| 2.2.1 Infraestructura carretera | 39 |
| 2.2.2 Operación | 40 |
| 2.3 Eje físico-geográfico | 45 |

| | | |
|-------|---------------------|----|
| 2.3.1 | Topografía | 45 |
| 2.3.2 | Climatología | 51 |
| 2.4 | Eje socio-económico | 59 |
| 2.4.1 | Demografía | 59 |
| 2.4.2 | Economía | 63 |

Capítulo 3. Análisis espacial de los accidentes de tránsito del corredor México – Tijuana en 2008

| | | |
|-------|--|------------|
| 3.1 | Fundamentos teórico-metodológicos del análisis espacial | 68 |
| 3.2 | Planteamiento de la metodología investigativa | 70 |
| 3.2.1 | Manejo de datos espaciales | 70 |
| 3.2.2 | Análisis de datos espaciales de forma descriptiva y exploratoria | 74 |
| 3.2.3 | Aplicación de la estadística espacial o geoestadística | 79 |
| 3.2.4 | Modelación espacial en búsqueda de diferentes escenarios | 86 |
| | Conclusiones | 99 |
| | Bibliografía | 102 |

Índice de figuras

| | Página |
|---|---------------|
| 1.1 Población, defunciones por accidentes de tránsito y vehículos de motor matriculados, por grupos de países en el mundo | 22 |
| 2.1 Tramos carreteros del corredor México - Tijuana | 41 |
| 2.2 Tránsito Diario Promedio Anual del corredor México - Tijuana | 43 |
| 2.3 Frecuencia del TDPA por tipo de vehículo | 44 |
| 2.4 Hipsometría del corredor México - Tijuana | 46 |
| 2.5 Frecuencia de rangos de hipsometría (m.s.n.m.) | 47 |
| 2.6 Grados de pendiente del corredor México - Tijuana | 50 |
| 2.7 Frecuencia de rangos grados de pendiente | 51 |
| 2.8 Precipitación media anual del corredor México - Tijuana | 53 |
| 2.9 Frecuencia de rangos precipitación media anual (mm) | 54 |
| 2.10 Frecuencia de rangos temperatura máxima | 55 |
| 2.11 Temperaturas máximas promedio del corredor México - Tijuana | 56 |
| 2.12 Temperaturas mínimas promedio del corredor México - Tijuana | 58 |
| 2.13 Frecuencia rangos temperatura mínima | 59 |
| 2.14 Localidades urbanas del corredor México - Tijuana | 60 |
| 2.15 Tasa de motorización municipal del corredor México - Tijuana | 64 |
| 2.16 VACB municipal del corredor México - Tijuana | 66 |
| 3.1 Menú para la creación de puntos equidistantes | 71 |
| 3.2 Menú que despliega el proceso | 71 |
| 3.3 Proceso para agregar kilometraje continuo | 71 |
| 3.4 Ejemplo tabla de contenido con datos por km | 71 |
| 3.5 Ruta para la intersección de capas raster | 72 |
| 3.6 Proceso para copiar tabla de contenido | 72 |
| 3.7 Perfil de los accidentes de tránsito | 75 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.8 | Perfil de las víctimas muertos | 75 |
| 3.9 | Perfil de las víctimas heridos | 75 |
| 3.10 | Perfil altitudinal | 76 |
| 3.11 | Perfil de los grados de pendiente | 76 |
| 3.12 | Total de accidentes de tránsito por tipo de víctima y por tramo carretero | 78 |
| 3.13 | Altitud y accidentes de tránsito | 79 |
| 3.14 | Clasificación de la infraestructura y accidentes de tránsito | 80 |
| 3.15 | Presencia de localidades y accidentes de tránsito | 80 |
| 3.16 | Tasa de accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y clasificación de infraestructura) | 81 |
| 3.17 | Tasa de accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y Tránsito Diario Promedio Anual) | 82 |
| 3.18 | Tasa accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y grados pendiente) | 83 |
| 3.19 | Tasa accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y presencia de localidades) | 83 |
| 3.20 | Tasa de accidentalidad, mortalidad y morbilidad por tramo carretero | 85 |
| 3.21 | Tasa de accidentalidad por tramo carretero | 87 |
| 3.22 | Tasa de mortalidad por tramo carretero | 88 |
| 3.23 | Tasa de morbilidad por tramo carretero | 89 |
| 3.24 | Tasa de accidentalidad por tramo carretero | 90 |
| 3.25 | Tasa de mortalidad por tramo carretero | 91 |
| 3.26 | Tasa de morbilidad por tramo carretero | 91 |
| 3.27 | Grupos prioritarios por nivel de inseguridad | 93 |
| 3.28 | Frecuencia puntual de los accidentes de tránsito | 96 |
| 3.29 | Tramo Cd. Obregón – Hermosillo km 138 – 139 | 95 |
| 3.30 | Tramo Cd. Obregón – Hermosillo km 2 – 3 | 97 |
| 3.31 | Tramo México – Toluca km 49–51 | 97 |
| 3.32 | Tramo Atlacomulco – Zapotlanejo km 140 – 141 | 97 |
| 3.33 | Tramo México – Toluca km 40 – 41 | 98 |

Índice de cuadros

| | Página |
|--|---------------|
| 1.1 Principales tendencias cognoscitivas en la Geografía de Transporte | 9 |
| 1.2 Pluralidad de las disciplinas involucradas en el Transporte | 12 |
| 1.3 Problemas de la interacción geográfica del transporte | 14 |
| 1.4 El transporte como un sistema complejo multidimensional | 17 |
| 1.5 Principales causas de mortalidad en el mundo, datos comparados de 2004 y 2030 | 20 |
| 1.6 Matriz de Haddon: factores relacionados con la ocurrencia de lesiones por accidentes de tránsito | 25 |
| | |
| 2.1 Tramos carreteros del corredor México - Tijuana | 40 |
| 2.2 Simbología de la clasificación vehicular | 44 |
| 2.3 Tramos donde se registraron los mayores porcentajes por cada tipo de vehículo | 45 |
| 2.4 Rangos de hipsometría por tramo carretero | 48 |
| 2.5 Rangos de grados de pendiente por tramo carretero | 49 |
| 2.6 Rangos de precipitación media anual por tramo | 52 |
| 2.7 Rangos de temperaturas máximas por tramo | 55 |
| 2.8 Rangos de temperaturas mínimas por tramo | 57 |
| 2.9 Jerarquía de las localidades urbanas del corredor | 62 |
| 2.10 Tasa de motorización por municipio (vehículos/habitantes) * 100 | 65 |
| 2.11 Valor agregado Censal Bruto por municipio (valor monetario) | 67 |
| | |
| 3.1 Directorio de variables de la matriz estructurada de datos espaciales | 73 |
| 3.2 Total de accidentes de tránsito por tipo de víctima y por tramo carretero | 77 |
| 3.3 Tasa de accidentalidad, mortalidad y morbilidad por tramo carretero | 85 |
| 3.4 Normalización por Grupos Prioritarios | 92 |
| 3.5 Resumen estadístico por Grupos Prioritarios a escala de tramo | 94 |
| 3.6 Resumen estadístico por Rangos Prioritarios a escala de punto | 95 |
| 3.7 Relación entre rangos prioritarios y variables geográficas | 98 |

Introducción

El tema de la seguridad vial, desde hace algunas décadas, ha cobrado una gran importancia mundial debido a que el creciente auge del automóvil como uno de los principales medios privados de transporte, trajo consigo múltiples consecuencias negativas, una de ellas fue el incremento de las víctimas (muertos y heridos) a causa de los accidentes de tránsito. Según datos de la OMS, México es el séptimo país a nivel mundial donde ocurren la mayor cantidad de accidentes de tránsito. Además, el INEGI señaló que en el año 2008 fallecieron 17,000 personas en este tipo de accidentes, sin embargo CONAPRA sostiene que fueron más de 24,000. En este sentido, aunque las cifras no son precisas, lo que sí se debe resaltar es la magnitud creciente de los accidentes de tránsito, así como la urgencia de localizarlos y determinar sus causalidades. Así, queda clara la necesidad de estudiar este fenómeno desde una perspectiva geográfica, que permita contribuir a la prevención y disminución de la accidentalidad vial, en este caso del corredor México – Tijuana.

México cuenta con 14 corredores carreteros que son considerados la “columna vertebral” de la red carretera federal, éstos se constituyen por conjuntos de tramos que enlazan regiones y ciudades económicamente relevantes y especializadas. En específico, el corredor México – Nogales con Ramal a Tijuana, (que será abreviado para esta investigación como México – Tijuana), es el más largo de los 14; abarca una extensión de 2,868 km de longitud; recorre de centro a noroeste el país; cruza ocho estados de la república y 49 localidades urbanas, además, es prioritario el estudio de este corredor porque representa una de las principales vialidades terrestres para la relación comercial entre México y EUA.

Se utilizarán para esta investigación los datos del año 2008, debido a que son los más recientes con los que se cuenta y lejos de poder ser considerados como irrelevantes, en realidad son una fuente de información muy valiosa, pues los accidentes de tránsito son considerados como un fenómeno de ocurrencia constante en el tiempo, pero cuya espacialidad es en buena medida regular y no tan variable, por lo que los patrones territoriales que presentan los accidentes del año 2008 sí son útiles para considerar los sitios más inseguros de la actualidad. Las conclusiones en materia de prevención que se deriven de esta investigación, serán también prioritarias hoy en día.

Por otra parte, la Geografía del Transporte, de manera general, se encarga de estudiar cómo los diversos tipos de transporte evolucionan y se desarrollan dentro del medio geográfico; estos estudios se han especializado a partir de la revolución informática en la ciencia y actualmente una de las herramientas principales para realizar análisis espacial en Geografía es por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante los cuales se genera nuevo conocimiento

espacial y geoestadístico. La herramienta metodológica del *análisis espacial* junto con el empleo de los SIG, brinda gran variedad de ventajas en una investigación geográfica, entre las que se encuentra el análisis multicriterio, el cual es necesario para estudiar a los accidentes de tránsito ya que precisamente su ocurrencia se atribuye a una serie de distintos factores, los cuales deben ser estructurados y organizados para la determinación de los patrones territoriales que los causan.

Hipótesis

La frecuencia de los accidentes de tránsito a lo largo del corredor carretero México – Tijuana no ocurre de manera aleatoria, sino que tiene una alta correlación con las condiciones de población, infraestructura carretera y relieve, que se presentan a lo largo de los tramos que componen al corredor.

Justificación

- La perspectiva geográfica permite comprender las causas espaciales que contribuyen a la incidencia de los accidentes de tránsito en este corredor a partir del estudio de sus características espaciales como localización, distribución, concentración y correlación.
- A pesar de ser uno de los principales corredores del país, actualmente no existe un análisis geográfico del corredor carretero México- Tijuana.
- Esta investigación, no sólo busca organizar y desarrollar conocimiento sobre el tema, sino que se estructurarán conclusiones que permitan reducir la ocurrencia de accidentes de tránsito sobre el corredor carretero bajo estudio.

Objetivo principal

Identificar los patrones territoriales de los accidentes de tránsito y los tramos más inseguros del corredor carretero México-Tijuana en el año 2008, con fines fundamentalmente de prevención.

Objetivos particulares

- Explicar detalladamente el estado del arte de la Geografía del Transporte, así como el contexto histórico de los accidentes de tránsito y su lugar dentro del sistema del transporte.

- Detallar la evolución de la red carretera y de la seguridad vial en México y caracterizar al corredor carretero México-Tijuana a partir de tres ejes temáticos: eje de caracterización vial, eje físico-geográfico y eje socio-económico, con el fin de comprender la relación del corredor con su medio geográfico.
- Identificar, con ayuda del análisis espacial, los patrones territoriales que explican la frecuencia de los accidentes de tránsito del corredor carretero México-Tijuana.
- Evaluar el estado de la inseguridad vial del corredor carretero para elaborar propuestas de prevención.

La estructura de esta investigación se divide en tres capítulos, cuyo contenido se reseña a continuación:

El Capítulo 1 compila y analiza los trabajos de los principales pensadores que aportaron conocimiento teórico y conceptual a la Geografía del Transporte, desde el siglo XIX hasta la actualidad. Esta recolección requirió de técnicas investigativas, como la búsqueda de fuentes de información bibliográfica, resumen y organización de ideas principales, para llegar a la creación de la línea del tiempo referente a la evolución de tendencias cognoscitivas en la Geografía del Transporte. La segunda parte del capítulo, explica por qué los accidentes de tránsito se conforman como una externalidad social dentro del sistema de transporte. En la tercera y última parte, se destacan los aspectos históricos y teóricos de la seguridad vial y se detallan los factores que contribuyen a la accidentalidad vial a partir de la matriz de Haddon.

El capítulo 2, resume primeramente los aspectos históricos que dieron origen a la red carretera en México, así como los principales acontecimientos que ocurrieron en el tema de la seguridad vial nacional. La segunda parte del capítulo consiste propiamente en la caracterización geográfica del corredor bajo estudio, para la cual se discriminaron a los atributos geográficos más relacionables con la accidentalidad vial, a partir de la información proporcionada por la matriz de Haddon. Se crearon modelos cartográficos, tablas y gráficas que explican la importancia de cada una de las diez variables seleccionadas. En esta parte de la investigación fue necesaria, además de la investigación bibliográfica, la aplicación de conocimiento en sistemas de información geográfica (SIG), gracias al cual se generó información espacial y resúmenes estadísticos, necesaria para plantear un primer acercamiento a la problemática de estudio, al definir las condiciones geográficas que presenta el corredor.

El capítulo 3 detalla el por qué el análisis espacial es la herramienta metodológica que permite llegar a la determinación de los patrones territoriales de los accidentes de tránsito, que es el objetivo principal de la investigación. En este sentido, se explican los cuatro pasos metodológicos a seguir, desde el cómo se estructuró la información obtenida en el capítulo 2, la obtención de información descriptiva y exploratoria, la aplicación de la geoestadística y la modelación de distintos escenarios.

Para la realización de este capítulo, la investigación bibliográfica necesaria fue mínima en comparación a la que se ocupó en la redacción de los capítulos anteriores, sin embargo el reto consistió en el uso del SIG y de hojas de cálculo para llegar al resultado final, ya que se requirió trabajar con una base de datos muy extensa, la cual se estructuró en base a cada uno de los kilómetros del corredor. Otro reto consistió en la determinación de las herramientas estadísticas más convenientes para el estudio, ya que no sólo se aplicaron operaciones estadísticas básicas sino que se llegó a la creación de *tasas*, que permitieron determinar la importancia de ciertas variables y por consiguiente la revelación de los patrones territoriales y la localización de los tramos más inseguros del corredor.

Capítulo 1. Antecedentes teóricos de la Geografía del Transporte y de los accidentes de tránsito

En este capítulo, se desarrollarán tres apartados de estudio; primeramente, se enmarcará la evolución del pensamiento de la Geografía del Transporte desde que comenzó a articularse como ciencia hasta la actualidad, tomando en cuenta los principales actores que influyeron en la consolidación de esta rama de la Geografía Económica, así como sus principales obras y postulados, con el objetivo de exponer el contexto bajo el cual se desarrollan las investigaciones actuales referentes al Transporte abordadas desde la Geografía.

El segundo apartado explica cómo se articula el sistema de transporte, sus características y componentes, esto a partir de los postulados propuestos por la Teoría General de los Sistemas, para después identificar el lugar de los accidentes de tránsito dentro de los sistemas de transporte.

El tercer apartado aborda la evolución y las magnitudes que han alcanzado los accidentes de tránsito como un problema de salud a nivel mundial, que además afecta a la calidad de vida y competitividad de la sociedad en general. También se exponen los fundamentos conceptuales de la accidentalidad vial que son útiles desde la perspectiva geográfica y, finalmente, se desarrollan los factores que son necesarios en el estudio de las casualidades de la accidentalidad vial.

1.1 Evolución del pensamiento en la Geografía del Transporte

El fenómeno del transporte ha sido estudiado desde diferentes perspectivas científicas y a partir de distintos enfoques, dependiendo de la problemática a tratar y de los fines perseguidos por el investigador. En este subcapítulo, se da una panorámica general de la relación que los geógrafos han tenido con el transporte desde finales del siglo XIX hasta la actualidad. No todos los geógrafos que se mencionan se consideran especialistas en la Geografía del Transporte, pero sí tuvieron aportaciones importantes en esta rama de la Geografía, por ello se tomaron en cuenta para este análisis. También queda clara la innegable predominancia de estudios realizados por hombres ya que únicamente se encontraron trabajos de dos mujeres que han escrito sobre Geografía del Transporte. Al tratarse diversas perspectivas históricas, éstas se estructuraron en las seis tendencias cognoscitivas que se explican a continuación.

1.1.1 Comercial-colonial

Durante los siglos XVIII y XIX, la humanidad occidental vivió la llamada Revolución Industrial, la cual afectó diversos aspectos de la vida cotidiana y además propició cambios extraordinarios en el campo del transporte, con la aparición de la máquina de vapor y de los rieles, por ejemplo. En este momento aparece el concepto de distancia relativa, la cual sería medida en tiempo, dinero y accesibilidad y que sustituiría poco a poco a la distancia física (Giménez, 1986). Esta nueva concepción transformó el entendimiento de lo que se consideraría como lejano o cercano.

“Según el historiador René Rémond (1974) esta transformación acarrea tres tipos de consecuencias: políticas, resumidas en la apropiación y dominio efectivo del territorio por el Estado; sociales, como la ampliación del universo de los individuos más lejanos [...] y económicas, entre las que se cuentan la ampliación de los mercados, el abandono de la economía de autosuficiencia, y el incremento de los intercambios y del comercio.” (Giménez, 1986:9).

Así, los científicos contemporáneos comenzaron a estudiar estas transformaciones espaciales. Uno de los primeros fue el alemán Johann Georg Kohl (1808-1878), con su obra publicada en 1841 llamada: *El Transporte y los asentamientos humanos en su dependencia de la configuración de la superficie terrestre*. En esta se estudia la relación hombre – medio sobre las redes de transporte, teniendo la idea de que existe una lucha del hombre contra el espacio (*Ibid.*).

También, el geógrafo francés Elisée Reclus (1830-1950) en una de sus obras más importantes, *La Terre* de 1868, señaló cómo las luchas comerciales eran uno de los principales motivos de las guerras, ya que los Estados intentaban apropiarse de los puntos vitales de comunicación y de las vías comerciales estratégicas. Esta situación pudo observarse durante la expansión colonial europea del último tercio del siglo XIX.

Por su parte, el alemán Wilhem Götz (1844-1911) en su obra de 1888, *Las vías de transporte al servicio del comercio mundial*, destaca el papel geopolítico y económico del transporte, donde la seguridad y el comercio son considerados instrumentos coloniales. Con estos antecedentes se desarrolló a finales del siglo XIX, en la Geografía principalmente alemana, una fuerte corriente que tenía por objeto el estudio del comercio colonial, con una importante atención en los transportes. Estos estudios pueden considerarse el principio de la Geografía de los transportes contemporánea (Giménez, *op. cit.*; Cuadro 1.1).

1.1.2 Físico-regional

A finales del siglo XIX, los geógrafos alemanes comienzan a estudiar al transporte desde el punto de vista de la circulación, desarrollando la llamada Geografía de la Circulación (*Vergehrsgeographie*), la cual tuvo como objetivo la comprensión del sistema de flujos en el transporte, al que se comparaba con la circulación sanguínea del cuerpo humano.

En este sentido, Friedrich Ratzel (1844-1904) aparece como el primero en construir una aproximación teórica del tema, desde el capítulo *La circulación como moderadora del espacio*, en su obra *Geografía Política* de 1903. Ratzel definió a la circulación como: el movimiento en el espacio de personas y objetos de valor en relación a regiones o puntos determinados, con la finalidad de equilibrar, mediante el intercambio, los recursos naturales de la tierra y los hombres.

Además, Ratzel afirmó que la ley más general de la circulación es la de una fidelidad rígida a las condiciones geográficas; pero admite que los progresos de la técnica han modificado en parte estas condiciones geográficas y sólo queda un adversario contra quien luchar: el espacio. Así, elaboró una teoría estructurada de la circulación, donde el determinismo sí se consideraba pero no representaba una explicación absoluta ya que además tenía en cuenta la evolución de la tecnología y las políticas que influían en el sistema de transporte.

El geógrafo francés, Paul Vidal de la Blache dedicó también un capítulo al tema de los transportes en su *Principios de Geografía Humana* de 1922, donde lo aborda desde una perspectiva histórica y determinista, bajo la cual afirmó que desde la existencia de las sociedades primitivas, el medio ha ejercido sobre el hombre y sus actividades una influencia absoluta. Sin embargo, en cuanto a la circulación, Vidal se pregunta cuál es el peso que tiene la geografía física sobre ésta, y hasta qué punto la circulación se puede librar de las condiciones del medio físico (Giménez, *op. cit.*).

Tanto Ratzel como Vidal analizan la circulación de las personas y mercancías sobre la superficie terrestre. Sin embargo, Ratzel consideraba la guerra y el comercio como los instrumentos de dominio y de conquista de los nuevos espacios, mientras que Vidal concebía a la circulación como la promotora del intercambio y del progreso de las sociedades (Seguí y Martínez, 2004).

La concepción de la Geografía de la circulación experimenta con Max Sorre (1880-1962) un giro decisivo. En su obra *Los Fundamentos de la Geografía Humana* de 1948, sostiene que los fenómenos de la circulación cuentan con aspectos transitorios y contingentes. Sorre se refiere a la contingencia como la inestabilidad, la evolución constante de los hechos relacionados con el hombre. Así, encuentra una potencia creadora en la circulación, ya que ésta produce ciertos efectos

geográficos como las migraciones, las transformaciones en el hábitat, el comercio, la especialización territorial, etc. Sorre concibe al conjunto de vías de comunicación como una red, innovación que abre a los geógrafos al estudio de los efectos estructurales de los transportes sobre el territorio (Giménez, 1986; Cuadro 1.1).

1.1.3 Económica-mercantil

A partir de los años cincuenta, la metodología regional tradicional fue perdiendo hegemonía en los estudios geográficos del transporte, dando lugar a otros donde el espacio ya no es definido por una región natural sino por una región económica.

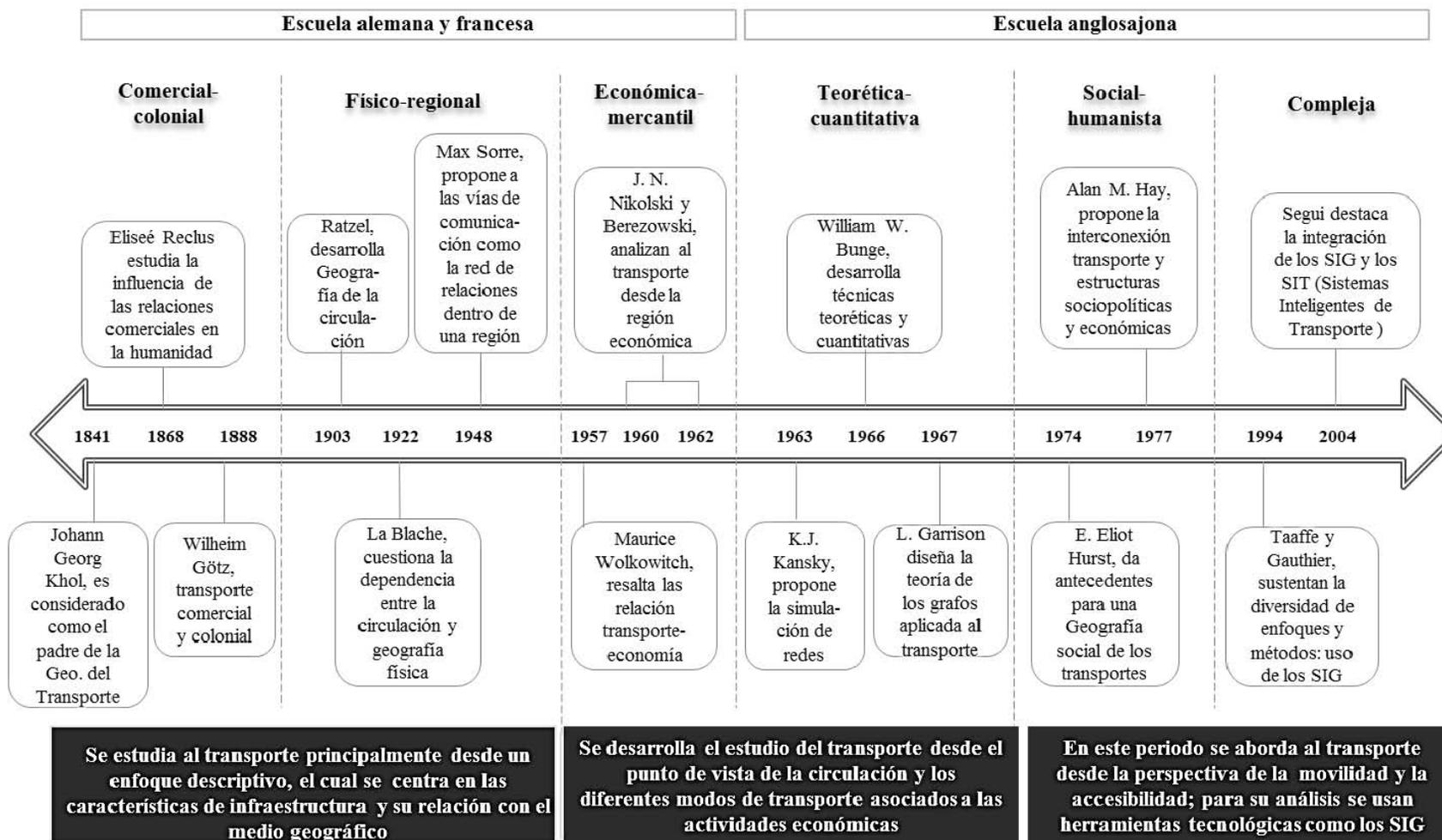
Maurice Wolkowitsch, en 1957, en su obra *L'économie régionale des transports dans le Centre et le Centre-Ouest de la France*, manifiesta que la red de transporte evoluciona a la par que el conjunto de actividades económicas y que la red influencia sus transformaciones pero también sufre sus efectos. Wolkowitsch propone estudiar primero las condiciones naturales históricas de la red de transportes; en segundo lugar, la influencia de la economía sobre la organización de los transportes; en tercer sitio, la influencia de la circulación sobre los elementos de la vida regional y, finalmente, la organización y corrientes de la circulación actual.

Wolkowitsch introduce algunas innovaciones al estudio de la circulación, en primer lugar describe los dominios geográficos de la circulación y relaciona la densidad y calidad de los sistemas de transporte con el espacio que ocupan; en segundo término, propone estudiar los factores de establecimiento y desarrollo de las redes de transporte: medio natural, política y estructura de las empresas; por último, presta atención a la influencia de los transportes en la organización del espacio: localización industrial, economía agraria, migraciones urbanas y ciudad.

Por otro lado, el polaco Stanislaw Berezowski, en su obra *Geografia transportu* de 1962, afirma que la conquista del espacio como victoria del hombre sobre los obstáculos del medio, había sido conseguida por la técnica, la cual se identifica y relaciona con las fuerzas productivas que la Geografía Económica debe estudiar con metodología regional.

Así, es la noción de región económica la que serviría de base metodológica en los estudios geográficos de transporte de la época. Otro trabajo relevante con un enfoque de regionalización económica fue el del geógrafo soviético J. N. Nikolski llamado *Geografia transporta* de 1960 (Giménez, *op. cit.*; Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Principales tendencias cognitivas en la Geografía del Transporte



Fuente: elaborado con base en Giménez, 1986 y Segui, 2004.

El interés de la Geografía de la circulación por los problemas económicos incitó a algunos geógrafos a conocer con más profundidad los elementos económicos del transporte y a extraer sus consecuencias geográficas. Por ejemplo, se estudió el impacto espacial de las tarifas del transporte; el papel de las vías de comunicación en el progreso económico y demográfico de las regiones tanto desarrolladas como subdesarrolladas; las relaciones entre transporte y ciudad (Giménez, *op. cit.*).

1.1.4 Teórica-cuantitativa

En la Geografía norteamericana, se comenzó a desarrollar un nuevo paradigma en el estudio del transporte, inscrito en el contexto general del triunfo neopositivista en ciencias sociales. Uno de los centros más activos en este nuevo contexto fue el departamento de Geografía de la Universidad del Estado de Washington, en Seattle. El aspecto cuantitativo proviene de la necesidad de presentar teorías con claridad, coherencia y sin contradicciones internas, tema resuelto con la formalización matemática, el uso de técnicas estadísticas y de la informática. Además, el interés de la Geografía por las formas espaciales condujo hacia la geometría, especialmente la topología. Se centró la atención en los componentes espaciales de los fenómenos, buscando las regularidades, estructuras, distribuciones y asociaciones espaciales a partir de enfoques funcionales sistémicos y ahistóricos.

En este contexto, el geógrafo K. J. Kansky en su obra *Structure of transport networks relationships between network geometry and regional characteristics* de 1963, propuso un modelo de configuración y desarrollo de los fenómenos geográficos por medio de la simulación, utilizada para crear o pronosticar un proceso a base de la predicción de la probable localización de las rutas a partir de una recopilación de datos.

Otro buen exponente de esta tendencia es William W. Bunge, quien en 1962 publicó su obra *Theoretical Geography*, en la cual dedica un capítulo al movimiento y a las redes desarrollando una perspectiva de trabajo teórico y un empleo de técnicas cuantitativas (Giménez, *op. cit.*).

En 1967, L. Garrison, en su obra *Quantitative Geography, part I: Economic and Cultural topics*, fue de los primeros geógrafos en aplicar la Teoría de los Grafos al estudio del transporte. Esta teoría revolucionó el enfoque geográfico sobre las redes de transporte. Su finalidad es la de proporcionar medidas de propiedades estructurales en esas redes a partir de la abstracción geométrica del sistema en un conjunto de nodos y rutas. La estructura de las redes así consideradas se revela en el estudio de los índices topológicos y en modelos de simulación. A partir de la revolución cuantitativa en la geografía de los transportes, los modelos fueron perfeccionados con el empleo de técnicas matemáticas cada vez más complejas y con la introducción de la variable tiempo. Otro geógrafo que aportó importantes conceptos teóricos a la geografía del transporte neopositivista fue Edward

Ullman, quien introdujo por ejemplo los modelos gravitatorios aplicados al estudio de interacción espacial (Giménez, *op. cit.*).

La tendencia cuantitativa permitió el desarrollo de un conjunto de temáticas clave para la Geografía de los Transportes como el análisis de las redes, el tratamiento y análisis de los flujos y las jerarquizaciones territoriales que establecen el planteamiento y la simulación de modelos predictivos de demanda, así como la utilización, de forma analógica, de otros modelos procedentes de otras disciplinas (Seguí y Martínez, 2004; Cuadro 1.1).

1.1.5 Social-humanista

Una primera crítica al modelo neopositivista en la geografía de los transportes, fue aportada en 1974 por E. Eliot. Hurst, en su obra *Transportation geography. Comments and Readings*, donde afirmó que los resultados predeterminadamente objetivos pugnados por el método neopositivista sólo conducen a considerar a las personas como un objeto de estudio impersonal, lo cual impide la comprensión de los problemas. El centro de la crítica se dirige contra una geografía de los transportes deshumanizada que no toma en cuenta al medio socioeconómico.

“El cientificismo puede producir descripciones muy exactas [...], pero no de valor explicativo, no ayuda a comprender. De hecho, es relativamente fácil en la geografía de los transportes descubrir en términos matemáticos modelos bastante complejos sin comprender los procesos básicos involucrados.” (Hurst, 1974 en Giménez, 1986:47).

Por su parte, Alan M. Hay en 1977 publica su obra *Linear programming: Elementary geographical applications of the transportation problem*, donde determina que el objeto de la Geografía de los transportes está en el análisis de las interconexiones entre el sistema de transporte y las estructuras sociopolíticas y económicas en una región, que puede ser abordado desde dos puntos de vista: desde el contexto político y socioeconómico de las decisiones que afectan al transporte; y desde las consecuencias que derivan de estas decisiones.

La Geografía de los transportes de los años setentas se caracteriza en cuanto a su metodología por contar con un amplio abanico de teorías y objetivos, sin embargo, se tiende hacia una integración en las teorías de la ciencia social. Así, es posible constatar un cambio de interés, pasando por las cuestiones estrictamente económicas a las socioeconómicas y un acercamiento a otras ciencias sociales como la sociología y la psicología (Giménez, *op. cit.*).

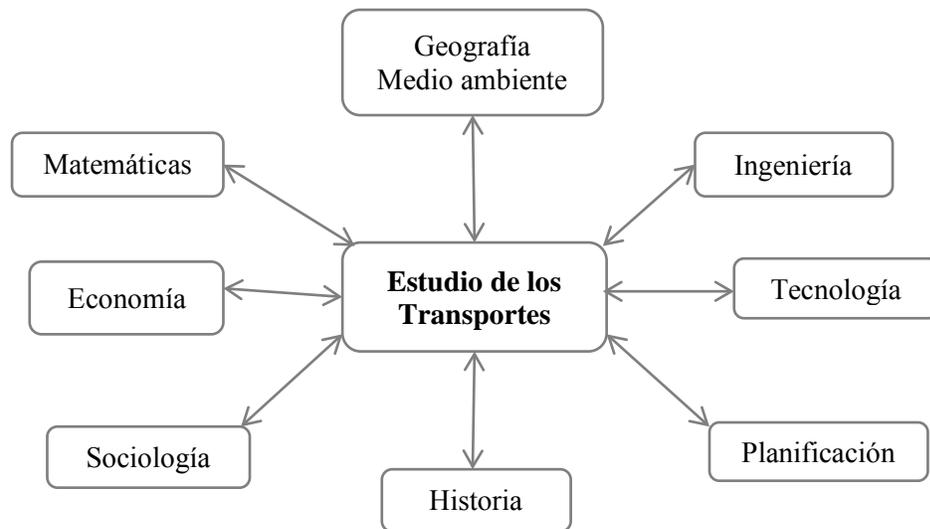
Los estudios humanistas, se centran en el comportamiento individual de las personas y en cómo éste es el fruto de las distintas percepciones, en función de su experiencia y de un conjunto de

condiciones. Suponen un cambio muy considerable en los estudios de Geografía del Transporte, al introducir la microescala y la preferencia por el estudio de las redes de transporte urbanas (Segui y Martínez, 2004; Cuadro 1.1).

1.1.6 Compleja

La Geografía de los transportes presenta en la actualidad, enfoques diversos y tratamientos metodológicos muy diferenciados, en concordancia a la evolución y al desarrollo de las tendencias posmodernas del pensamiento geográfico y la coexistencia de éstas conducen a introducir conceptos nuevos como son la relativización y el eclecticismo. Así, se puede afirmar que existe una pluralidad conceptual y metodológica en la Geografía de los Transportes del siglo XXI. El análisis y la planificación de los transportes son interdisciplinarios por naturaleza, pues afectan por ejemplo a ingenieros, economistas, planificadores y geógrafos, etc. (Segui y Martínez, 2004; Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Pluralidad de las disciplinas involucradas en el Transporte



Fuente: elaborado con base en Segui y Martínez, 2004.

En los inicios de los años noventa, la característica fundamental de los estudios del transporte han experimentado un resurgimiento hacia la pluralidad de enfoques y de métodos como: la utilización de modelos normativos; estudios empíricos-analíticos; utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG); estudios comportamentales; análisis culturales e históricos y, finalmente, utilización de la teoría social marxista (Taaffe y Gauthier, 1994 en Segui y Martínez, 2004).

En los albores de la década de los noventa, la investigación de la Geografía del Transporte se centra en nueve temas, los cuales continúan siendo los más desarrollados actualmente, añadiendo énfasis a los cambios sociales, muchos de ellos derivados de los efectos en los últimos diez años de la globalización y del posfordismo (Segui y Martínez, 2004):

- Análisis de los transportes y práctica política.
- El impacto en la construcción de nuevas infraestructuras.
- La disminución de la fricción de la distancia; innovación en transporte.
- Las brechas en la movilidad y las accesibilidades diferenciales; estudios de desigualdad.
- Modelos de demanda.
- El transporte, medio ambiente y energía.
- Viajes, recreación y turismo.
- Retos teóricos y metodológicos.
- Sistemas de Información para la planificación y gestión del transporte.

La Geografía del Transporte es, necesariamente, una ciencia aplicada que se vale de métodos y técnicas, con el objetivo final de proveer de eficiencia a los movimientos, a través de la identificación y diagnóstico de las restricciones espaciales. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica, como tecnología, constituyen una extraordinaria aportación de carácter metodológico que, desde su origen, se han encontrado estrechamente vinculados al análisis territorial de los sistemas de transporte.

En la primera década del siglo XXI, se comenzaron desarrollar los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT), los cuales utilizan a los SIG como instrumentos para la construcción, gestión y análisis de sus bases de datos geográficas. Los SIT utilizan bases de datos navegables que facilitan el acceso, recuperación, análisis y representación de grandes volúmenes de información en tiempo real. La visualización de datos geográficos en tiempo real, a través del Internet incrementa enormemente las potencialidades de los SIG y de los SIT, al poder acceder a bases de datos geográficas y a las funcionalidades de los SIG de forma remota.

Una gran parte de la información que se procesa en los SIT corresponde a información dinámica, espacialmente referenciada, como el volumen de tráfico, congestiones, accidentes, etc., así como la pertinente localización de equipamientos e infraestructuras. Los SIT priorizan el uso de sistemas en tiempo real que implican la adquisición de datos mediante sensores remotos, comunicaciones interactivas, procesamiento y computación distribuida. Actualmente, el campo de los SIG aplicados

al transporte es muy extenso, desde el análisis de redes, la evaluación de impactos ambientales, la localización y el análisis de accidentes de tránsito, etc. (*Ibid.*; Cuadro 1.1).

Es importante mencionar que actualmente muchas dimensiones del problema del transporte están vinculadas con el predominio y el crecimiento del automóvil privado. El Cuadro 1.3 resume los problemas de mayor relevancia referentes a la interacción entre la Geografía y el Transporte.

| Cuadro 1.3. Problemas entre la interacción geográfica y el transporte | |
|--|---|
| Interacción Geográfica | Problema Tipo Generado |
| 1. La apropiación del territorio | 1. Congestión de tránsito. Uno de los problemas más frecuente en las grandes aglomeraciones urbanas. 2. Insuficiencia del transporte público. Parte de los sistemas de transporte público, son utilizados a su máxima capacidad o subutilizados. 3. Las dificultades para los peatones y la pérdida del espacio público para peatones y otros usuarios. |
| 2. Las áreas de influencia y riesgos | 1. Los impactos ambientales y el consumo de energía. 2. Los accidentes y la inseguridad vial. |
| 3. La movilidad | 1. Usos del suelo 2. Distribución de la demanda. |
| Fuente: elaborado con base en Cerquera, 2011. | |

De estos problemas expuestos se enfoca la atención en la llamada interacción geográfica correspondiente a las áreas de influencia y a los riesgos, específicamente en los accidentes de tránsito.

1.2. Los accidentes de tránsito dentro del sistema de transporte

Para estudiar al sistema de transporte es necesario primeramente conocer la definición de sistema, la cual se delimitará a partir de una breve explicación de la Teoría General de los Sistemas, debido a que es la base bajo la cual se crea la concepción del transporte como un sistema. Este análisis se realizará para estructurar como tal al sistema de transporte y comprender el lugar que ocupan los accidentes viales dentro de éste y desde una perspectiva geográfica.

1.2.1 La Teoría General de los Sistemas

Anteriormente, la ciencia trataba de explicar los fenómenos observables reduciéndolos a unidades elementales que podían estudiarse independientemente unas de las otras; pero en la ciencia contemporánea aparecen actitudes que se ocupan de estudiar a la llamada totalidad es decir, a los

problemas de organización, a los fenómenos no divisibles en acontecimientos locales, etc. En una palabra: la ciencia contemporánea busca estudiar sistemas de varios órdenes, los cuales no llegan a ser comprensibles únicamente investigando sus respectivas partes aisladas.

Concepciones y problemas de tal naturaleza han aparecido en todas las ramas de la ciencia, sin importar que el objeto de estudio sean cosas inanimadas, organismos vivientes o fenómenos sociales. Esta correspondencia es más llamativa en vista de que cada ciencia siguió un curso independiente, casi sin contacto con las demás y basándose todas en hechos diferentes y filosofías contradictorias (Bertalanffy, 1986).

Estas consideraciones fueron las que condujeron al biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, en el año de 1968, a publicar y proponer una nueva disciplina científica, a la cual llamó: Teoría General de los Sistemas, cuyo tema es la formulación de principios válidos para los sistemas en general, sea cual fuere la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones o fuerzas reinantes entre ellos. La Teoría General de los Sistemas postula a los sistemas como un conjunto de elementos en interacción y tiene como metas principales las siguientes (*Ibid.*):

- Una tendencia general hacia la integración en las varias ciencias, naturales y sociales.
- Un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia.
- Al elaborar los principios unificadores que existen verticalmente por el universo de las ciencias, esta teoría nos acerca a la meta de unidad de la ciencia.
- Esto puede conducir a una integración científica.

De manera general, esta teoría busca desarrollar una forma de acercarse a la realidad desde una perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. El enfoque sistémico permite estudiar a los fenómenos de cualquier naturaleza desde el punto de vista del todo, donde cada uno forma parte de un fenómeno mayor y donde todos sus elementos están relacionados entre sí (Giménez, *op. cit.*).

1.2.2 Configuración del Sistema de Transporte

En el caso de la Geografía de Transporte, el concepto de sistema fue abordado por distintos autores con la finalidad de entender al transporte desde esta concepción interrelacional:

“El geógrafo sabe por experiencia que los hechos geográficos constituyen sistemas cuya estructura se centra en el espacio terrestre, tanto por la naturaleza de los elementos que concurren en ellos, como por la frecuencia y magnitud de los mismos y las interacciones

que dentro del sistema se establecen entre ellos. Los sistemas geográficos se caracterizan por ser, a diferencia de otros sistemas, abiertos, dinámicos e inestables.” (Higuera, 2003 en Hermosillo, 2007:22).

Potrykowski, 1984, por ejemplo, define al sistema como el cúmulo de interrelaciones que existen entre los elementos individuales del transporte y las relaciones de sus elementos con el medio ambiente. Por otra parte, Tolley define a los sistemas de transporte como la respuesta a las crecientes necesidades de comunicación entre individuos como entre sociedades para la movilidad de mercancías como parte de las economías regionales y mundiales (IMT – SCT, 2007).

Más recientemente, Chías, 1997, propone que, por sistema de transporte debemos entender a un conjunto interactivo de elementos técnicos, organizacionales, económicos y socioambientales que inciden en la estructura, organización y funcionalidad de todo sistema urbano regional. Por su parte Garrido, 2001, en IMT – SCT, 2007, sostiene que el transporte es un sistema organizacional y tecnológico que apunta a trasladar personas y mercancías de un lugar a otro para balancear el desfase espacial y temporal entre los centros de oferta y demanda. Lo anterior plantea el problema de realizar este traslado en forma eficiente y sustentable.

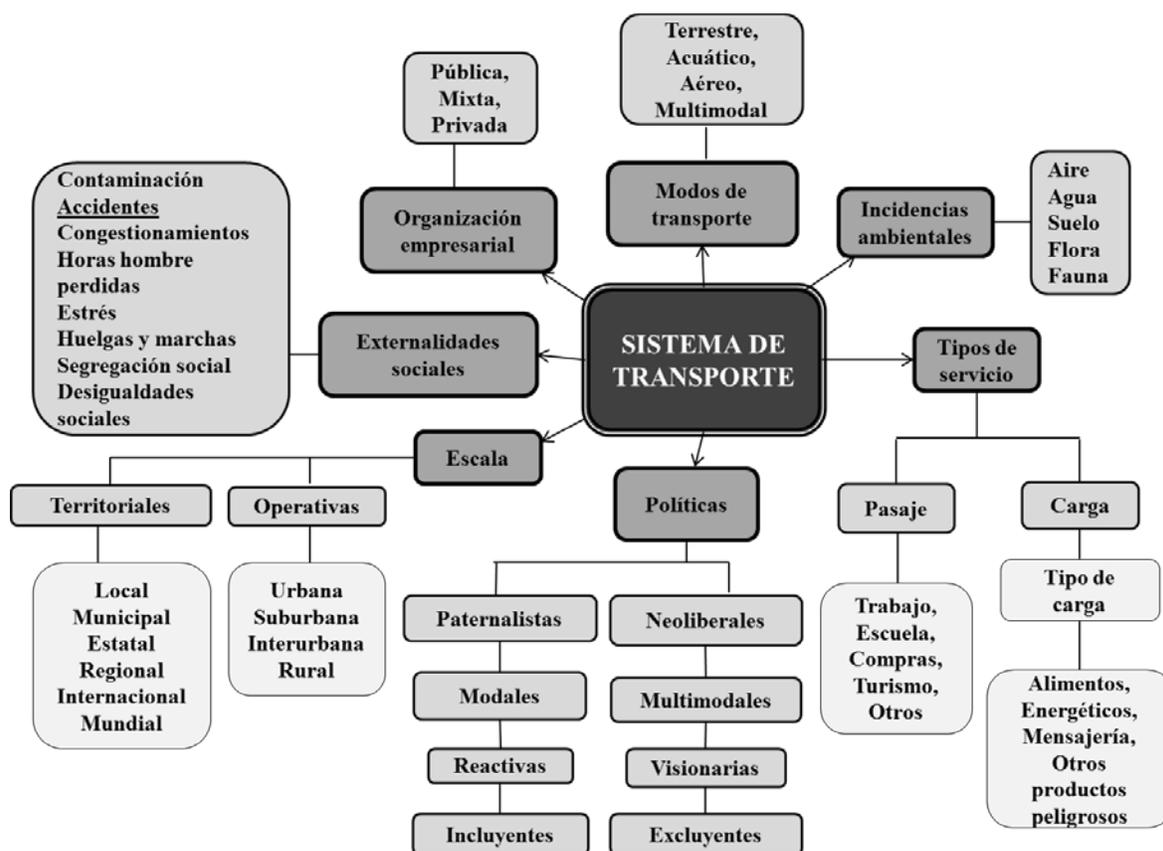
Así, como definición propia de *sistema de transporte*, se concluye que para la Geografía del Transporte la concepción del transporte mismo es visto como un sistema, el cual tiene como objetivo comprender su naturaleza compleja, en donde existen múltiples factores que lo determinan e integran y donde todos sus elementos se interrelacionan espacial y temporalmente. El sistema de transporte se caracteriza por integrar al territorio con el ser humano y su medio ambiente.

Uno de los elementos que conforman al sistema de transporte son los accidentes de tránsito, los cuales fueron definidos por Chías, 2003, como externalidades sociales dentro del sistema de transporte, Chías además sostiene que, el transporte desarrolla modelos complejos según sus tipos, incidencias ambientales y económicas, clases de servicio, políticas implementadas, escalas de desarrollo y externalidades sociales, todo lo cual afecta dicho sistema y le da un carácter abierto, dinámico e inestable. Todos ellos con sus respectivas características que finalmente determinan la organización, estructura y funcionalidad del sistema.

Por su carácter estratégico, el transporte permite integrar social, económica y políticamente a un territorio. Sin embargo, éste registra una serie de impactos, rezagos o deficiencias que se traducen en las denominadas externalidades sociales, que no son otra cosa que el resultado de efectos indirectos cuya acción perjudica a un individuo o a una comunidad en su conjunto, por ejemplo: los graves problemas de congestión vial y las consecuentes horas-hombre perdidas,

contaminación por alto consumo de combustible diario, segregación social, conducción bajo estrés y altos índices de accidentalidad vial (*Ibid.*).

Cuadro 1.4. El transporte como un sistema complejo multidimensional



Fuente: elaborado con base en Chías, 2003.

Retomando las ideas holísticas propuestas por la teoría general de los sistemas, se comprende la importancia que juegan cada uno de los elementos que conforman el sistema de transporte, ya que todos se interrelacionan entre sí, e influyen en el grado de desarrollo de cada uno. Además, es importante estudiar desde la Geografía el sistema de transporte debido a su inherente correlación con el espacio, por lo cual las implicaciones de su funcionamiento repercuten también territorialmente. En este sentido, los principales componentes del sistema de transporte se pueden clasificar en (Chías, *op. cit.*):

- Territoriales: espacio de desplazamiento, localización y escala del sistema de transporte y factores físicos que inhiben o facilitan la circulación.

- Técnicos: infraestructura, equipamiento y desarrollo tecnológico.
- Económicos: oferta y demanda de productos y servicios.
- Operativos: administración y logística de servicios.
- Normativos: políticas, programas y reglamentos.
- Ambientales: de orden físico-geográfico.
- Sociales: segregación y riesgos provocados por externalidades.

Es evidente que el sector transportes juega un papel decisivo en cualquiera de las sociedades actuales y, por ello, está presente de forma muy directa en las relaciones económicas, políticas y sociales entre diversos países, regiones y ciudades. Un sistema de transporte constituye un complejo proceso, con características particulares, que son necesarias de analizar desde una perspectiva geográfica para poder espacializar su funcionalidad y comportamiento, incluyendo también los procesos de articulación, desarticulación, integración territorial, accesibilidad y patrones territoriales, en función de los distintos tipos de redes de transporte generadas (Chías, *op. cit.*).

1.3. Aspectos históricos y teóricos de la seguridad vial

La historia del transporte es en buena medida la historia del empeño de los seres humanos por mejorar la seguridad de sus desplazamientos. A los poderes establecidos correspondía la tarea del mantenimiento del orden en las rutas de transporte (control de grupos hostiles, represión y control de la población, de la piratería, etc.) y a los técnicos y profesionales del transporte correspondía la creación de vehículos e infraestructuras crecientemente seguros para el desenvolvimiento de las actividades de transporte.

Así, el avance en la seguridad del transporte ha sido incesante a lo largo de la historia de la humanidad. En la era moderna, la inseguridad intrínsecamente asociada al viaje fue trocándose en una creciente seguridad, obtenida mediante la mejora tecnológica y el establecimiento de normas estrictas de operación de los sistemas de transporte. Sin embargo, este proceso histórico de garantizar la seguridad en el transporte se truncó en los albores del siglo XX, con la aparición del automóvil. Tanto la frecuencia como la gravedad de los accidentes de transporte, que habían venido descendiendo lenta pero firmemente a lo largo de los siglos, volvieron a incrementarse en los países en los que se introdujo el automóvil, a un ritmo que no se había visto nunca con anterioridad en toda la historia humana.

Entre los pocos datos históricos disponibles sobre la accidentalidad terrestre pre-automovilística se cuenta con algunos registros de Inglaterra y Gales. Hacia 1840, la mortalidad en accidentes de

circulación en ambos territorios parece que se situaba por encima de los 1,500 muertos al año, incluyendo caídas de caballos, atropellos y todo tipo de accidentes en carruajes.

La aparición de nuevos vehículos no motorizados, como la bicicleta, y sobre todo el ferrocarril, trajo consigo un espectacular incremento de la movilidad y al mismo tiempo ayudó a reducir la mortalidad: en 1870, ya con el ferrocarril ampliamente desarrollado, hubo unas 1,400 muertes en ambos territorios. A partir de entonces, la escalada de muertes en el Reino Unido fue vertiginosa: en 1930 se registraron 3,722 muertes sólo de peatones atropellados por automóviles, y la mortalidad peatonal siguió creciendo hasta que, a principios de la década de los 70, en las calles y carreteras del Reino Unido llegaron a morir 8,000 personas al año.

Un proceso similar se fue registrando en todos los países que iban accediendo a la motorización masiva, cuyo ritmo se aceleró tras la reconstrucción post-bélica en los países de la OCDE. En los años cincuenta, los muertos anuales en accidentes de tráfico en el mundo ya se contabilizaban por cientos de miles, pero esas cifras, circunscritas en su mayor parte a los países desarrollados, eran todavía muy modestas en comparación con lo que vendría poco después.

En las últimas décadas del siglo XX, la entrada de los llamados "países en desarrollo" en el proceso de motorización masiva comenzó a disparar las cifras de la accidentalidad vial. La combinación de un rápido aumento del parque de vehículos, con unos recursos muy limitados para seguridad y vigilancia, comenzó a hacer verdaderos estragos en amplias regiones de África, Asia y Latinoamérica. Las reducciones de la accidentalidad que se lograron a partir de los años ochenta en algunos países desarrollados resultaron insignificantes frente al incremento de la accidentalidad en los países en desarrollo.

Aunque las estadísticas de algunas regiones mundiales son poco fiables, parece que a mediados de la década de los ochenta ya se había superado el medio millón de víctimas mortales al año, a escala mundial. En 1990, se alcanzaban los 700,000, el Informe de 1999 de la Organización Mundial de la Salud estimaba en 1,171,000 las muertes por accidentes de tráfico en todo el mundo en 1998. Los accidentes de automóvil son ya la décima causa de muerte a nivel mundial, y la novena amenaza para la vida humana, según el indicador de "años potenciales de vida saludable perdidos", que utiliza la OMS para evaluar el daño global causado por una enfermedad.

En el año 2004, los traumatismos por accidentes de tránsito ocuparon el noveno lugar dentro de las principales causas de mortalidad a nivel mundial con un 2.2 % del total, sin embargo se estima que para el 2030 ocupen el quinto lugar siendo causantes de muerte más recurrentes que enfermedades

muy conocidas como el VIH/sida, algunos tipos de cáncer y la diabetes. Esta situación deja en claro la importancia de estudiar a los accidentes de tránsito con la finalidad de contribuir al desarrollo de estudios que logren disminuir estas cifras estimadas por la OMS, 2009; Cuadro 1.5.

| Cuadro 1.5. Principales causas de mortalidad en el mundo, datos comparados de 2004 y 2030 | | | | | |
|--|---|------|--------------|--|------|
| Total 2004 | | | Total 2030 | | |
| No. de Orden | Principales Causas | % | No. de Orden | Principales Causas | % |
| 1 | Enfermedad isquémica del corazón | 12.2 | 1 | Enfermedad isquémica del corazón | 14.2 |
| 2 | Enfermedad cerebrovascular | 9.7 | 2 | Enfermedad cerebrovascular | 12.1 |
| 3 | Infecciones de las vías respiratorias inferiores | 7.0 | 3 | Enfermedad pulmonar obstructiva crónica | 8.6 |
| 4 | Enfermedad pulmonar obstructiva crónica | 5.1 | 4 | Infecciones de las vías respiratorias inferiores | 3.8 |
| 5 | Enfermedades diarreicas | 3.6 | 5 | Traumatismos por accidentes de tránsito | 3.6 |
| 6 | VIH/sida | 3.5 | 6 | Cánceres de tráquea, los bronquios y el pulmón | 3.4 |
| 7 | Tuberculosis | 2.5 | 7 | Diabetes mellitus | 3.3 |
| 8 | Cánceres de tráquea, los bronquios y el pulmón | 2.3 | 8 | Enfermedad cardiaca hipertensiva | 2.1 |
| 9 | Traumatismos por accidentes de tránsito | 2.2 | 9 | Cáncer del estómago | 1.9 |
| 10 | Prematuridad y bajo peso al nacer | 2.0 | 10 | VIH/sida | 1.8 |
| 11 | Infecciones neonatales y otras | 1.9 | 11 | Nefritis y nefrosis | 1.6 |
| 12 | Diabetes mellitus | 1.9 | 12 | Lesiones autoinflingidas | 1.5 |
| 13 | Paludismo | 1.7 | 13 | Cáncer de hígado | 1.4 |
| 14 | Enfermedad cardiaca hipertensiva | 1.7 | 14 | Cáncer colorectal | 1.4 |
| 15 | Asfixia del nacimiento y traumatismo del nacimiento | 1.5 | 15 | Cáncer de esófago | 1.3 |
| 16 | Lesiones autoinflingidas | 1.4 | 16 | Violencia | 1.2 |
| 17 | Cáncer del estómago | 1.4 | 17 | Alzheimer y otras demencias | 1.2 |
| 18 | Cirrosis del hígado | 1.3 | 18 | Cirrosis del hígado | 1.2 |
| 19 | Nefritis y nefrosis | 1.3 | 19 | Cáncer de mama | 1.1 |
| 20 | Cáncer colorectal | 1.1 | 20 | Tuberculosis | 1.0 |

Fuente: elaborado con base en OMS, 2009.

De hecho, los accidentes de tránsito mortales han sido considerados hasta hace muy poco tiempo como una consecuencia inevitable de la existencia de los automóviles, cuya utilización se supone imprescindible para el desenvolvimiento económico y social en el mundo moderno. Nunca se ha planteado, en consecuencia, la posibilidad de atribuir responsabilidades globales sobre tales muertes a ningún sector económico o institucional (OMS, 2009).

Sin embargo, en los últimos años se han producido avances significativos en la comprensión del problema de los accidentes de tránsito, que pueden abrir el camino a la identificación de claras responsabilidades industriales: se perfila la idea de que las "matanzas" diarias del tráfico son algo muy distinto a una acumulación de fatalidades de responsabilidad individual, que es como son presentadas generalmente.

1.3.1 Contexto Internacional

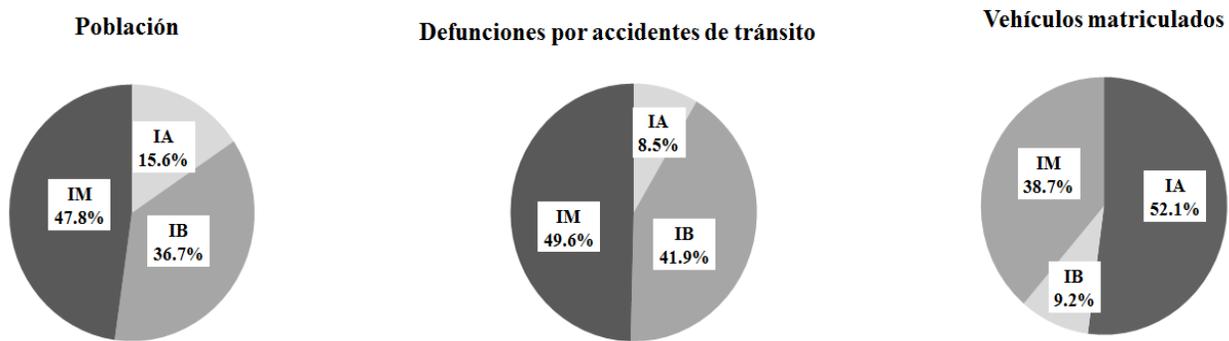
Los sistemas de transporte terrestre han pasado a ser un aspecto decisivo de la modernidad, con la aceleración de las comunicaciones y del transporte de personas y mercancías, han revolucionado las relaciones económicas y sociales contemporáneas, sin embargo, la adopción de nuevas tecnologías tiene sus costos: la contaminación ambiental, el estrés urbano y el deterioro de la calidad del aire están directamente relacionados con los sistemas modernos de transporte terrestre. Sobre todo, este tipo de transporte se asocia cada vez más al aumento de los accidentes de tránsito y de la mortalidad prematura, así como a discapacidad física y psicológica.

Las pérdidas no se limitan a la reducción de la productividad de los trabajadores ni a los traumatismos que afectan a las vidas privadas de las víctimas. El aumento de los costos para los servicios de salud y para las finanzas públicas, también son importantes (OMS, 2004). Y si se calculan los impactos de los accidentes de tránsito en la calidad de vida de los hogares afectados y sobre todo en la competitividad de corredores económicos, ciudades y regiones se estaría visualizando el problema de la inseguridad vial en toda su magnitud.

Más del 90% de las víctimas mortales por causa del tránsito se encuentran en los países de ingresos bajos y medianos, que sólo tienen el 48% de los vehículos del mundo, mientras que los países de mayores ingresos son los que tienen el mayor número de vehículos matriculados y sin embargo son los que presentan el menor porcentaje de accidentes de tránsito, los cuales ocurren principalmente en los países de ingresos medios, por ser los que cuentan con el mayor porcentaje de población a nivel mundial (Figura 1.1) (OMS, 2009).

En la mayoría de los países de ingresos bajos y medianos, gran parte de los usuarios de las vías de tránsito son personas vulnerables: peatones, ciclistas y usuarios de vehículos de motor de dos o tres ruedas. Estos grupos de usuarios no cuentan con alguna protección física que los resguarde, por lo tanto, corren un riesgo mayor que aquellos que utilizan automóviles, por ejemplo.

Figura 1.1. Población, defunciones por accidentes de tránsito y vehículos de motor matriculados, por grupos de países en el mundo



IA = países de ingresos altos; IM = países de ingresos medios; IB = países de ingresos bajos

Fuente: elaborado con base en OMS, 2009.

Los usuarios vulnerables de las vías de tránsito corren riesgos adicionales cuando sus necesidades no se tienen en cuenta durante la planificación del uso del territorio o la construcción de las vías de tránsito. En muchos países, éstas se planean y construyen para que los vehículos de motor puedan circular más rápido, mientras que se dedica una atención insuficiente a las necesidades de los peatones y ciclistas, lo que significa que estos usuarios vulnerables de las vías de tránsito se enfrentan cada vez con más riesgos a la hora de utilizar y cruzar dichas vías. A medida que aumentan las tasas de motorización en el mundo, muchos países como México, no prestan la atención suficiente a las necesidades de los grupos de usuarios vulnerables de las vías de tránsito en sus políticas de transportes (OMS, *op. cit.*).

Sin embargo, también existen progresos mundiales en materia de legislación sobre seguridad vial; está demostrado que la adopción y observación de leyes integrales sobre los factores de riesgo fundamentales (exceso de velocidad, conducción bajo los efectos del alcohol y no utilización del casco de motociclista, del cinturón de seguridad y de sistemas de retención para niños) ha reducido las lesiones causadas por el tránsito. Las campañas de comunicación social para mantener entre el público la percepción de que hay que cumplir esas normas son esenciales para que estas resulten eficaces.

Entre 2008 y 2011, 35 países que representan cerca del 10% de la población mundial han promulgado leyes relacionadas con uno o más de esos cinco factores de riesgo fundamentales. Sin embargo, no ha aumentado el número de países con legislación adecuada sobre el conjunto de esos

cinco factores; desde la última evaluación siguen siendo los mismos 28 países (que representan un 7% de la población mundial) los que disponen de leyes integrales (OMS, 2011).

En marzo del 2011, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 como el Decenio de Acción para la Seguridad Vial, con el objetivo general de estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo aumentando las actividades en los planos nacional, regional y mundial. Se espera que este plan mundial sea útil para apoyar el desarrollo de planes de acción tanto locales como nacionales y, al mismo tiempo, pueda ofrecer un marco para favorecer la realización de actividades coordinadas a nivel regional y mundial.

Los principios rectores en que se basa el Plan para el Decenio de Acción son los que se incluyen en el enfoque sobre un sistema seguro, que pretende desarrollar un sistema de transporte vial mejor adaptado al error humano y que tome en consideración la vulnerabilidad del cuerpo humano; así se alienta a los países a que, dentro del marco jurídico de los gobiernos locales y nacionales, ejecuten las actividades de conformidad con los cinco pilares siguientes (*Ibid.*):

- Gestión de la seguridad vial
- Vías de tránsito y movilidad más seguras
- Vehículos más seguros
- Usuarios de vías de tránsito más seguros
- Respuesta tras los accidentes

1.3.2 Fundamentos conceptuales de los accidentes de tránsito

El accidente de tránsito se define generalmente como: “una colisión no deseada con cierta intensidad, en cierto sitio y momento determinado, que puede ocurrir entre dos o más vehículos automotores, vehículo con peatón o vehículo con infraestructura incluye por supuesto la volcadura de vehículos y colisión con ferrocarril”. Sin embargo, esta interpretación puede considerarse limitada y restrictiva, consideración propuesta por Tamez, 1993 en Chías, 2000; quien afirma que la mayoría de las definiciones de accidente en un contexto general; en la que se incluye la de la legislación mexicana, lo explican como un evento repentino e inesperado o fortuito y azaroso por lo que se contrapone con los objetivos de la prevención, pues un suceso que no se puede advertir no es susceptible de acciones preventivas.

Por su parte, Domínguez define al accidente de tránsito como un acontecimiento vehicular carretero y/o vial, indeseable; repentino y violento, que puede ser diferenciado, y se considera problema de

tránsito terrestre; sus causas pueden ser inherentes o no al conductor y/o a su vehículo, en la mayoría de los casos es potencialmente prevenible, sus consecuencias pueden ser daños mentales, corporales, y/o materiales; además, es un fenómeno geográfico que tiene por características la espacialidad y la temporalidad (Domínguez, 1993 en Hernández, 2004).

Es importarse cuestionarse entonces la forma en la que se concibe a los factores que propician al accidente de tránsito; tradicionalmente se ha calificado al error humano como la principal causa por la falta de capacidad individual en la operación del vehículo automotor. Al respecto la Dirección General de Autotransporte de la SCT afirma que en “ocho de cada diez casos el conductor es el responsable de la ocurrencia de accidentes” (SCT, 1998 en Chías, 2000). Esta perspectiva reduccionista contrasta con la realidad de un fenómeno en el que intervienen múltiples y muy complejas situaciones.

En consecuencia, se debe profundizar en el estudio y la forma en la que los accidentes de tránsito se pueden prevenir, conociendo y analizando geográficamente la información disponible y demostrando que los factores considerados “azarosos” en realidad pueden ser medidos y cuantificados para su estudio geográfico y generación de propuestas preventivas. Para este trabajo se considera como *accidente de tránsito* un evento espacial y temporal, resultado del movimiento entre personas y vehículos en un espacio y tiempo determinado. Se trata de un proceso que tiene una localización, distribución, intensidad, temporalidad y causalidad propia, de naturaleza no aleatoria sino probabilística y por tanto es prevenible.

Es necesario tomar en cuenta que las vías de comunicación son infraestructuras que permiten el movimiento de personas y mercancías, a través de vehículos, por lo tanto, una condición propia y necesaria del sistema de transporte es la seguridad, así considerando a los accidentes de tránsito como un fenómeno resultante de diversas causas que coinciden en el espacio geográfico es válido analizarlo desde la perspectiva geográfica. Es importante destacar que este fenómeno rebasa al sector salud, ya que el accidente de tránsito es un acontecimiento con implicaciones sociales y económicas de gran relevancia por sus consecuencias espaciales negativas (Hernández, 2004).

El uso de vehículos motorizados se ha intensificado por su gran capacidad de movilidad, dirección e independencia, incrementando implícitamente el intercambio y distribución de bienes y servicios, así como el desplazamiento de personas que tienen a ubicarse y desarrollarse en función del proceso de concentración del capital (Chías, 2000). Precisamente, es en estos procesos donde la Geografía en general y la del Transporte en particular, participan significativamente al establecer teorías y modelos que explican la organización y evolución de la movilidad (Potrykowski, 1984).

La OMS ha propuesto la utilización de la matriz de Haddon como instrumento para la comprensión de los factores causales en los accidentes de tránsito. Se trata de un modelo conceptual que aplica principios básicos de la salud pública a los problemas de la seguridad en el tránsito y ayuda a guiar la investigación y el desarrollo en las acciones de prevención y promoción (Cuadro 1.6). La matriz relaciona la secuencia temporal con los elementos concurrentes en un accidente de tránsito, como el factor humano, el factor vehicular y el factor vial, aunque es relevante señalar que la complejidad de estos accidentes involucran otros factores de riesgo, más allá de estos tres considerados como clásicos según la triada de la inseguridad vial creada por la Ingeniería Vial.

| Cuadro 1.6. Matriz de Haddon: factores relacionados con la ocurrencia de lesiones por accidentes de tránsito | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Fase | Factores | | | |
| | Humano | Vehículo | Vía | Medio socioeconómico y ambiental |
| Pre-evento | <ul style="list-style-type: none"> – Información – Actitudes – Emociones – Discapacidad | <ul style="list-style-type: none"> – Estado técnico del vehículo (luces, frenos, etc.) – Control de velocidad | <ul style="list-style-type: none"> – Diseño y trazado – Vías peatonales | <ul style="list-style-type: none"> – Permiso de conducir – Condiciones meteorológicas |
| Evento | <ul style="list-style-type: none"> – Utilización de dispositivos de retención | <ul style="list-style-type: none"> – Diseño protector contra accidentes – Dispositivos de seguridad | <ul style="list-style-type: none"> – Objetos de protección contra choques – Presencia de objetos o sustancias sobre la vía | <ul style="list-style-type: none"> – Zonas remotas y sin relieve – Caminos monótonos |
| Post-evento | <ul style="list-style-type: none"> – Primeros auxilios | <ul style="list-style-type: none"> – Riesgo de incendio | <ul style="list-style-type: none"> – Acceso a la atención médica – Congestión vial | <ul style="list-style-type: none"> – Situación de seguros médicos – Falta de especialistas en traumatología |

Fuente: elaborado con base en Camarena y Venegas, 2007.

La importancia de la matriz es que permite no sólo identificar múltiples determinantes en la ocurrencia de los accidentes, sino que además orienta la intervención preventiva hacia aquellos aspectos que se identifiquen como susceptibles de modificación. En ésta se identifican 3 fases temporales en la ocurrencia de un accidente de tránsito, que se explican a continuación (Camarena y Venegas, 2007):

- Pre-evento: incluye los elementos que determinan que un accidente ocurra, además constituye un espacio de intervención y acción para la promoción de la cultura de prevención

- Evento: incluye los elementos que determinan que una lesión o muerte ocurra como consecuencia de un accidente de tránsito.
- Post-evento: describe los elementos que podrían intervenir en la reducción de la severidad de la lesión producida por el accidente.

También se muestran cuatro factores en la matriz, los cuales generalmente cambian dependiendo del enfoque bajo el cual se estudie a los accidentes de tránsito, en este caso se muestran algunos ejemplos para cada uno de estos factores en las tres fases.

1.3.3 Factores que contribuyen a la accidentalidad vial

A continuación se mencionan las principales características y ejemplos de los cuatro factores que se consideran relevantes para prevención de la accidentalidad vial. Es importante mencionar que detrás de los errores que cometen los usuarios de la vía pública, hay limitaciones naturales relacionadas con la visibilidad durante la noche, la visión periférica, la estimación de la velocidad y las distancias, el procesamiento de la información por el cerebro, y otros factores que influyen en el riesgo de participar en colisiones. En el error humano también influyen factores externos como el trazado de la vía pública, el diseño de los vehículos, las reglas de tránsito y su aplicación.

I. Humano

En el tema de los accidentes de tránsito el factor humano es el más estudiado debido a que el 95% de los accidentes son causados por la imprudencia, impericia o negligencia del conductor, que pueden estar asociados o no a alguno de los factores antes mencionados (Camarena y Venegas, 2007). Entre los ejemplos más citados se encuentran los siguientes:

- *La fatiga*: según algunas investigaciones, ésta podría ser la causa más importante de los accidentes de tránsito, debido a que los tiempos de reacción visuales y motores del conductor se retardan notablemente. Entre las causas más frecuentes de fatiga se encuentran: el descanso insuficiente, la vigilia, conductores con trastornos médicos, expuestos a largos periodos de conducción o que transitan por largos caminos monótonos (*Ibid.*). Además, las colisiones relacionadas con la fatiga son diez veces más numerosas por la noche que durante el día. Finalmente, algunos factores ambientales que pueden predisponer a la fatiga son: conducir en zonas remotas y sin relieve, en condiciones meteorológicas extremas o en caminos monótonos (OMS, 2004).

- *Ingesta de alcohol, fármacos y/o drogas de uso recreativo:* la conducción bajo los efectos del alcohol aumenta el riesgo de accidente y la gravedad de las lesiones, por lo que el establecimiento y la observancia de leyes que limiten la alcoholemia permitida pueden reducir significativamente los accidentes relacionados con el alcohol (OMS, 2013). Además, cabe mencionar que éstos son los que provocan más víctimas mortales, por ello la Organización Panamericana de la Salud sostiene que un conductor que bebe antes de manejar tiene 17 veces más riesgo de tener un accidente de tránsito fatal (Cortés, 2006). El consumo de drogas también contribuye al deterioro de la capacidad de conducción, incluso en cantidades moderadas incrementan el riesgo de que se presente un accidente.

- *La distracción:* Uno de los elementos subjetivos que interviene con mayor frecuencia en los accidentes de tránsito es la distracción, que se presenta tanto en el conductor como en los peatones o pasajeros, quienes por negligencia o descuido se exponen a sufrir diversos accidentes con consecuencias lamentables para su vida o integridad física (Pérez, 2009). Existen pruebas de que cuando se utilizan teléfonos móviles manuales mientras se maneja, los conductores se exponen a un riesgo de colisión cuatro veces superior al de los demás conductores (OMS, 2004), Otros objetos o situaciones que actúan como distractores al volante son: el uso del GPS o de mapas de carretera; los cuales se sugiere consultar antes de salir de casa y nunca cuando el vehículo está en movimiento (Nicolás, 2008).

- *Uso del cinturón y otros dispositivos de seguridad:* El no usar cinturones de seguridad es un importante factor de riesgo para los ocupantes de un vehículo, las lesiones más frecuentes y graves causadas por impactos frontales en los ocupantes que no están sujetos por el cinturón de seguridad son los traumatismos craneales (OMS, 2004). En este sentido, la utilización obligatoria del cinturón de seguridad es uno de los mayores éxitos en la prevención de los traumatismos causados por los accidentes de tránsito ya que diversos estudios sobre las ventajas de los cinturones para los conductores y los pasajeros de los asientos delanteros han demostrado que este mecanismo puede reducir entre un 40% y un 50% el riesgo de todos los traumatismos (Cortés, 2006).

II. Vehicular

Aunque el diseño de un vehículo puede influir considerablemente en los traumatismos causados por el tránsito, se ha comprobado que los defectos de diseño representan aproximadamente 3% de las causas de choques en los países de ingresos altos (OMS, *op. cit.*). Con respecto al estado del

vehículo que se conduce, se han estudiado algunas causas que contribuyen a la accidentalidad, algunos ejemplos son:

- *Fallas del automóvil*: problemas con los neumáticos, frenos, amortiguadores y las luces entre otros, son las causas principales de accidentes dependientes del vehículo. Especial interés se le da al frenado del auto, pues suele ser un factor decisivo en muchas colisiones (Camarena y Venegas, 2007). El vehículo es parte del binomio hombre-máquina y se complementa con el conductor de tal forma que un error de una de las dos partes afecta de modo determinante en la otra. La importancia de los neumáticos por ejemplo, radica en que es el único medio de contacto entre el piso y el vehículo, y entre los principales factores que contribuyen a su desgaste están: la cantidad de kilómetros recorridos, el tipo de vía que se circula regularmente, la clase de goma con la que están hechos, las condiciones climáticas del lugar donde se transita y el tipo de uso que se le dé al vehículo (Cabrera y Collahuazo, 2012).
- *Exceso de velocidad*: es otro gran factor que atenta contra la vida en las vialidades, conducir con exceso de velocidad no sólo aumenta la frecuencia sino la gravedad de los accidentes de tráfico. Hay exceso de velocidad, cuando un vehículo circula por encima del límite de velocidad permitida, aspecto que comprueba la importancia de tener una legislación clara con respecto a los límites de velocidad que corresponden a cada tipo de vialidad (Cortés, 2006). El riesgo de colisiones aumenta con la velocidad, sobre todo en los cruces de caminos y al adelantarse a otro vehículo, cuando los conductores subestiman la velocidad y sobreestiman la distancia de un coche que se acerca (OMS, 2004).

III. Infraestructura vial

Por lo general, los choques no se distribuyen homogéneamente por toda la red vial sino que suelen acumularse en algunos sitios determinados, en ciertos tramos de la vía pública y en particular en las zonas socialmente desfavorecidas. Las características de la red vial influyen en la accidentalidad porque determinan la forma en que los usuarios de la vía pública perciben el entorno: les indican, mediante la señalización y los controles de tránsito, cómo deben conducir. Además, muchas medidas de gestión del tránsito y de ingeniería de la seguridad vial influyen en el comportamiento humano (*Ibid.*).

- *Falta de planificación carretera (diseño y condiciones de la ruta)*: en muchos países de ingresos bajos y medios, el crecimiento de la urbanización y del número de vehículos de motor no ha sido acompañado de una atención adecuada al diseño de las carreteras (OMS, *op. cit.*). Mientras que

en los países desarrollados las rutas son una responsabilidad compartida entre los gobiernos locales y federales, ingenieros civiles y organismos de observancia de las leyes; entidades que elaboran los sistemas de control de tránsito y el diseño de rutas, con el fin de ofrecer la mayor seguridad posible a sus transeúntes. Las estadísticas indican que las rutas más seguras son las autopistas con carriles separados, mientras que las de dos carriles son las que tienen mayor frecuencia de colisiones frontales, debido generalmente a la impaciencia y a errores de cálculo (distancia y velocidad) cuando se decide pasar al vehículo que va delante (Camarena y Venegas, 2007). Además, los diseños de las carreteras pueden presentar deficiencias que contribuyen al riesgo de colisiones, especialmente si no han sido evaluados por expertos en seguridad vial; tales defectos son a menudo causados por una concepción deficiente de los cruces o por un diseño que permite grandes diferencias en cuanto a la velocidad y masa de los vehículos y al sentido del tránsito (OMS, 2004).

- *Señalización vertical y horizontal*: las señales siempre deben ser visibles y estar ubicadas con la suficiente anticipación a fin de evitar maniobras intempestivas y peligrosas, en especial las señales de intersección de vialidades, de peligros por características de la ruta o de cruce de la vía férrea, etc. La demarcación con líneas dobles, continuas o entrecortadas, debe estar también bien ubicada y ser pintada periódicamente. Si bien el mal mantenimiento de las rutas es una peligrosa realidad en muchas zonas de nuestro país, no puede ser una excusa para justificar una imprudencia que pueda costar la vida. La incertidumbre que suscitan algunos trazados de carreteras entre sus usuarios, debido a la falta de marcaciones y señales claras y precisas constituye un especial factor de riesgo de colisiones. Del mismo modo, la ausencia de elementos de disminución forzada de la velocidad aumentará el riesgo. Otros factores de riesgo son el control y diseño deficientes de los cruces y una iluminación inadecuada (OMS, *op. cit.*).

- *Estado físico de la vía y mantenimiento*: en el diseño y mantenimiento de la red vial, se han identificado cuatro elementos específicos que influyen en la seguridad vial. Ellos son: la preocupación por la seguridad en la planificación de nuevas redes viales; la incorporación de elementos de seguridad en el diseño de nuevas carreteras; las mejoras de seguridad en los caminos ya existentes y las medidas correctivas en los sitios de alto riesgo de colisión. La ausencia de cualquiera de estos elementos, constituye un factor que puede llegar a propiciar un accidente. Por su parte, el mal estado de la superficie del camino constituye un factor de especial riesgo para los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas. A menudo, cuando no se ha efectuado un estudio de la incidencia sobre la seguridad de la red existente, al evaluar los efectos

de un nuevo proyecto vial, este puede tener consecuencias desfavorables sobre amplias zonas (OMS, *op. cit.*).

IV. Medio ambiente y socioeconómico

Los costos asociados a los accidentes de tráfico suponen un importante componente de los costos totales vinculados al transporte por carretera en cualquier país ya que incluyen una amplia variedad de consecuencias como: la atención prehospitalaria y hospitalaria, tratamientos médicos, los daños materiales, los gastos legales, el tiempo perdido, etc.

- *Condiciones climáticas:* la neblina, la lluvia y la nieve, son los factores climáticos más peligrosos en una vía, inclemencias que se vuelven más peligrosas durante el crepúsculo, la noche y el amanecer, momentos donde nuestra visión se reduce considerablemente (Camarena y Venegas, 2007). Las condiciones atmosféricas pertenecen al conjunto de factores que transforman de modo completo las características de la vía, entre los principales riesgos de conducir con lluvia se encuentran: la disminución de la visibilidad del conductor, la condensación del agua en los cristales, la reducción de la adherencia en los neumáticos y la disminución de la eficacia del frenado (Cabrera y Collahuazo, 2012). El hielo y la nieve no causan tanto problema con la visibilidad como con la adherencia de las llantas, cuando hay estas condiciones, las llantas pierden tracción, se vuelve más difícil frenar, acelerar o virar y es más frecuente que el automóvil se encuentre a la deriva de la inercia, se considera muy difícil mantener el control sobre estas condiciones atmosféricas (CENAPRA, s/a).

- *Visibilidad inadecuada:* en los países muy motorizados, la visibilidad escasa desempeña un papel esencial en tres tipos de choques siguientes: durante la noche, en los choques de vehículos de motor contra la parte posterior o lateral de otros que van delante circulando lentamente o que se hallan estacionados en el camino; durante el día, en las colisiones en ángulo o de frente y tanto de día como de noche, en las colisiones contra la parte posterior en condiciones de niebla. Por ello, cuanto más visible es un vehículo automotor para todos los demás usuarios de la vía pública y cuanto más visibles son los demás usuarios de la vía pública para el conductor de un vehículo, más fácil será evitar un accidente. Se estima que los riesgos de manejar de noche son mayores para los conductores más jóvenes mientras que la máxima relación de riesgo entre conducir de noche y de día se da entre los conductores de 20 a 44 años, que es cuatro veces mayor. Entre las principales consecuencias que conlleva una mala visibilidad están: la disminución del campo de acción del conductor y del espacio de maniobra y la imperceptibilidad

de determinadas eventualidades, como peatones, señales, animales u objetos en el camino (OMS, *op. cit.*).

Aunque no se trata de factores que favorezcan la ocurrencia de accidentes viales, lo siguientes son aspectos del sistema de salud que al ser desarrollados eficazmente pueden lograr salvar vidas y reducir las consecuencias, una vez ocurrido el accidente.

- *Atención pre hospitalaria:* en muchos países de ingresos bajos y medios como México, las débiles infraestructuras de salud pública representan un importante factor de riesgo; un estudio comparativo sobre la mortalidad en pacientes gravemente heridos, indica que en estos países, la inmensa mayoría de las defunciones se producen antes de llegar al hospital mientras que en los países de ingresos altos, los factores de riesgo pre hospitalarios son menos pronunciados. El estudio también reveló claramente que la probabilidad de morir aumenta a medida que disminuye el nivel socioeconómico de la víctima (OMS, *op. cit.*).

- *Atención hospitalaria:* En los países de ingresos bajos, la cadena de cuidados posteriores al choque está a cargo de personal que carece de formación especializada, un estudio llevado a cabo en México reveló que así sucede en gran parte de los servicios médicos de urgencias. Un factor de riesgo adicional en los países de ingresos bajos es el número insuficiente de cirujanos debidamente formados, además de que muchas víctimas del tránsito no tienen ni seguridad social ni cobertura de salud ni seguro de vida y, por consiguiente, carecen de acceso a la atención hospitalaria (OMS, *op. Cit.*).

Con respecto a los cuatro factores de la matriz de Haddon que se describieron: humano, vehículo, vía, medio socioeconómico y ambiental, es necesario precisar que, los últimos dos son los que tendrán mayor peso en el siguiente capítulo, pues tanto del factor vía, como del medio socioeconómico y ambiental, existe amplia información espacial, necesaria para desarrollar la caracterización geográfica del corredor México – Tijuana.

Capítulo 2. Caracterización geográfica del corredor carretero México-Tijuana

En este capítulo, se describen los antecedentes geográficos referentes al transporte carretero en México, con la finalidad de exponer los acontecimientos que dieron pie a la formación, estructuración y planeación de la red carretera federal del país. Asimismo, se incluyen los hechos que fueron sucediendo en materia de seguridad vial y las políticas e instancias que se fueron creando en México para atender esta problemática social. Después se caracteriza al corredor carretero México-Tijuana a partir de tres ejes temáticos, con la finalidad de plantear las correlaciones espaciales entre el territorio, sociedad y economía con los accidentes de tránsito.

2.1. Evolución de la red carretera y de la seguridad vial en México

Luego de haber realizado una búsqueda bibliográfica referente a la historia del transporte carretero en México y simultáneamente otra acerca de los principales acontecimientos en materia de seguridad vial y de accidentes de tránsito (aspecto que resultó bastante más complicado de encontrar que el primero), se llegó a la elaboración de cinco etapas geo-históricas, las cuales se desarrollan a continuación.

I. La predominancia del transporte no carretero (antes de 1925)

Los transportes en la porción septentrional del continente americano hicieron su aparición entre los años 1,500 y 100 a.C. En el caso del México prehispánico hasta la llegada de los españoles, destacan dos principales medios de transporte, los llamados tamemes y las canoas, ambos medios adecuados a las necesidades económicas de la población. Se les llamaban así a los indios que cargaban los bultos o paquetes de los viajeros, e incluso llegaban a cargar con los mismos viajeros. Se les conocía como gente “dedicada a la carga” y su papel durante el crecimiento del Imperio mexica se extendió considerablemente (Jáuregui, 2004).

El desarrollo de los medios de transporte acuáticos como las canoas en el México prehispánico obedeció principalmente a dos factores. Por una parte, al hecho de que la capital mexica se hallaba sobre un lago y, por otra, a las necesidades de diversos grupos prehispánicos de intercambiar sus productos mediante el uso de las costas mesoamericanas. Las canoas eran de diferentes tamaños: pequeñas para el correo, grandes para el transporte de bienes y personas, materiales alimenticios, de construcción, textiles, etc. aunque, en general, se trataban de embarcaciones sencillas circunscritas a ríos, lagos y en ocasiones a costas.

Durante los años inmediatos a la Conquista, México continuó dependiendo en parte de las pautas indígenas. Sin embargo, paulatinamente se impulsó el modo español de hacer intercambios. Esto se manifestó principalmente en la expansión de las rutas de comercio y en la orientación de la economía hacia el exterior. Ambos factores requerían de una red de caminos que obedeciera a las nuevas condiciones económicas, a la vez que tomara en cuenta la geografía de la Nueva España, en estas nuevas rutas transitarían animales cargados y carretas.

Así, durante el periodo Colonial el transporte interno de la Nueva España se hizo primordialmente a base de mulas, bueyes, caballos o burros organizados en grupos que eran manejados por trabajadores denominados arrieros. Los caminos más importantes de la Nueva España fueron sin duda los que llevaban de la ciudad de México al puerto de Veracruz, debido a que este era el único puerto de llegada de Europa. También destaca el llamado Camino Real hacia el Norte, determinado principalmente por la búsqueda de plata. Así, poco a poco, la fuerza animal fue sustituyendo a la fuerza humana en el desarrollo del transporte.

La Nueva España de los siglos XVII y XVIII contaba con múltiples caminos de diversa extensión y capacidades. Algunas rutas, particularmente las del centro y sur del virreinato, fueron apareciendo por las necesidades de intercambio regional de productos; otras fueron resultado de las exploraciones emprendidas durante prácticamente todo el periodo colonial.

Todavía para los últimos años del siglo XVIII los caminos de la Nueva España eran difíciles de transitar. Si bien ello dependía de las condiciones geográficas y climáticas de cada región en particular (lo que lleva a pensar que en el norte era más transitable que en el sur), en su gran mayoría eran caminos de herradura (sólo transitables por caballos o mulas) que con muchas dificultades soportaban carretas. Las carretas se utilizaban principalmente para el tráfico de corta distancia, cercano a las ciudades o en el interior de una hacienda para el acarreo de sus cosechas, utensilios, personas, etc. Es importante mencionar también que, en 1848, México firmó el Tratado de Guadalupe Hidalgo, en el cual se estableció, entre otras cosas, los límites de la frontera norte actual entre México y EUA.

Ya durante el Porfiriato, fue inaugurada la primera línea ferroviaria en México, de capital inglés que corrió desde la ciudad de México a Orizaba Veracruz, con un ramal de Apizaco a Puebla. En México las líneas surgieron una cobertura de los corredores económicos más atractivos, pero también obedecen a la necesidad de comunicar al extenso territorio mexicano, sus principales ciudades. El trazo de las líneas ferroviarias en México, tuvo como objetivo cruzar las regiones más

productivas del país, uniendo el territorio nacional de norte a sur y al Golfo de México con el Océano Pacífico (Jáuregui, *op. cit.*).

II. La estructuración de la red troncal carretera (1925 – 1940)

En 1925, al término del periodo revolucionario, se conformó en México la burocracia política, quien mediante nuevas políticas económicas impulsó por ejemplo la construcción de obras de infraestructura como las carreteras. También se considera que en este año comenzó la construcción de las carreteras “modernas”, gracias a la creación la Comisión Nacional de Caminos (González, 1990). A partir de 1925, el transporte carretero se institucionaliza. También entre 1920 y 1940, se sentaron las bases para los inicios de la industrialización en la estructura productiva mexicana, desarrollándose en el país un mercado interno que, junto con el intercambio comercial a EUA, propició la necesidad de tener vías de comunicación entre estos mercados (*Ibid.*).

Así, el rápido crecimiento de la industria automotriz en el mundo durante las dos primeras décadas del siglo XX y en particular en EUA, repercutió en la aparición de los vehículos automotores en México. El incremento de esta industria norteamericana generó una significativa y creciente presión en la construcción de infraestructura carretera en México (González, *op. cit.*). Precisamente en 1925, se instaló la primera planta ensambladora de la empresa estadounidense Ford en la ciudad de México, cuyo desarrollo incrementaba notablemente (Vicencio, 2007). México constituía así, un vasto mercado potencial para EUA.

En este contexto histórico, es importante mencionar que, tanto la frecuencia como la gravedad de los accidentes de transporte se incrementaron en los países en los que se introdujo el automóvil, a un ritmo que no se había visto nunca con anterioridad en toda la historia humana (OMS, 2009).

Entre 1926 y 1929, para hacer frente a la avalancha de vehículos que comenzaba a inundar el mercado nacional bajo el mandato de Plutarco Elías Calles, se inició la construcción de la carretera México - Guadalajara. Para 1930, México contaba con una infraestructura carretera exigua, con cuatro sistemas desarticulados entre sí:

1. Monterrey - Nuevo Laredo
2. México - Pachuca, México - Córdoba, México - Acapulco, México - Toluca
3. Mérida - Puerto Progreso – Valladolid
4. Las Cruces – Arriaga (Chiapas)

Para 1940, la red carretera conectaba principalmente a la ciudad de México radialmente con sus principales mercados a donde dirigía su producción industrial. Eran las ciudades con mayor población (y por lo tanto con mayor PEA) las que formaban parte de la red carretera. El primer proceso económico decisivo para la configuración específica de la red carretera en este año fue la búsqueda del desarrollo del mercado interno para la producción de la industria en la ciudad de México. Al término del periodo de 1925 a 1940, se habían sentado las bases para el desarrollo del transporte en vehículos automotores y se habían creado las condiciones para la supremacía de este medio de transporte terrestre sobre los demás medios y en particular sobre el ferrocarril (González, *op. cit.*).

III. Inicio de la integración carretera a nivel nacional y regional (1940 – 1975)

Durante los años cuarenta, el esquema rector de construcción de carreteras continuó siendo el mismo, pero se profundizó. Se mantuvo una morfología radial con centro en la ciudad de México. Además, se consolidó el capitalismo dependiente en México: una relación asimétrica de intereses económicos entre la burguesía comercial mexicana y la burguesía industrial estadounidense.

Entre 1940 y 1950, las burguesías industriales locales promovieron la construcción de carreteras que establecieron conexiones con el centro económico del país y con su propia región de influencia, debido a la tendencia a incrementar el mercado interno de sus productos y durante los años cincuenta fueron construidos algunos tramos para completar el esquema troncal descrito y se profundizó el sistema secundario a la red troncal.

Durante la década de los años sesentas, se construyó tal vez el tramo carretero más relevante de la década, que fue el comprendido entre Tepic y Nogales, el cual facilitó el intercambio comercial entre la ciudad de México y la costa oeste de EUA. Además, se propició el desarrollo de la agricultura intensiva de Sinaloa y Sonora, fue también una vía más barata y accesible al ferrocarril del Pacífico. Parecía que algunas de las carreteras construidas en esta década, tenían el objetivo de ofrecer opciones de liga entre diversos puntos del territorio nacional, sin pasar por la ciudad de México. Sin embargo, no fue ésta la lógica de construcción carretera. Si bien fueron importantes, estos tramos pasaron a un segundo plano en comparación con la otra dinámica en la construcción carretera de la época: la profundización de la red secundaria.

En este sentido, llama la atención la concentración de los tramos de red secundaria en torno a la ciudad de México, haciéndose notoria la densificación de la red en el altiplano. De menor intensidad, fue notoria la construcción de carreteras secundarias en el norte del país, sobre todo en

torno a la ciudad de Monterrey y en el extremo norponiente del territorio nacional. También se densificó la red secundaria en la parte norte del país, contemplando algunos tramos de liga con los puntos fronterizos: Ciudad Juárez, Ojinaga, Nuevo Laredo y Reynosa; así como otros más en zonas más céntricas en torno a Torreón, Hermosillo y Durango.

Sin embargo, las características de la red a mediados de los setenta se perfilaban en un panorama crítico: gran parte de la red troncal había llegado a niveles avanzados de obsolescencia técnica, ya sea por el deterioro propio de la edad de las carreteras o por el intenso flujo vehicular, más el agravante del tránsito de vehículos cada vez más pesados (para los cuales no fue diseñada la red). También, se presentaba una intensificación creciente de los flujos vehiculares, tanto en su tránsito como en una capacidad de carga de los vehículos (González, *op. cit.*).

IV. La modernización de la red carretera y acciones sobre la concurrencia de accidentes de tránsito (1975 – 1992)

La explotación petrolera de la segunda mitad de los años setenta, vino a dar un gran respiro a la economía nacional. Los recursos generados por el petróleo, si bien significaron un alivio para la construcción de carreteras en el país, en gran medida y como era de esperarse, la construcción fue privilegiada en las zonas petroleras, generando una red de intercomunicaciones amplia y densa en la zona del Golfo de México. Además, parte de la inversión también se destinó a las carreteras asociadas con el desarrollo turístico portuario del Pacífico Sur y de la península de Yucatán.

En este periodo, lo más significativo no fue la construcción de carreteras nuevas, sino la modificación de la estructura del gasto en carreteras hacia la modernización y reconstrucción de las mismas. Una red carretera en franca obsolescencia como la mexicana requirió la readecuación y modernización de gran parte de sus tramos; esta modernización fue llevada a cabo conforme a los nuevos requerimientos de la estructura productiva mexicana.

Por otra parte, la nueva industria de punta, fundamentalmente automotriz, de alta tecnología, con requerimientos de mano de obra altamente calificada y destinada a la producción para el mercado mundial, buscó localizarse en zonas relativamente cercanas a la frontera con EUA, lo cual permitiría una doble relación, hacia el mercado mundial y hacia el interno. La condición era, por supuesto, la existencia de corredores de transporte relativamente eficientes y la presencia de infraestructura carretera previa.

De esta manera, durante los años ochenta, se pueden distinguir tres procesos que iniciaron en una forma diferente la construcción de carreteras: la explotación petrolera, la actividad turística y la

producción a escala mundial, con la integración de la parte norte del país a la planta productiva de los EUA. Los tres procesos tuvieron que ver con la relación diferente de la economía nacional en el contexto mundial (González, *op. cit.*).

Con respecto a la seguridad vial, el 20 de marzo de 1987 se creó el Consejo Nacional de Prevención de Accidentes (CONAPRA), con objeto de proponer y desarrollar las acciones en materia de prevención y control de accidentes (SS, 2010). Finalmente, en los últimos años del siglo XX en el país, se observó que el transporte de mercancías y personas se llevó a cabo principalmente por carretera, lo cual se explica tanto por factores industriales como por el espectacular desarrollo tecnológico de la infraestructura. De cualquier manera, es innegable que las carreteras han contribuido sustancialmente al crecimiento económico de México (González, *op. cit.*).

V. Inserción de la red carretera a la globalización y la ampliación de planes de seguridad vial (1992 – hasta la fecha)

Uno de los acuerdos que fomentó notablemente la apertura comercial y la integración económica internacional de México fue el llamado Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) firmado por el entonces presidente Carlos Salinas de Gortari en 1992 y el cual entró en vigencia el 1° de enero de 1994. Con respecto al transporte, el TLCAN condujo a un proceso de crecimiento de los sistemas de transporte, el cual aunado a los avances tecnológicos que ocurrieron el siglo XX, permitió que este sector entrara también a una nueva dinámica económica de alcance mundial.

El cambio en la política económica generó un incremento notable del comercio internacional de bienes de consumo; pero también la incorporación de un segmento de la economía mexicana al sistema mundial de producción e intercambio, que se refleja en el comercio de bienes intermedios que forman parte de cadenas productivas con una alta dispersión espacial, incluso internacional.

Asimismo, debe tenerse presente que el desarrollo económico no sólo tiene implicaciones en términos de flujos de exportación, sino que también involucra cambios cuantitativos y cualitativos en los flujos de importación y en los movimientos domésticos. Todo esto genera presiones muy importantes sobre la infraestructura de transportes (CEPAL, 2012). En 2008, se crea en México el programa multisectorial llamado Iniciativa Mexicana de Seguridad Vial (IMESEVI), con el objetivo de lograr disminuir lesiones, discapacidad y muerte por causa de accidentes de tránsito (CONAPRA, 2012).

Con la finalidad de cubrir las necesidades y responder a la cambiante dinámica del mercado globalizador en el cual se encuentra inmerso el país, actualmente México cuenta con 14 corredores

carreteros, los cuales tienen jurisdicción federal y representan la columna vertebral del transporte carretero del país (SCT, 2009):

1. México – Nogales con ramal a Tijuana (que en este trabajo será abreviado México – Tijuana únicamente por cuestiones prácticas).
2. México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras
3. Querétaro – Ciudad Juárez
4. Transpeninsular de Baja California
5. Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros
6. Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo
7. Península de Yucatán
8. Mazatlán – Matamoros
9. Manzanillo – Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo
10. Altiplano
11. Acapulco – Tuxpan
12. Acapulco – Veracruz
13. Puebla – Progreso
14. Circuito Transísmico

Por otra parte, los accidentes de tránsito en México constituyen un problema grave desde varios aspectos como el de salud pública, calidad de vida, competitividad social y económica, etc. por ello requiere atención inmediata. Hasta el momento las acciones en materia de prevención de accidentes han sido poco intensivas en comparación con las realizadas para atender otros problemas de salud. En parte, esta situación se explica por la naturaleza compleja que caracteriza a los accidentes. De hecho, los factores de riesgo asociados a los accidentes son de naturaleza distinta a los de las enfermedades transmisibles, pero con esta particularidad, existen amplias posibilidades de intervención, que han demostrado su eficacia en otros países (Chías y Cervantes, 2009).

En México, el problema de la seguridad vial es un tema de atención prioritaria por parte de los gobiernos, principalmente por tres tipos de razones: humanitarias, de salud pública, y económicas; (IMT – SCT, 2003) debido a que los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte en jóvenes de 15 a 29 años de edad. Además, su costo en el año 2008 fue de \$121,461,817,108 lo cual representó el 1.2% del PIB Nacional; además, se registraron 17,062 fallecimientos declarados oficialmente. Nuestro país, se ubica en los primeros lugares de América Latina en la ocurrencia de accidentes viales, debido principalmente a exceso de velocidad, falta de señalización, carencia de educación vial entre automovilistas y peatones y excesivo consumo de alcohol (Camarena y Venegas, 2007).

Finalmente, la configuración de la red carretera en México y la evolución de las acciones respecto a los accidentes de tránsito se presentaron como marco para destacar la importancia histórica, socioeconómica y territorial del corredor México-Tijuana.

2.2 Eje de caracterización vial

La caracterización geográfica del corredor tiene como finalidad, organizar la información espacial que tiene mayor correlación con la ocurrencia de los accidentes viales. Los datos obtenidos de la matriz de Haddon son organizados en los tres ejes temáticos que se presentan en este subcapítulo.

Antes, es necesario precisar que para esta investigación, *corredor carretero* se define como: el conjunto de tramos carreteros que enlazan regiones, comunicadas por caminos y puentes de la red carretera de cuota o libre y que conforman un continuo para sus habitantes, los cuales tienen actividades económicas afines. Los corredores se van conformando en diferentes direcciones, con trayectorias largas, medianas y cortas con relación a la imagen regional que se va definiendo en el país. Además, se denominan con base en sus puntos extremos (origen-destino), incluyendo sus ramales. El propósito del concepto de los corredores carreteros es la creación de una herramienta de planeación para asignar y aplicar los recursos disponibles en forma racional y consistente (CAPUFE, 2002). A continuación, se explicarán las características referentes a la infraestructura y a la operación del corredor carretero México- Tijuana.

2.2.1 Infraestructura carretera

La infraestructura en general, se define como el conjunto de medios o instalaciones que se consideran básicos para el desarrollo de una actividad cualquiera; la infraestructura carretera en particular constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y los caminos. La infraestructura vial reviste una enorme importancia para el desarrollo económico, las vías terrestres interconectan puntos de producción y consumo, además el estado de las mismas determina en un alto porcentaje el nivel de costos de transporte, los cuales a su vez influyen sobre los flujos del comercio nacional e internacional de un país. Por esta razón, la construcción y el mantenimiento de las carreteras son temas que requieren de especial atención por parte de los gobiernos (Pérez y Yanovich, 1999).

– Tramos carreteros

Los tramos son la longitud determinada del camino en la cual concurren circunstancias únicas que le identifican como propias. El corredor México-Tijuana cuenta con una longitud de 2,868 km, cruza en total 8 entidades federativas y se compone de 15 tramos que fueron clasificados a partir de

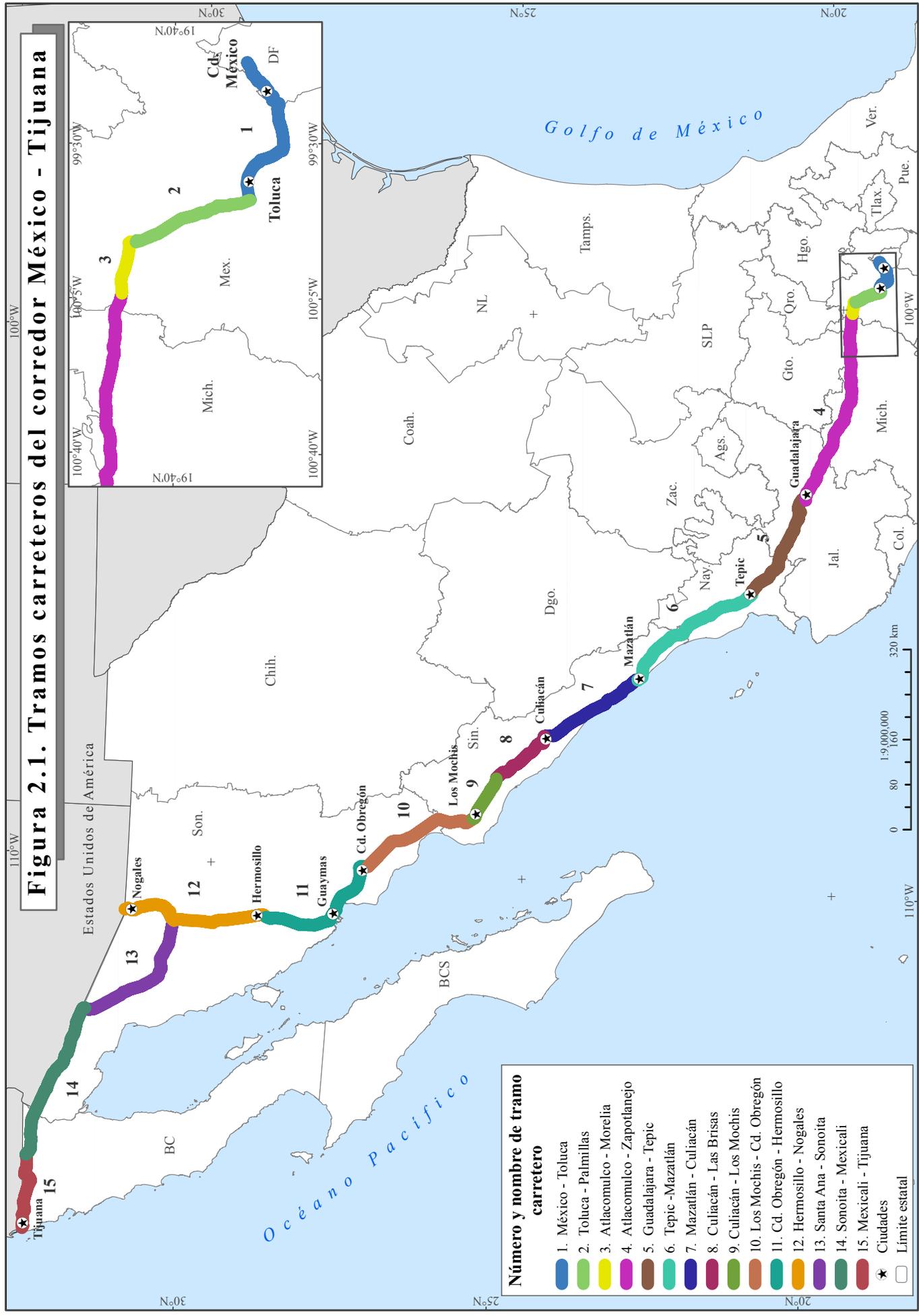
los datos viales publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. A cada tramo se le asignó un número único a partir de su orientación siguiendo una dirección sur – noroeste (Cuadro 2.1). Es indispensable definirlos debido a que son la unidad básica a partir de los cuales se analizarán las demás variables y posteriormente los accidentes de tránsito (Figura 2.1).

| Cuadro 2.1. Tramos carreteros del corredor México - Tijuana | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Número de tramo | Nombre del tramo | Estados que cruza | Longitud (km) |
| 1 | México - Toluca | D.F y México | 69 |
| 2 | Toluca - Palmillas | México | 50 |
| 3 | Atacomulco - Morelia | México | 23 |
| 4 | Atacomulco - Zapotlanejo | Michoacán y Guadalajara | 367 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | Guadalajara y Nayarit | 217 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | Nayarit y Sinaloa | 277 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | Sinaloa | 200 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | Sinaloa | 123 |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | Sinaloa | 84 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | Sinaloa y Sonora | 223 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | Sonora | 252 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | Sonora | 279 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | Sonora | 254 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | Sonora y Baja California | 295 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | Baja California | 155 |
| Total | | 8 estados | 2,868 |
| Nota: los 15 tramos enlistados representan el continuo de carreteras que integran al corredor, la nomenclatura se obtuvo de la cartografía de los datos viales de la DGST de la SCT. | | | |
| Fuente: elaborado con base en DGST, 2012 b. | | | |

2.2.2 Operación

Es la actividad relacionada con los servicios carreteros con respecto a la atención de los usuarios durante la prestación del servicio como: la recaudación de cuotas, los servicios al usuario (que comprenden servicio médico, servicio de grúas, tomas de agua, operativos viales especiales, servicio de radiocomunicación y servicios en plaza de cobro), convenios operativo-financiero con usuarios, autorización de paso a residentes y vehículos al servicio de la comunidad, así como todo lo que conlleve la entrada/salida a un tramo carretero (CAPUFE, 2002).

Figura 2.1. Tramos carreteros del corredor México - Tijuana



| Número y nombre de tramo carretero | |
|------------------------------------|--------------------------|
| 1 | México - Toluca |
| 2 | Toluca - Palmillas |
| 3 | Atacomulco - Morelia |
| 4 | Atacomulco - Zapotlanejo |
| 5 | Guadalajara - Tepic |
| 6 | Tepic - Mazatlán |
| 7 | Mazatlán - Culiacán |
| 8 | Culiacán - Las Brisas |
| 9 | Culiacán - Los Mochis |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo |
| 12 | Hermosillo - Nogales |
| 13 | Santa Ana - Sonoyta |
| 14 | Sonoyta - Mexicali |
| 15 | Mexicali - Tijuana |
| ★ | Ciudades |
| □ | Límite estatal |

Fuente: elaborado con base en datos viales de la DGST de la SCT, 2012 b.

– TDPA

El aforo vehicular o tránsito diario promedio anual (TDPA) es el aspecto operativo que permite el conocimiento del volumen de vehículos que circulan en la red carretera diario en promedio durante un año. El TDPA ayuda a determinar el grado de ocupación en que opera determinado segmento de la red; su análisis es fundamental para definir las tendencias de su crecimiento y para planear oportunamente las acciones que se necesitan para evitar que alguno de sus tramos deje de prestar el nivel de servicio que demanda el tránsito usuario (DGST, 2012). Además, la intensidad del tráfico y la variedad de vehículos que transitan por las carreteras indican el nivel de interacción socioeconómica que existe entre localidades, lo cual también puede ser un factor de riesgo en la accidentalidad vial.

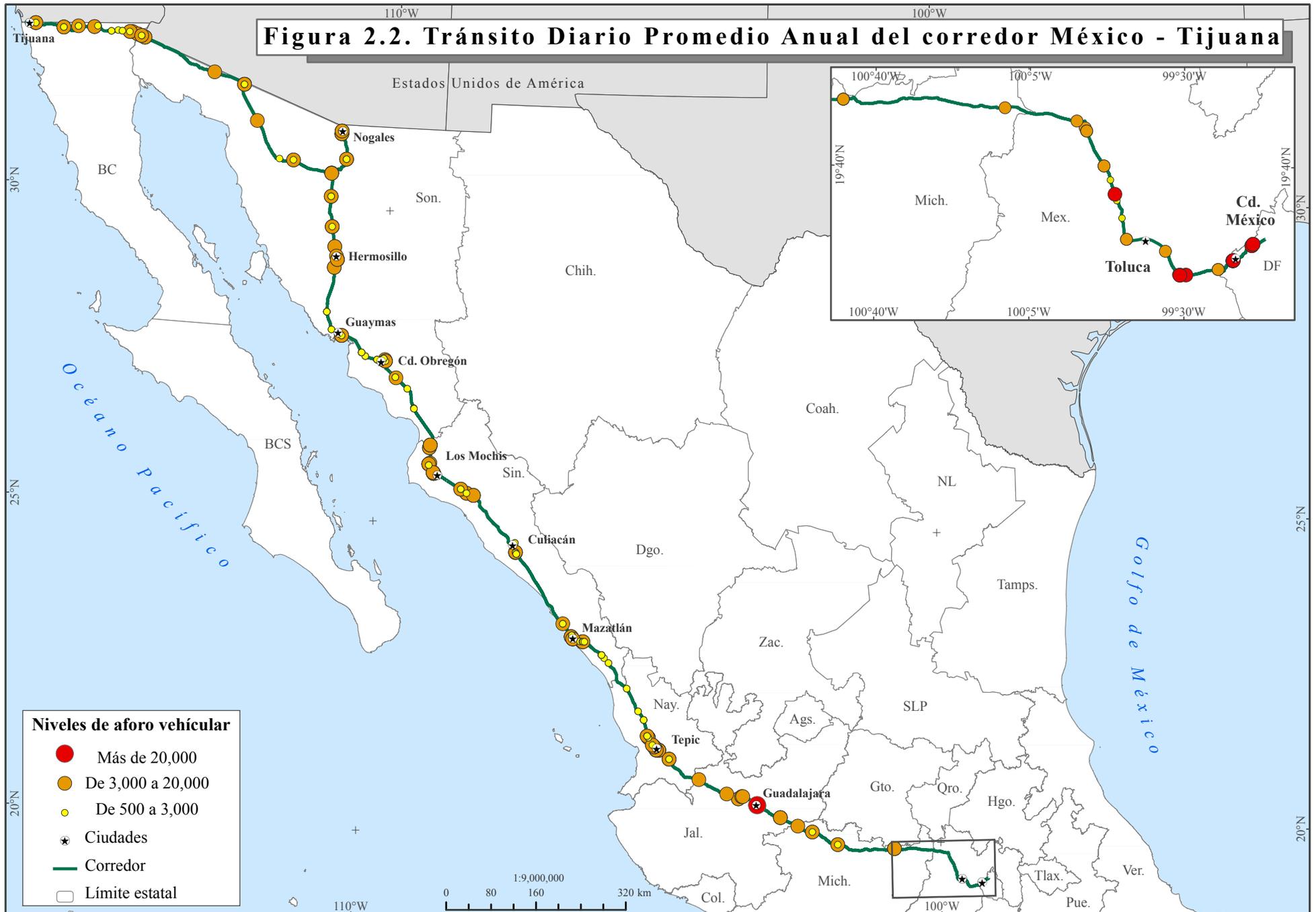
Para conocer la magnitud y variación estacional de los volúmenes de tránsito, se efectúan conteos del tránsito durante todo un año en la red de estaciones permanentes. Actualmente, existen 5,192 estaciones de aforo que contabilizan y clasifican a los vehículos diariamente, y se encuentran distribuidas en toda la red carretera nacional pavimentada (*Ibíd.*). El corredor bajo estudio tiene 297 estaciones y distintos niveles de aforo (Figura 2.2). Los tramos donde se encuentran los máximos registros (más de 20,000 vehículos) son:

- México - Toluca
- Toluca - Palmillas
- Atlacomulco – Zapotlanejo

Dichos tramos son los que conectan a 3 de las ciudades más grandes del país, la primera conecta al poniente del Distrito Federal con el oriente de Toluca, la segunda es el acceso noroeste de la ciudad de Toluca y la tercera conecta el sureste de la ciudad de Guadalajara. Esto demuestra que en las cercanías a las zonas urbanas hay mayor cantidad de tránsito, que generalmente se trata de automóviles.

Precisamente, otro dato vial importante que se puede obtener a partir del TDPA es el de clasificación vehicular, el cual se refiere a los tipos de vehículos que integran el tránsito; ésta se presenta de acuerdo con la simbología determinada por la DGST (Cuadro 2.2).

Figura 2.2. Tránsito Diario Promedio Anual del corredor México - Tijuana



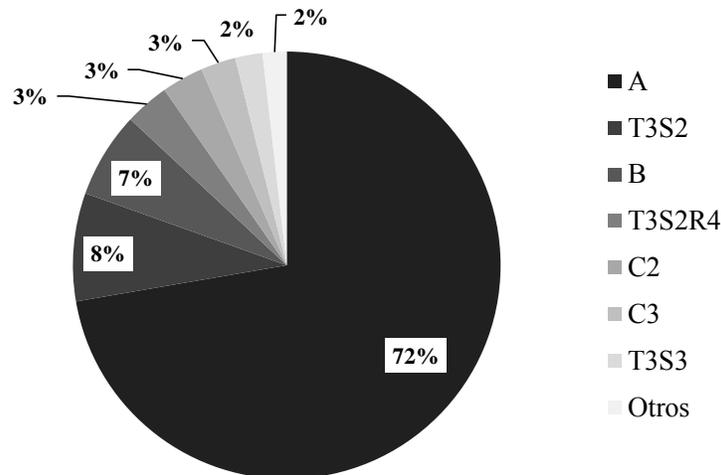
Fuente: elaborado con base en datos viales de la DGST de la SCT, 2012.

| Cuadro 2.2 Simbología de la clasificación vehicular | |
|---|--|
| Tipo de vehículo | Descripción |
| A | Automóviles |
| B | Autobuses |
| C2 | Camiones Unitarios de 2 ejes |
| C3 | Camiones Unitarios de 3 ejes |
| T3S2 | Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes |
| T3S3 | Tractor de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes |
| T3S2R4 | Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes |
| Otros | Considera otro tipo de combinaciones de camiones de carga |

Fuente: elaborado con base en DGST, 2012.

En el caso del corredor México-Tijuana, el aforo por tipo de vehículo muestra que aproximadamente tres cuartas partes de éste corresponden a automóviles con un 72%, seguido con un 8% por los tractores de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes; en tercer lugar se encuentran los autobuses con un 7% del total; a los tractores de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes y a los camiones unitarios de 2 y de 3 ejes les corresponde a cada uno el 3% y finalmente a los tractores de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes y a los vehículos considerados como otro tipo de combinaciones de camiones de carga, les corresponde el 2% restante a cada uno (Figura 2.3).

Figura 2.3. Frecuencia del TDPA por tipo de vehículo



Fuente: elaborado con base en DGST, 2012.

El hecho de que la mayoría de los vehículos registrados sean automóviles no significa que haya que generalizar, es importante localizar los puntos en donde se registraron los máximos porcentajes por tipo de vehículo ya que nos sirve como referente para saber si el contexto socioeconómico de los municipios en los que se encuentran las estaciones de registro podría también tener una relación con los accidentes viales (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Tramos donde se registraron los mayores porcentajes por cada tipo de vehículo

| Tipo vehículo | % Máximo | Entidad | Municipio | Tramo |
|---------------|----------|---------------------|------------|--------------------------|
| A | 93.9 | Sonora | Altar | Santa Ana – Sonoita |
| B | 13.6 | Sonora | Navojoa | Los Mochis - Cd. Obregón |
| C2 | 8.1 | México | Jocotitlán | Toluca – Palmillas |
| C3 | 8.4 | Michoacán de Ocampo | Tanhuato | Atacomulco – Zapotlanejo |
| T3S2 | 60.7 | Sonora | Nogales | Libramiento de Nogales |
| T3S3 | 11.2 | Sinaloa | Culiacán | Culiacán - Las Brisas |
| T3S2R4 | 11.1 | Sinaloa | Mazatlán | Tepic – Mazatlán |
| Otros | 7.4 | Sinaloa | Rosario | Tepic – Mazatlán |

Fuente: elaborado con base en DGST, 2012.

A partir de los resultados obtenidos se busca determinar si es que existe una relación entre la accidentalidad y el aforo vehicular; si es que los accidentes de tránsito ocurren con mayor frecuencia cerca de los puntos donde se registra el mayor número de vehículos y también, si los tipos de vehículos con mayor porcentaje son los que se accidentan más.

2.3 Eje físico-geográfico

Para este subcapítulo se explicarán los factores medio ambientales que pueden incidir en la ocurrencia de accidentes de tránsito, principalmente se desarrollarán las condiciones del terreno como la topografía y la hipsometría; así como características climáticas de precipitación media anual y las temperaturas máximas y mínimas extremas.

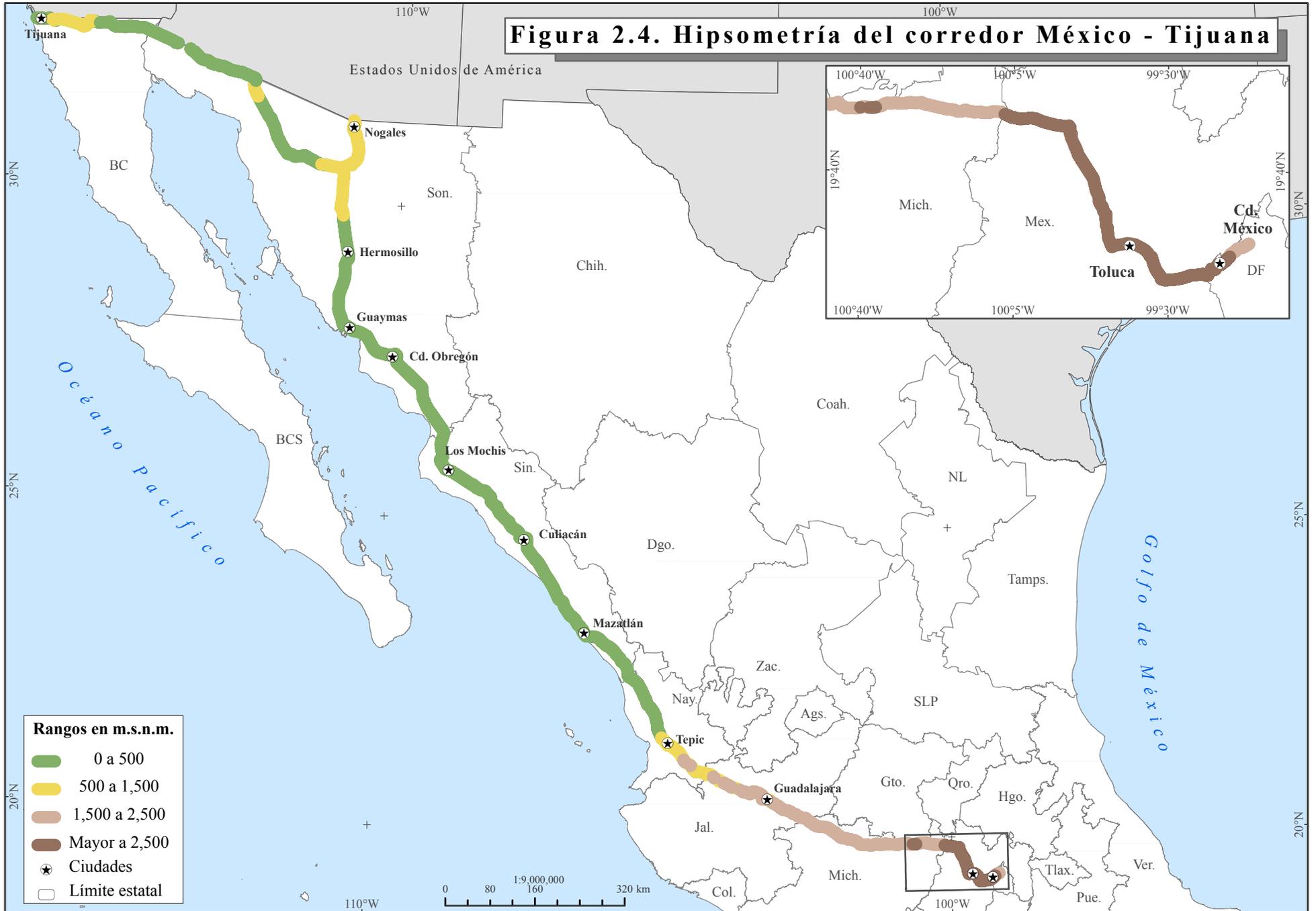
2.3.1 Topografía

La topografía ofrece una serie de elementos que son de interés en el estudio de los accidentes de tránsito ya que las características e incluso complicaciones del terreno son generalmente consideradas como un factor de riesgo vial. Las variaciones topográficas expresan los retos a los que se enfrenta la operación y funcionalidad del sistema de transporte terrestre por carretera, además de que constituye el relieve en el que vehículos tienen que circular. En el caso del corredor México-Tijuana, debido a su extensión y orientación, se conforma de muy diversas altitudes, las cuales se analizarán a continuación con ayuda de la hipsometría y con un estudio de grado de pendiente.

– Hipsometría

La hipsometría sirve para representar las elevaciones del terreno a partir de isolíneas llamadas curvas de nivel que unen puntos con las mismas altitudes. Con respecto a la hipsometría del corredor bajo estudio, de manera general se observan los resultados (Figura 2.4):

Figura 2.4. Hipsometría del corredor México - Tijuana

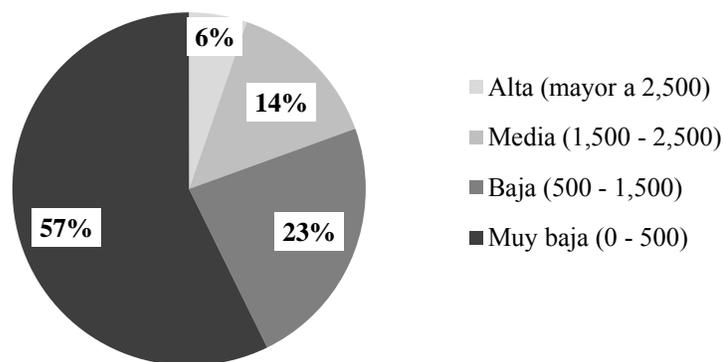


Elaborado con base en datos vectoriales de hipsometría y batimetría del INEGI, 1990.

- Los tramos que se encuentran en el centro de la República y que pertenecen a la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico son los que presentan mayores rangos de elevación.
- Los tramos: Mazatlán – Culiacán, Culiacán – Las Brisas, Culiacán – Los Mochis, Los Mochis - Cd. Obregón y Cd. Obregón – Hermosillo; presentan un rango altitudinal muy bajo (0 a 500), esto debido a que forman parte de la Llanura Costera del Pacífico.
- Los tramos localizados en Sonora y en Baja California presentan altitudes muy bajas y bajas, ya que se encuentran en la provincia Llanura Sonorense y en la Península de Baja California respectivamente

Luego de sumar todos los rangos para calcular la frecuencia con la que se presentan en el corredor, se afirma que al 57% de su extensión total le corresponde una altitud de entre 0 y 500. El siguiente rango más frecuente es el de 500 a 1,500 con un 23%. El rango medio de 1,500 a 2,500 conforma un 14% de la longitud total y el restante 6% corresponde a las altitudes más elevadas mayores a los 2,500 m.s.n.m. (Figura 2.5).

Figura 2.5. Frecuencia de rangos de hipsometría (m.s.n.m.)



Fuente: elaborado con base en INEGI, *et. al.* 1990.

Así, se concluye que, en general el corredor México – Tijuana presenta un relieve plano y de llanura. Los tramos localizados al sur y centro occidente del país cuentan con las altitudes más elevadas mientras que en los tramos del oriente y noroeste presentan altitudes bajas y muy bajas. Es importante señalar que, precisamente entre los factores ambientales que pueden incidir en un accidente vial, se encuentran los caminos monótonos y sin relieve, aspectos que como se demuestra, están presentes en gran parte del corredor.

También se determinaron los rangos de altitud que presenta cada tramo, así como los respectivos porcentajes según su longitud (Cuadro 2.4).

| Cuadro 2.4. Rangos de hipsometría por tramo carretero | | | | |
|--|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Núm. tramo | Nombre tramo | Longitud (km) | Rangos hipsometría (m.s.n.m.) | Longitud (%) |
| 1 | México - Toluca | 69 | Alta (mayor a 2,500) | 88.4 |
| | | | Media (1,500 - 2,500) | 11.6 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | Alta (mayor a 2,500) | 100 |
| 3 | Atzacmulco - Morelia | 23 | Alta (mayor a 2,500) | 100 |
| 4 | Atzacmulco - Zapotlanejo | 367 | Alta (mayor a 2,500) | 4.9 |
| | | | Media (1,500 - 2,500) | 93.5 |
| | | | Baja (500 - 1,500) | 1.6 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | Media (1,500 - 2,500) | 25.3 |
| | | | Baja (500 - 1,500) | 74.7 |
| 6 | Tepic - Mazatlán | 277 | Baja (500 - 1,500) | 8.7 |
| | | | Muy baja (0 - 500) | 91.3 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | Muy baja (0 - 500) | 100 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | Muy baja (0 - 500) | 100 |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | Muy baja (0 - 500) | 100 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | Muy baja (0 - 500) | 100 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | Muy baja (0 - 500) | 100 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | Baja (500 - 1,500) | 86.7 |
| | | | Muy baja (0 - 500) | 13.3 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | Baja (500 - 1,500) | 59.1 |
| | | | Muy baja (0 - 500) | 40.9 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | Muy baja (0 - 500) | 100 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | Baja (500 - 1,500) | 53.5 |
| | | | Muy baja (0 - 500) | 46.5 |

Fuente: elaborado con base en INEGI, *et. al.*, 1990.

– Grados de pendiente

Las pendientes representan un atributo esencial del terreno, dado que indican el grado de inclinación del mismo en función a un ángulo formado respecto al plano horizontal; se expresan generalmente en valores porcentuales y proporcionan datos sobre el desnivel del suelo. Las más pronunciadas se asocian a la presencia de relieve montañoso, mientras que las de menor inclinación se observan en llanuras costeras y las pendientes medias están generalmente donde se encuentran mesetas y lomeríos (Chías, y Martínez, 2010).

Para el sector carretero es indispensable conocer las condiciones de pendiente del terreno sobre el cual se planea construir una carretera, sin embargo, es necesario aclarar que las pendientes presentadas no corresponden propiamente a la inclinación de la infraestructura carretera, sino a la inclinación del terreno sobre el cual después se construyó el corredor, esto es un dato útil porque revela el tipo de relieve que rodea al corredor. Los rangos de pendiente obtenidos fueron organizados por tramo carretero en el Cuadro 2.5, donde los que presentan pendientes mayores a 5° son: Guadalajara – Tepic, Mexicali – Tijuana, México – Toluca y Atlacomulco – Zapotlanejo. Mientras que los tramos Culiacán – Los Mochis, Culiacán – Las Brisas, Mazatlán – Culiacán y Los Mochis – Cd. Obregón son totalmente planos. Figura 2.6 muestra la espacialización de esta variable.

| Cuadro 2.5. Rangos de grados de pendiente por tramo carretero | | | | |
|--|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Núm. tramo | Nombre tramo | Longitud (km) | Rangos grados de pendiente | Longitud (%) |
| 1 | México - Toluca | 69 | Meseta(3° - 5°) | 7.2 |
| | | | Plano (0° - 3°) | 75.4 |
| | | | Montaña(más de 5°) | 17.4 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | Plano (0° - 3°) | 100 |
| 3 | Atlacomulco - Morelia | 23 | Plano (0° - 3°) | 95.7 |
| | | | Montaña(> 10°) | 4.3 |
| 4 | Atlacomulco - Zapotlanejo | 367 | Plano (0° - 3°) | 77.9 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 12 |
| | | | Montaña(más de 5°) | 10.1 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | Plano (0° - 3°) | 66.8 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 11.1 |
| | | | Montaña(más de 5°) | 22.1 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 277 | Plano (0° - 3°) | 93.5 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 2.9 |
| | | | Montaña(más de 5°) | 3.6 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | Plano (0° - 3°) | 100 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | Plano (0° - 3°) | 100 |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | Plano (0° - 3°) | 100 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | Plano (0° - 3°) | 100 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | Plano (0° - 3°) | 94 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 3.6 |
| | | | Montaña(más de 5°) | 2.4 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | Plano (0° - 3°) | 96.4 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 3.6 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | Plano (0° - 3°) | 99.6 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 0.4 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | Plano (0° - 3°) | 91.5 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 8.5 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | Plano (0° - 3°) | 72.9 |
| | | | Meseta(3° - 5°) | 9.7 |
| | | | Montaña(más de 5°) | 17.4 |

Fuente: elaborado con base en INEGI – GITS, 2005.

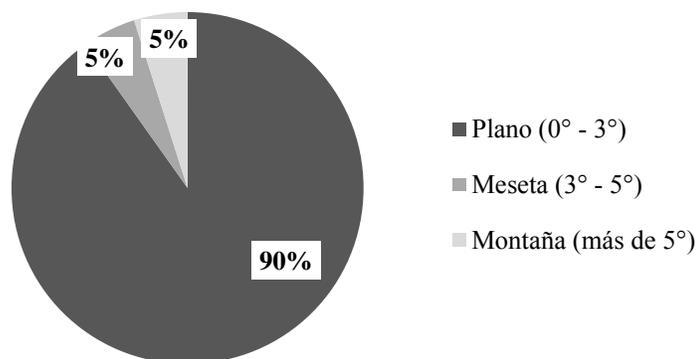
Figura 2.6. Grados de pendiente del corredor México - Tijuana



Fuente: elaborado con base en el Modelo Digital de Elevación de INEGI, editado por U-GITS, 2005.

Además, los rangos de pendiente más bajos son los más frecuentes en el corredor (90%), lo cual concuerda con los datos de hipsometría, mientras que las pendientes de 3° a 5° y las mayores a 5° representan el 10% restante (Figura 2.7):

Figura 2.7. Frecuencia de rangos grados de pendiente



Fuente: elaborado con base en INEGI – GITS, 2005.

Así, se puede suponer que a mayor grado de pendiente en la inclinación del terreno aledaño a un tramo carretero hay mayores accidentes de tránsito, en ese caso podría plantearse que existe una concentración espacial de los mismos pues de la longitud total del corredor solo un 5%, que corresponde a 143.4 km, presenta pendientes mayores a 5°.

2.3.2 Climatología

Dentro de los aspectos medioambientales que se consideran como factores de riesgo vial están los climáticos, ya que directamente perjudican la capacidad de los conductores al manejar y para mantener una distancia aceptable con respecto a los demás vehículos. En particular la lluvia y las temperaturas extremas tienen un efecto directo entre la vía de circulación y en el conductor; ambos aspectos se explican a continuación.

– Precipitación media anual

Permite conocer la cantidad de precipitación que cae en promedio en un año expresada en milímetros de lluvia, se trata de una variable que es relacionable con los accidentes de tránsito debido a que muestra de manera general las condiciones que pueden esperarse al transitar por cierta vía. El corredor bajo estudio, presenta múltiples escenarios climáticos, desde los muy secos, como en los tramos localizados al noroeste del corredor: Los Mochis - Cd. Obregón, Cd. Obregón –

Hermosillo, Santa Ana – Sonoita, Sonoita - Mexicali, Mexicali – Tijuana; los cuales presentan los rangos de 0 a 400 mm. Con respecto a los más altos, los tramos Toluca – Palmillas, Atlacomulco – Morelia, Guadalajara - Tepic y Tepic – Mazatlán presentan en su totalidad de 800 a 1,500 mm como lo muestra el Cuadro 2.6.

| Cuadro 2.6. Rangos de precipitación media anual por tramo | | | | |
|--|---------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| Núm. tramo | Nombre tramo | Longitud (km) | Rangos PMA (mm) | Longitud (%) |
| 1 | México - Toluca | 69 | 400 a 800 | 1.4 |
| | | | 800 a 1,500 | 98.6 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | 800 a 1,500 | 100 |
| 3 | Atlacomulco - Morelia | 23 | 800 a 1,500 | 100 |
| 4 | Atlacomulco - Zapotlanejo | 367 | 400 a 800 | 15.8 |
| | | | 800 a 1,500 | 84.2 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | 800 a 1,500 | 100 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 277 | 800 a 1,500 | 100 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | 400 a 800 | 95.5 |
| | | | 800 a 1,500 | 4.5 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | 400 a 800 | 100 |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | 0 a 400 | 48.8 |
| | | | 400 a 800 | 51.2 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | 0 a 400 | 100 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | 0 a 400 | 100 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | 0 a 400 | 70.3 |
| | | | 400 a 800 | 29.7 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | 0 a 400 | 100 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | 0 a 400 | 100 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | 0 a 400 | 100 |

Fuente: elaborado con base en Vidal – Zepeda, 1990.

El 49% del corredor presenta el rango más bajo de precipitación media anual que va de 0 a 400 mm, el 18% siguiente corresponde al rango 400 a 800 mm, mientras que el restante 33% presenta el rango más alto de 800 a 1,500 mm (Figura 2.8; Figura 2.9).

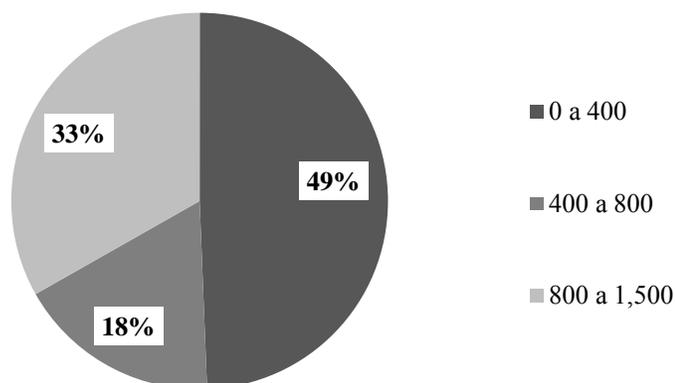
En conclusión se observa que sí existe una diferenciación con respecto a la precipitación media anual a lo largo del corredor, ya que prácticamente la mitad presenta rangos altos y medios; sin embargo al llegar a Mazatlán la cantidad de lluvias disminuye y continúa así hacia el noroeste. En este caso, puede afirmarse por una parte que, a mayor precipitación hay mayor riesgo vial ya que propicia una disminución en la visibilidad del camino; pero, por otra parte, la falta de lluvias podría asociarse a climas secos que aunados a temperaturas extremas podrían causar fatiga al conductor, lo cual también es un factor de accidentalidad vial, por estas razones esta variable se consideró relevante.

Figura 2.8. Precipitación media anual del corredor México - Tijuana



Fuente: elaborado con base en datos vectoriales de Vidal - Zepeda, 1990.

Figura 2.9. Frecuencia de rangos precipitación media anual (mm)



Fuente: elaborado con base en Vidal – Zepeda, 1990.

– **Temperatura máxima y mínima promedio**

Los datos correspondientes a las temperaturas máximas promedio muestran los rangos de las temperaturas más elevadas que se registraron durante el mes más caliente del año. Esto es de utilidad para la seguridad vial ya que revela de manera general el panorama más extremo al que se enfrenta el conductor que transite por el corredor en la época más calurosa del año (Chías y Martínez, 2010).

Dentro de las temperaturas máximas, el rango más elevado que presenta el corredor es el mayor a 40°C, temperaturas que se localiza en los tramos de Santa Ana – Sonoita y Sonoita – Mexicali aunque en general en, los tramos del noreste del corredor son los que presentan los rangos más altos. Por otra parte, la temperatura máxima de menor rango, que va de los 16° - 24° C, se localiza en los tramo de México – Toluca y Toluca – Palmillas, es decir en la sección del centro del corredor, por lo que los rango medios se encuentran desde el tramo Atlacomulco – Morelia, hasta Hermosillo – Nogales (Cuadro 2.7).

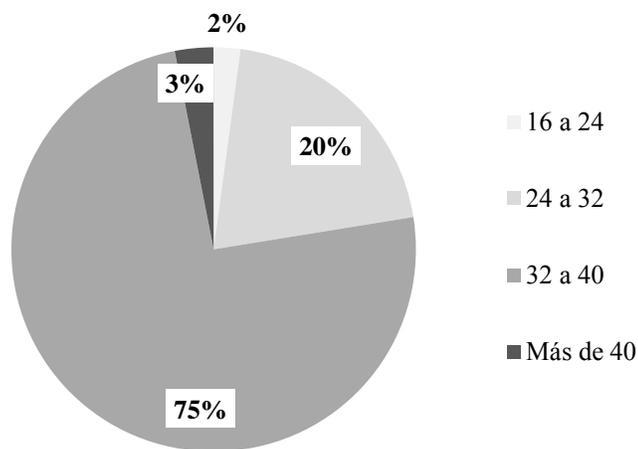
De manera general, en el corredor predominan las temperaturas máximas de 32 a 40 °C con un 70% del total, después sigue los rango de 24 a 32 °C, que ocupan un 20%. Mientras que los rangos menos frecuentes son los que van de 16° a 24 °C con un 2% y Más de 40 °C con solo un 3% del total (Figura 2.10). Finalmente, la Figura 2.11 muestra la distribución espacial de los rangos de temperaturas máximas promedio a lo largo del corredor bajo estudio.

| Cuadro 2.7. Rangos de temperaturas máximas por tramo | | | | |
|---|--------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|
| Núm. tramo | Nombre tramo | Longitud (km) | Rangos (Grados °) | Longitud (%) |
| 1 | México - Toluca | 69 | 16 a 24 | 84.1 |
| | | | 24 a 32 | 15.9 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | 16 a 24 | 6 |
| | | | 24 a 32 | 94 |
| 3 | Atacomulco - Morelia | 23 | 24 a 32 | 100 |
| 4 | Atacomulco - Zapotlanejo | 367 | 24 a 32 | 81.5 |
| | | | 32 a 40 | 18.5 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | 24 a 32 | 31.3 |
| | | | 32 a 40 | 68.7 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 277 | 24 a 32 | 4.3 |
| | | | 32 a 40 | 95.7 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | 24 a 32 | 43.5 |
| | | | 32 a 40 | 56.5 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | 32 a 40 | 100 |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | 32 a 40 | 100 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | 32 a 40 | 100 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | 32 a 40 | 100 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | 32 a 40 | 100 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | 32 a 40 | 91.3 |
| | | | Más de 40 | 8.7 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | 32 a 40 | 77.3 |
| | | | Más de 40 | 22.7 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | 24 a 32 | 23.2 |
| | | | 32 a 40 | 76.8 |

Fuente: elaborado con base en García y CONABIO, 1998.

Estos datos son relevantes si, se supone que a mayor temperatura aumenta la sofocación dentro del vehículo que se conduce y, por consiguiente, la fatiga de los conductores.

2.10. Frecuencia de rangos temperatura máxima (en grados °)



Fuente: elaborado con base en García y CONABIO, 1998.

Figura 2.11. Temperaturas máximas promedio del corredor México - Tijuana



Fuente: elaborado con base en datos vectoriales de García E. y CONABIO, 1998.

Con respecto a las temperaturas mínimas promedio se observa que los tramos México – Toluca, Toluca – Palmillas, Atlacomulco – Morelia y Mexicali – Tijuana son los que presentan mayor porcentaje del rango más frío que va de los -4 a 4 °C. El rango más alto (12 a 20 °C) dentro de las temperaturas mínimas, se encuentra en los tramos de Tepic – Mazatlán y Mazatlán – Culiacan. El rango medio de 4 a 12 °C se encuentra en todos los tramos con excepción de Toluca – Palmillas y Atlacomulco – Morelia (Cuadro 2.8).

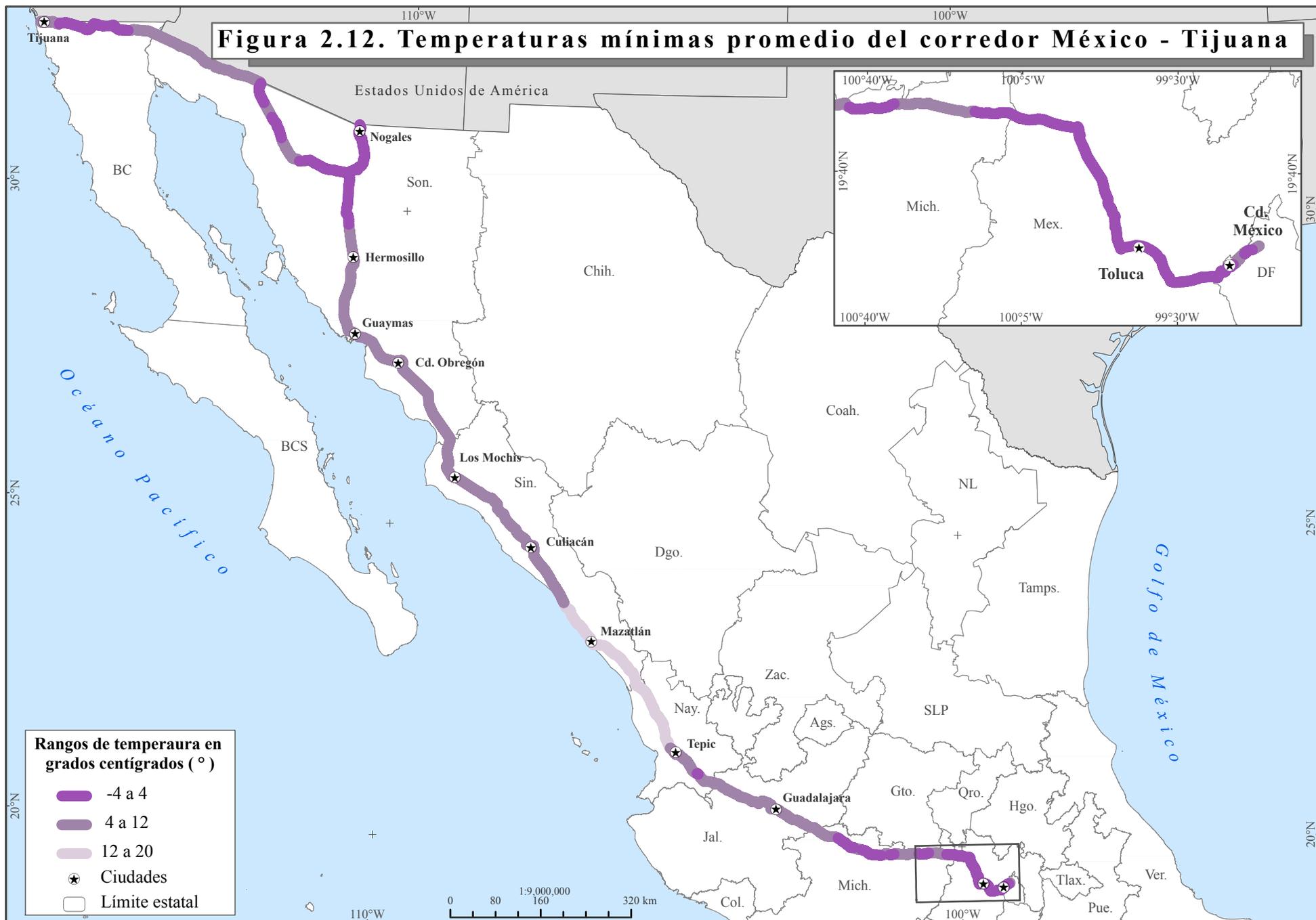
Cuadro 2.8. Rangos de temperaturas mínimas por tramo

| Núm. tramo | Nombre tramo | Longitud (km) | Rangos (Grados °) | Longitud (%) |
|------------|---------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| 1 | México - Toluca | 69 | De -4 a 4 | 87 |
| | | | 4 a 12 | 13 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | De -4 a 4 | 100 |
| 3 | Atlacomulco - Morelia | 23 | De -4 a 4 | 100 |
| 4 | Atlacomulco - Zapotlanejo | 367 | De -4 a 4 | 33 |
| | | | 4 a 12 | 67 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | De -4 a 4 | 1.4 |
| | | | 4 a 12 | 98.6 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 277 | 4 a 12 | 7.2 |
| | | | 12 a 20 | 92.8 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | 4 a 12 | 42 |
| | | | 12 a 20 | 58 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | 4 a 12 | 100 |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | 4 a 12 | 100 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | 4 a 12 | 100 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | 4 a 12 | 100 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | De -4 a 4 | 72.4 |
| | | | 4 a 12 | 27.6 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | De -4 a 4 | 62.2 |
| | | | 4 a 12 | 37.8 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | De -4 a 4 | 11.2 |
| | | | 4 a 12 | 88.8 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | De -4 a 4 | 72.3 |
| | | | 4 a 12 | 27.7 |

Fuente: García y CONABIO, 1998 b.

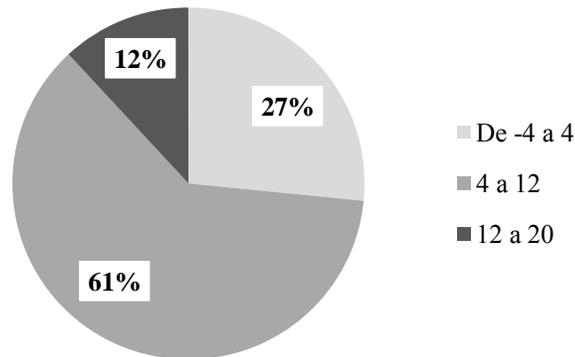
De manera general, el rango de los -4 a 4 °C representa un 27% del total y se localiza tanto en el centro como en el noroeste del corredor, el 61% siguiente corresponde al rango de 4 a 12 °C que es el más frecuente, el tercer y último rango de 12 a 20 °C representa únicamente el 12% de la longitud total del corredor (Figura 2.12; Figura 2.13).

Figura 2.12. Temperaturas mínimas promedio del corredor México - Tijuana



Fuente: elaborado con base en datos vectoriales de García E.y CONABIO, 1998 b.

2.13. Frecuencia rangos temperatura mínima (en grados °)



Fuente: García y CONABIO, 1998 b.

2.4 Eje socio-económico

En este tercer y último subcapítulo se determinarán a partir de aspectos demográficos y económicos, abordados desde una escala municipal, las relaciones que existen entre: las localidades urbanas, la tasa de motorización y el valor agregado censal bruto con respecto a la incidencia de accidentes viales, se justificarán cada una de estas variables a continuación.

2.4.1 Demografía

Indudablemente los accidentes de tránsito generan consecuencias cuantificables sobre la población que habita en las cercanías del corredor, por ello es importante conocer quiénes son las principales localidades afectadas y en donde se encuentran. En particular, las ciudades atraen un alto y constante flujo de vehículos que usualmente generan un incremento en el riesgo de la accidentalidad vial.

– Localidades urbanas

Se determinó caracterizar a las localidades urbanas por las que pasa el corredor porque se considera que son las que tienen una relación de conectividad directa con éste, además de ser las que lo alimentan de mayores flujos vehiculares. Se busca determinar si son precisamente los tramos que conectan a localidades urbanas los que presentan mayor concentración de accidentes viales. La jerarquización urbana que se utilizó para determinar a las ciudades como: grandes, medianas y pequeñas, es la clasificación de Unikel, 1971; sin embargo, también se consideró importante incluir a las localidades urbanas cuya población es menor a los 15,000 habitantes por lo que, finalmente, esta clasificación constó con los cuatro rangos siguientes:

Figura 2.14. Localidades urbanas del corredor México - Tijuana



Fuente: elaborado con base en datos vectoriales de Áreas Urbanas de INEGI, 2010.

- Ciudades Mixtas entre 2,500 y 15,000 hab.
- Ciudades Pequeñas entre 15, 000 y 100,000 hab.
- Ciudades Medianas más de 100,000 a 1,000,000 hab.
- Ciudades Grandes más de 1,000,000 hab.

En total, cruzan al corredor 3 ciudades grandes (Guadalajara, Zapopan y Tijuana), 12 ciudades medianas, presentes en el D.F., Jalisco, Nayarit, Sinaloa y Sonora; 12 ciudades pequeñas localizadas en el D.F., México, Michoacán, Sinaloa, Sonora y Baja California, así como 22 ciudades mixtas urbanas presentes en México, Michoacán, Jalisco, Sinaloa y Sonora. Además, el corredor conecta 48 localidades urbanas, las cuales fueron estructuradas en el Cuadro 2.9. Los estados con mayor cantidad de ciudades conectadas al corredor son Sinaloa y Sonora con 14 cada uno, seguidos por México con 7, Jalisco con 5, el D.F. con 4, Michoacán y Baja California con 2 respectivamente y, por último, Nayarit que conecta sólo una ciudad al corredor. La Figura 2.14 muestra la representación cartográfica de las localidades urbanas mencionadas.

Finalmente, del total de las localidades urbanas conectadas al corredor, el 6% corresponde a ciudades grandes, el 24% a ciudades pequeñas, el 25% a ciudades medias y por último el 45% restante son a ciudades mixtas.

- **Tasa de motorización municipal**

Esta variable se obtiene al dividir el número de vehículos registrados en cada municipio entre el número de habitantes y multiplicado el resultado por 100. Es relevante porque ya que la flota vehicular es un componente indispensable y necesario en el análisis de la accidentalidad vial (Chías y Martínez, 2010).

Con respecto al corredor, los municipios que presentan las mayores tasas de motorización son: Zinapécuaro en Michoacán, las delegaciones de Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, en el Distrito Federal y el municipio de Oquitoa en Sonora. Mientras que los municipios con menor tasa de motorización son: Ixtlahuaca, Temoaya, Temascalcingo, Oztolotepec, Almoloya de Juárez y El Oro en México (Cuadro 2.10). En este sentido la correlación que podríamos formular sería que a mayor tasa de vehículos circulando por cada 100 habitantes en un municipio, mayor es la probabilidad de sufrir un accidente (Figura 2.15); sin embargo también debemos considerar que al ser un dato a nivel municipal la relación con el corredor no es tan directa como en el caso de las variables físico-geográficas donde los atributos se asignaron a partir de los tramos carreteros.

Cuadro 2.9. Jerarquía de las localidades urbanas del corredor

| Clave Loc. | Nombre Entidad | Nombre Municipio | Nombre Localidad | Clasificación Unikel |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 90040020 | Distrito Federal | Cuajimalpa | San Lorenzo Acopilco | Ciudad Pequeña |
| 90040001 | Distrito Federal | Cuajimalpa | Cuajimalpa de Morelos | Ciudad Media |
| 90100001 | Distrito Federal | Álvaro Obregón | Álvaro Obregón | Ciudad Media |
| 90160001 | Distrito Federal | Miguel Hidalgo | Miguel Hidalgo | Ciudad Media |
| 150140001 | México | Atlacomulco | Atlacomulco de Fabela | Ciudad Pequeña |
| 150420001 | México | Ixtlahuaca | Ixtlahuaca de Rayón | Ciudad Mixta |
| 150510001 | México | Lerma | Lerma de Villada | Ciudad Pequeña |
| 150670005 | México | Otzolotepec | Col. Guadalupe Victoria | Ciudad Mixta |
| 150760001 | México | San Mateo Atenco | San Mateo Atenco | Ciudad Pequeña |
| 151060051 | México | Toluca | La Constitución Toltepec | Ciudad Mixta |
| 151060065 | México | Toluca | San Cayetano Morelos | Ciudad Mixta |
| 160500001 | Michoacán | Maravatío | Maravatío de Ocampo | Ciudad Pequeña |
| 160630001 | Michoacán | Panindícuaro | Panindícuaro | Ciudad Mixta |
| 140390001 | Jalisco | Guadalajara | Guadalajara | Ciudad Grande |
| 140550001 | Jalisco | Magdalena | Magdalena | Ciudad Mixta |
| 141010001 | Jalisco | Tonalá | Tonalá | Ciudad Media |
| 141200001 | Jalisco | Zapopan | Zapopan | Ciudad Grande |
| 141200243 | Jalisco | Zapopan | La Venta del Astillero | Ciudad Mixta |
| 180170001 | Nayarit | Tepic | Tepic | Ciudad Media |
| 250010001 | Sinaloa | Ahome | Los Mochis | Ciudad Media |
| 250010136 | Sinaloa | Ahome | El Estero (Juan José Ríos) | Ciudad Mixta |
| 250010227 | Sinaloa | Ahome | San Miguel Zapotitlán | Ciudad Mixta |
| 250010396 | Sinaloa | Ahome | Alfonso G. Calderón | Ciudad Mixta |
| 250010156 | Sinaloa | Ahome | Gustavo Díaz Ordaz | Ciudad Mixta |
| 250010143 | Sinaloa | Ahome | Guillermo Chávez | Ciudad Mixta |
| 250061346 | Sinaloa | Culiacán | El Diez | Ciudad Mixta |
| 250110001 | Sinaloa | Guasave | Guasave | Ciudad Pequeña |
| 250110138 | Sinaloa | Guasave | Juan José Ríos | Ciudad Pequeña |
| 250110132 | Sinaloa | Guasave | Gabriel Leyva Solano | Ciudad Pequeña |
| 250110070 | Sinaloa | Guasave | Callejones de Guasavito | Ciudad Mixta |
| 250110035 | Sinaloa | Guasave | Adolfo Ruiz Cortines | Ciudad Mixta |
| 250120001 | Sinaloa | Mazatlán | Mazatlán | Ciudad Media |
| 250120348 | Sinaloa | Mazatlán | Villa Unión | Ciudad Mixta |
| 260040001 | Sonora | Altar | Altar | Ciudad Mixta |
| 260160001 | Sonora | Benjamín Hill | Benjamín Hill | Ciudad Mixta |
| 260170001 | Sonora | Caborca | Heroica Caborca | Ciudad Pequeña |
| 260180311 | Sonora | Cajeme | Esperanza | Ciudad Pequeña |
| 260180001 | Sonora | Cajeme | Ciudad Obregón | Ciudad Media |
| 260290325 | Sonora | Guaymas | Vícam (Switch) | Ciudad Mixta |
| 260300001 | Sonora | Hermosillo | Hermosillo | Ciudad Media |
| 260350001 | Sonora | Imuris | Imuris | Ciudad Mixta |
| 260360001 | Sonora | Magdalena | Magdalena de Kino | Ciudad Pequeña |
| 260420001 | Sonora | Navojoa | Navojoa | Ciudad Media |
| 260430001 | Sonora | Nogales | Heroica Nogales | Ciudad Media |
| 260550001 | Sonora | San Luis Río Colorado | San Luis Río Colorado | Ciudad Media |
| 260580001 | Sonora | Santa Ana | Santa Ana | Ciudad Mixta |
| 260700001 | Sonora | Gral. Plutarco Elías C. | Sonoita | Ciudad Mixta |
| 20030001 | Baja California | Tecate | Tecate | Ciudad Pequeña |
| 20040001 | Baja California | Tijuana | Tijuana | Ciudad Grande |

Fuente: elaborado con base en INEGI, 2010.

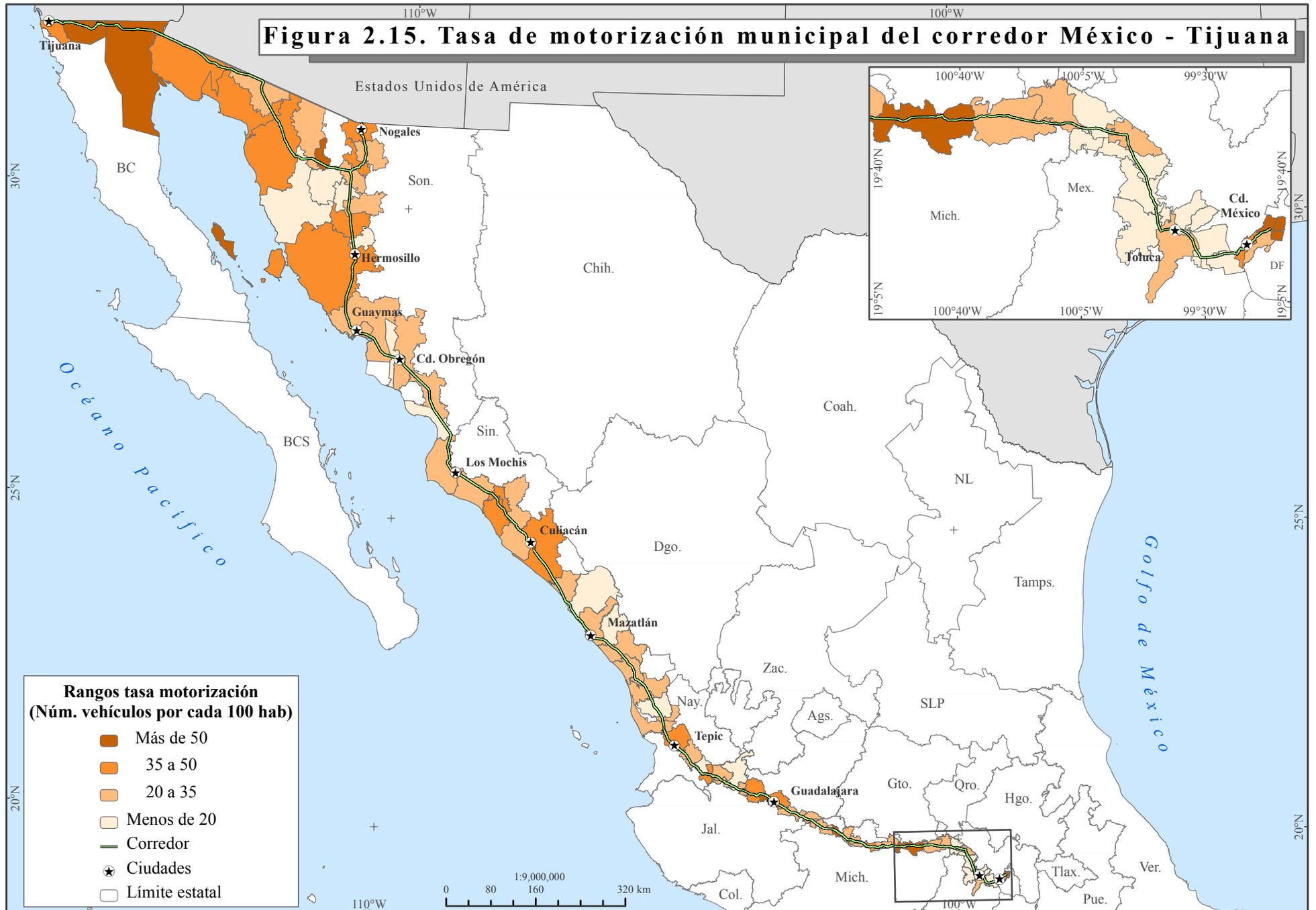
2.4.2 Economía

Además de las afectaciones a la población, los accidentes viales también conllevan desventajas a la economía del país, pues cada accidente que ocurre genera daños materiales, que al cuantificarse nos da una perspectiva de los montos que gastan en cubrir las consecuencias provocadas por un accidente vial.

– Valor Agregado Censal Bruto

Esta variable se define como la expresión monetaria del valor que se agrega a los insumos en la realización de las actividades económicas y se obtiene de restar a la producción bruta total el importe de los insumos totales. Se le llama “bruto” porque a este valor no se le han deducido las asignaciones efectuadas por la depreciación de los activos fijos (*Ibid.*). Este dato es importante porque indica la riqueza que se generó en cada municipio del corredor, valor que puede compararse con la cantidad gastada en cubrir los daños materiales generados por los accidentes de tránsito en cada municipio. El Cuadro 2.10, muestra los valores del VACB por municipio y la Figura 2.16 muestra la representación cartográfica de esta variable.

Figura 2.15. Tasa de motorización municipal del corredor México - Tijuana

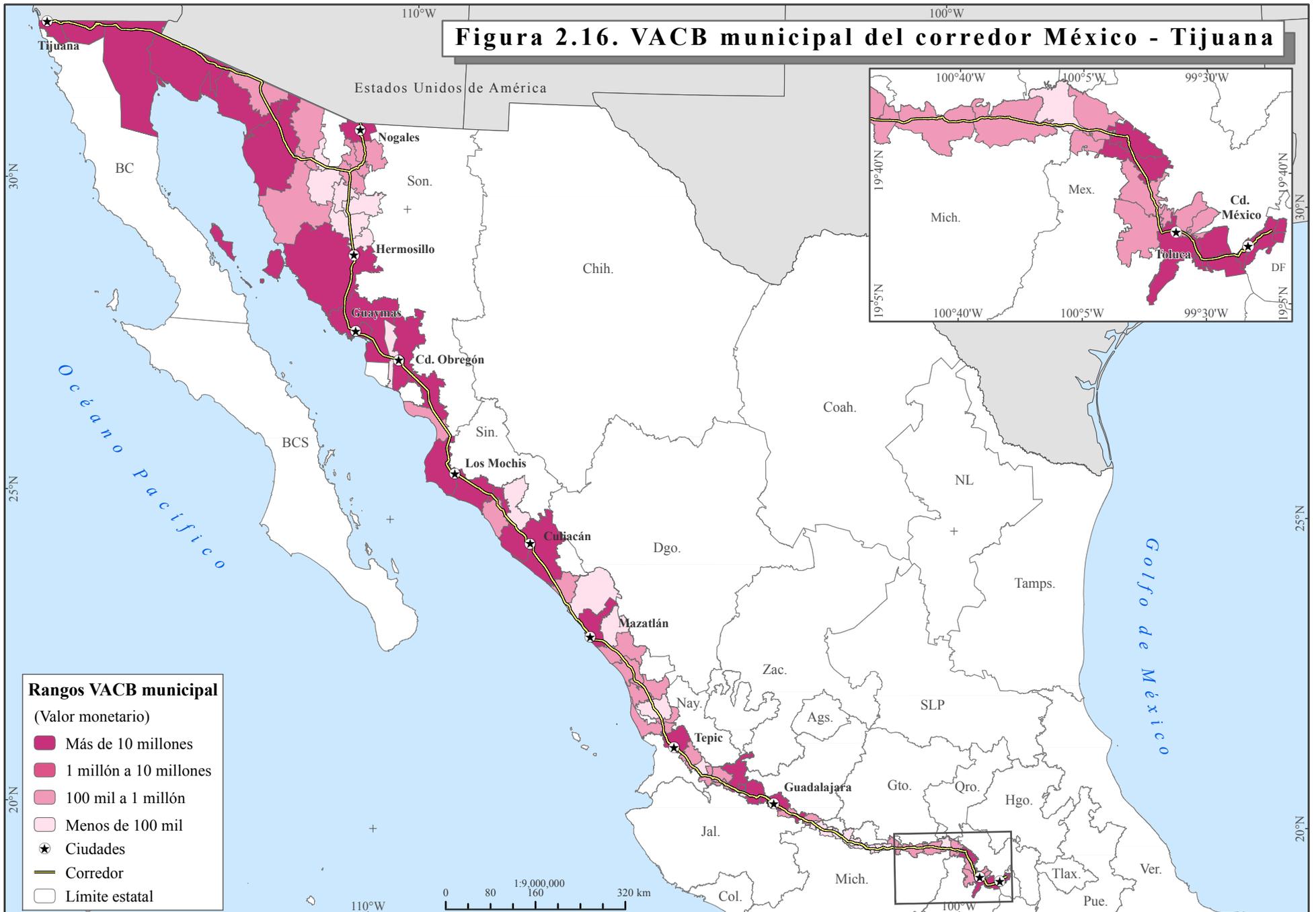


Fuente: elaborado con base en Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación de INEGI, 2008.

| Cuadro 2.10. Tasa de motorización por municipio (vehículos/habitantes) * 100 | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|------------------|--------------------------|-------------|
| Estado | Municipio | Tasa | Estado | Municipio | Tasa |
| Michoacán | Zinapécuaro | 110.22 | Sinaloa | Guasave | 28.53 |
| Distrito Federal | Benito Juárez | 87.42 | Michoacán | Vista Hermosa | 28.14 |
| Distrito Federal | Miguel Hidalgo | 80.99 | Sinaloa | Mazatlán | 28.02 |
| Distrito Federal | Cuauhtémoc | 62.2 | Distrito Federal | Álvaro Obregón | 27.94 |
| Sonora | Oquitoa | 58.19 | Nayarit | Tecuala | 27.45 |
| Michoacán | Álvaro Obregón | 57.14 | Sonora | Opodepe | 27.44 |
| Baja California | Mexicali | 54.39 | Sonora | Empalme | 27.14 |
| Michoacán | Churintzio | 53.59 | Jalisco | Amatitán | 26.94 |
| Baja California | Tecate | 51.51 | Jalisco | Zapotlán del Rey | 26.82 |
| Jalisco | Guadalajara | 51.12 | Jalisco | Magdalena | 26.69 |
| Sonora | Nogales | 47.68 | Nayarit | Santa María del Oro | 26.11 |
| Jalisco | Zapotlanejo | 45.91 | Sonora | Navjoa | 25.87 |
| Sonora | Magdalena | 45.58 | Sinaloa | Navolato | 25.34 |
| Sonora | Caborca | 44.83 | Nayarit | Santiago Ixcuintla | 25.12 |
| Sonora | Puerto Peñasco | 44.02 | Michoacán | Panindícuaro | 24.07 |
| Baja California | Tijuana | 43.33 | Sinaloa | Escuinapa | 23.55 |
| Jalisco | Zapopan | 42.21 | Sinaloa | Elota | 23.51 |
| Sonora | San Luis Río Colorado | 41.63 | Nayarit | Acaponeta | 23.03 |
| Sinaloa | Salvador Alvarado | 40.24 | Jalisco | Tonalá | 22.96 |
| Michoacán | Huaniqueo | 39.56 | Michoacán | Cuitzeo | 22.31 |
| Sinaloa | Culiacán | 39.40 | Michoacán | Copándaro | 22.27 |
| Nayarit | Ixtlán del Río | 39.07 | Sinaloa | Rosario | 22.19 |
| Distrito Federal | Cuajimalpa de Morelos | 38.73 | México | Atlacomulco | 21.36 |
| Nayarit | Tepic | 37.64 | Sonora | Altar | 21.32 |
| Sonora | Hermosillo | 36.49 | Jalisco | Hostotipaquillo | 21.2 |
| Sinaloa | Angostura | 36.37 | México | Lerma | 19.95 |
| Sonora | Carbó | 35.3 | Jalisco | Tequila | 19.79 |
| Michoacán | Ecuandureo | 34.34 | Sonora | Trincheras | 19.57 |
| Michoacán | Penjamillo | 33.5 | Nayarit | Rosamorada | 19.44 |
| Michoacán | Contepec | 33.04 | Sinaloa | Concordia | 19.28 |
| Sonora | Santa Ana | 32.81 | Sonora | Benjamín Hill | 19.00 |
| Michoacán | Tanhuato | 32.34 | Sonora | Pitiquito | 18.47 |
| Jalisco | Ocotlán | 32.17 | Nayarit | Jala | 17.11 |
| Sonora | Cajeme | 31.72 | Sonora | Huatabampo | 16.97 |
| Sinaloa | Mocorito | 31.25 | Sonora | Bácum | 16.73 |
| Sinaloa | Ahome | 30.35 | Sinaloa | San Ignacio | 16.59 |
| Michoacán | Maravatío | 30.12 | México | San Mateo Atenco | 15.83 |
| Michoacán | Chucándiro | 30.08 | México | Ocoyoacac | 13.67 |
| Jalisco | La Barca | 30.08 | México | Jocotitlán | 13.47 |
| Sonora | General Plutarco Elías Calles | 29.65 | Sonora | San Miguel de Horcasitas | 12.84 |
| Sonora | Imuris | 29.50 | México | Ixtlahuaca | 11.32 |
| Sonora | Guaymas | 29.45 | México | Temoaya | 10.85 |
| México | Toluca | 29.20 | México | Temascalcingo | 10.45 |
| Michoacán | Jiménez | 29.15 | México | Otzolotepec | 8.26 |
| Jalisco | El Arenal | 29.08 | México | Almoloya de Juárez | 8.15 |
| Nayarit | Ruíz | 28.64 | México | El Oro | 7.61 |

Fuente: elaborado con base en INEGI, 2008.

Figura 2.16. VACB municipal del corredor México - Tijuana



Fuente: elaborado con base en Censos económicos 2009 de INEGI, 2009.

| Cuadro 2.11. Valor Agregado Censal Bruto por municipio (valor monetario) | | | | | |
|---|-----------------------|-------------|---------------|-------------------------------|-------------|
| Estado | Municipio | VACB | Estado | Municipio | VACB |
| Distrito Federal | Miguel Hidalgo | 239,283,038 | Nayarit | Santa María del Oro | 378,407 |
| Distrito Federal | Cuauhtémoc | 230,580,346 | México | Temascalcingo | 365,962 |
| Distrito Federal | Benito Juárez | 133,136,835 | Sinaloa | Rosario | 306,127 |
| Distrito Federal | Álvaro Obregón | 120,794,330 | Sonora | Santa Ana | 293,535 |
| Jalisco | Guadalajara | 95,446,938 | Sinaloa | Angostura | 284,863 |
| México | Toluca | 77,959,397 | Sinaloa | Elota | 272,794 |
| Baja California | Tijuana | 64,108,460 | Jalisco | Hostotipaquillo | 268,935 |
| Jalisco | Zapopan | 60,145,563 | Sonora | General Plutarco Elías Calles | 244,932 |
| Sonora | Hermosillo | 52,860,794 | México | Almoloya de Juárez | 235,948 |
| Baja California | Mexicali | 47,878,146 | Nayarit | Tecuala | 182,145 |
| Distrito Federal | Cuajimalpa de Morelos | 42,745,952 | Nayarit | Ixtlán del Río | 178,083 |
| Sinaloa | Culiacán | 28,985,822 | Jalisco | Zapotlán del Rey | 167,852 |
| México | Lerma | 13,538,779 | Michoacán | Zinapécuaro | 156,350 |
| Sonora | Cajeme | 13,249,616 | Sonora | Ímuris | 150,031 |
| Nayarit | Tepic | 12,954,160 | Sonora | Altar | 139,189 |
| Sinaloa | Mazatlán | 12,775,096 | Nayarit | Ruíz | 132,457 |
| Sinaloa | Ahome | 11,182,965 | Michoacán | Álvaro Obregón | 126,327 |
| Sonora | Nogales | 9,624,343 | México | Temoaya | 119,359 |
| México | Ocoyoacac | 5,346,648 | México | Otzolotepec | 116,804 |
| México | Atlacomulco | 5,120,972 | Sonora | Pitiquito | 111,880 |
| Sonora | Navojoa | 5,033,137 | México | El Oro | 111,731 |
| Sonora | Guaymas | 4,676,135 | Jalisco | Magdalena | 108,974 |
| Baja California | Tecate | 4,328,472 | Sonora | Trincheras | 99,500 |
| México | Jocotitlán | 4,267,405 | Sonora | Bácum | 92,966 |
| Jalisco | Ocotlán | 4,049,428 | Sinaloa | Mocorito | 91,934 |
| Sonora | Caborca | 3,762,074 | Nayarit | Rosamorada | 87,535 |
| México | San Mateo Atenco | 3,644,286 | Jalisco | El Arenal | 75,779 |
| Sonora | Empalme | 3,526,145 | Michoacán | Churintzio | 57,963 |
| Sinaloa | Guasave | 3,425,054 | Sonora | Opodepe | 56,903 |
| Sonora | San Luis Río Colorado | 2,788,411 | Nayarit | Jala | 53,298 |
| Jalisco | Tonalá | 2,111,399 | Michoacán | Vista Hermosa | 48,993 |
| Jalisco | Tequila | 2,100,866 | Sinaloa | Concordia | 46,435 |
| Jalisco | Zapotlanejo | 1,969,471 | Michoacán | Contepec | 45,571 |
| Sonora | Puerto Peñasco | 1,493,537 | Michoacán | Ecuandureo | 40,373 |
| Sinaloa | Salvador Alvarado | 1,346,501 | Michoacán | Tanhuato | 31,947 |
| Sinaloa | Navolato | 1,041,406 | Sinaloa | San Ignacio | 31,900 |
| Jalisco | Amatitán | 1,002,862 | Michoacán | Panindícuaro | 29,808 |
| Sonora | Magdalena | 875,796 | Michoacán | Penjamillo | 25,851 |
| México | Ixtlahuaca | 873,314 | Michoacán | Jiménez | 22,338 |
| Sonora | Huatabampo | 644,864 | Sonora | Carbó | 9,603 |
| Jalisco | La Barca | 631,807 | Michoacán | Huaniqueo | 8,998 |
| Nayarit | Santiago Ixcuintla | 452,972 | Sonora | Benjamín Hill | 7,382 |
| Michoacán | Maravatío | 413,701 | Sonora | San Miguel de Horcasitas | 5,915 |
| Sinaloa | Escuinapa | 412,490 | Michoacán | Copándaro | 3,829 |
| Nayarit | Acaponeta | 382,551 | Michoacán | Chucándiro | 1,962 |
| Michoacán | Cuitzeo | 381,292 | Sonora | Oquitoa | 202 |

Fuente: elaborado con base en INEGI – GITS, 2009.

Capítulo 3. Análisis espacial de los accidentes de tránsito del corredor México – Tijuana en 2008

A partir del desarrollo de la caracterización geográfica del corredor carretero México – Tijuana se obtuvieron una serie de datos descriptivos, temáticos y cuantitativos que se encuentran sintetizados principalmente en tablas y en gráficas. Sin embargo, no se debe dejar estos datos en un nivel descriptivo y desagregado, sino que deben ser analizados espacial y geoestadísticamente para poder llegar a la determinación de los patrones territoriales que caracterizan a los accidentes viales de área bajo estudio. De esta manera, se busca agrupar todas las variables en una sola matriz de datos estructurada, que facilitará la búsqueda de los procesos espaciales que ocurren en este corredor en relación con la accidentalidad vial. Es necesario delimitar primeramente la metodología a seguir para llegar a este objetivo planteado, para lo cual, el análisis espacial será el conjunto de técnicas a emplear en esta investigación y cuyas características se definen a continuación.

3.1. Fundamentos teórico-metodológicos del análisis espacial

El análisis espacial constituye una serie de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas al estudio de los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se enfoca desde la tecnología de los SIG, el análisis espacial se considera su núcleo, ya que es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica.

Según los diferentes momentos de evolución científica el análisis espacial ha contado con dos marcadas líneas de definición dentro del enfoque cuantitativo. Por un lado, las que constituyen todo tipo de procesamiento de datos espaciales y, por el otro, las que consideran únicamente los aspectos geométricos de las entidades espaciales, dejando de lado sus atributos asociados (Buzai y Baxendale, 2006).

En la primera línea de definición, O'Sullivan y Unwin (2003, en Buzai y Baxendale, 2006) consideran la amplitud del análisis espacial a partir de definirlo en base a cuatro contextos:

1. Manejo de datos espaciales
2. Análisis de datos espaciales de forma descriptiva y exploratoria
3. Aplicación de la estadística espacial
4. Modelación espacial de en búsqueda de diferentes escenarios

En la segunda línea de definición, Berry (1996, en Buzai y Baxendale, 2006) considera que el análisis espacial se define a través de operaciones cuyos resultados dependen de la localización espacial, ya que, si se mueven espacialmente las entidades los resultados cambian.

Algunos conceptos teóricos fundamentales que son necesarios para realizar un análisis espacial son los siguientes (Buzai y Baxendale, 2006):

1. *Localización*: considera que todas las entidades estudiadas tienen una determinada ubicación sobre la superficie terrestre. Esta ubicación puede ser vista en dos niveles, el del emplazamiento que se refiere al sitio específico respecto de su topografía local y el de situación que se refiere a la posición de determinada entidad respecto de las otras con las cuales se vincula para la realización de sus funciones.
2. *Distribución*: considera que el conjunto de entidades estudiadas junto a sus atributos se reparten de forma específica sobre la superficie terrestre. Estas pueden ser representadas como puntos, líneas o áreas con diversos contenidos.
3. *Asociación*: considera el estudio del grado de semejanza-diferencia entre los distintos atributos medidos en las unidades espaciales, el mismo atributo en cuanto a su comportamiento de difusión o diferentes atributos en cuanto en relación de contigüidad. Desde el punto de vista cuantitativo un coeficiente de correlación sirve para medir cual es el nivel de semejanza en la distribución de dos variables dentro de las unidades espaciales de una misma área de estudio.
4. *Interacción*: considera la configuración de un espacio relacional en el cual las ubicaciones, distancias y flujos horizontales sobre el espacio geográfico resultan fundamentales, en este sentido la accesibilidad por ejemplo, es básica al querer comprender la funcionalidad de una región o área específica.
5. *Evolución*: considera la incorporación de la variable temporal y la permanente transición de un estado a otro. En cuanto al uso de los SIG el concepto de evolución espacial puede ser considerado en dos aspectos: el estado de las configuraciones en base a cartografía presentada con determinada resolución temporal en los llamados *chess maps*, y el estudio de la difusión espacial que utiliza representaciones cartográficas en simulaciones temporalmente continuas.

Asimismo, es importante mencionar algunas líneas temáticas que se pueden abordar a partir del estudio del análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG):

- *Procesos de aglomeración*: como la concentración, la forma y la dimensión, el crecimiento urbano, la definición de estructuras, los cambios de ciertos aspectos específicos en el espacio, etc.
- *Procesos de diferenciación*: como la diferenciación social, la concentración y segregación espacial, conexiones y circulación de flujos, circuitos económicos, entre otros.
- *Procesos de transformación*: como la huella ecológica o huella en el paisaje, uso y deterioro de recursos, recuperación de ambientes naturales, estudio de centros históricos, etc.

3.2 Planteamiento de la metodología investigativa

Ya definido el análisis espacial como la técnica investigativa indicada para explicar este estudio geográfico; se eligió en particular la definición arriba mencionada de O'Sullivan y Unwin (2003, en Buzai y Baxendale, 2006), para desarrollar a partir de los cuatro pasos base que proponen, la metodología bajo la cual se llegó a los resultados finales de la investigación, dichos pasos se detallan a continuación:

3.2.1 Manejo de datos espaciales

La manera en la que se organizó la serie de datos espaciales obtenidos como resultado de la caracterización geográfica realizada en el capítulo dos, fue a través de una *matriz estructurada de datos espaciales*, donde se compilaron los resultados referentes a todas las variables bajo estudio. Para construir esta matriz, el primer asunto que se definió fue la exactitud de los datos.

Al ser trabajadas en un SIG, a cada mapa presentado en el capítulo anterior le corresponde una tabla de atributos donde se encuentran los datos espaciales necesarios para realizar la geoestadística, sin embargo, fue necesario determinar cómo iban a integrarse todas las tablas en una sola. En primera instancia, se consideró hacer la integración por tramos, sin embargo, al no ser de igual longitud no iba a ser posible realizar una comparación de resultados, además de que, al ser entidades muy amplias en longitud, el detalle de los datos sería poco exacto.

Por ello, se decidió crear una nueva capa de referencia en el SIG a partir de la cual se intersectaron todas las demás variables. Se trató de una capa de puntos, los cuales recorren todo el corredor

carretero separados por una distancia de un kilómetro, lo cual permite contar con más exactitud en los datos. El procedimiento para la creación de la capa de referencia se explica a continuación:

El primer paso necesario fue cargar la capa correspondiente a la línea que describe la ruta del Corredor México – Tijuana; a partir de la cual el SIG calculará el kilómetro de separación que tendrán los puntos de la capa de referencia. El siguiente paso fue crear una nueva capa de puntos, que en primera instancia estará vacía. Después es necesario seleccionar la capa del corredor utilizando el comando “*Select all*”, para luego hacer editable la capa de puntos. Posteriormente se debe seleccionar la opción “*Construct Points...*” que se encuentra en el menú “*Editor*” (Figura 3.1), esta opción despliega una nueva ventana en la cual se debe seleccionar la capa de puntos y luego en la opción “*Distance*” se coloca la distancia a la que se quiere se encuentren los puntos de referencia, que en este caso será a cada 1,000 metros (Figura 3.2).

Figura 3.1. Menú para la creación de puntos equidistantes

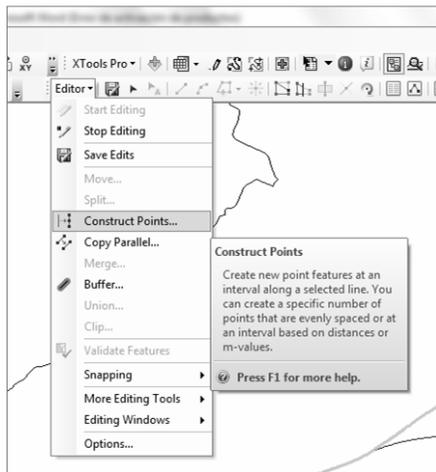
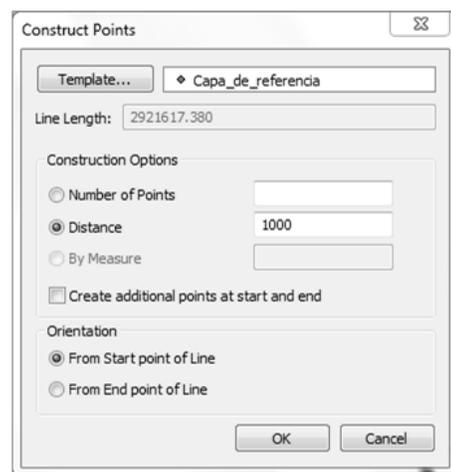


Figura 3.2. Menú que despliega el proceso



Como resultado, la capa de referencia ahora contiene 2,868 puntos, que corresponden al número de kilómetros del corredor. Sin embargo los puntos creados no tienen numeración, por lo que es necesario editar esta capa para agregar a cada punto el número de kilómetro continuo que le corresponde, lo cual permitirá tener un ID único para cada uno de ellos (Figura 3.3). Todo lo anterior con la finalidad de que el proceso de intersección se realice sin complicaciones.

Figura 3.3. Proceso para agregar kilometraje continuo

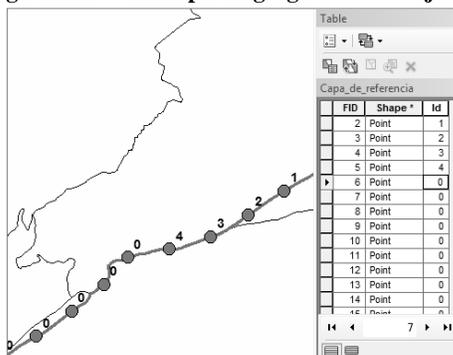


Figura 3.4. Ejemplo tabla de contenido con datos por km

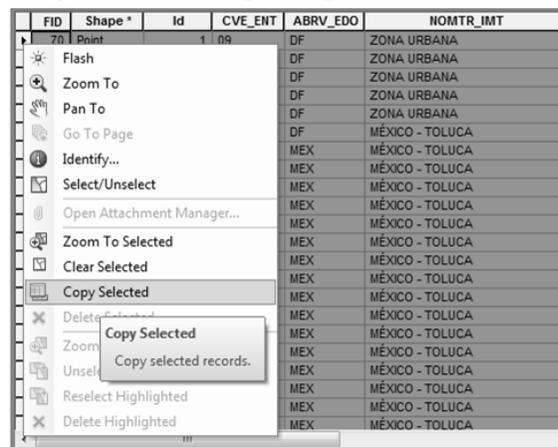
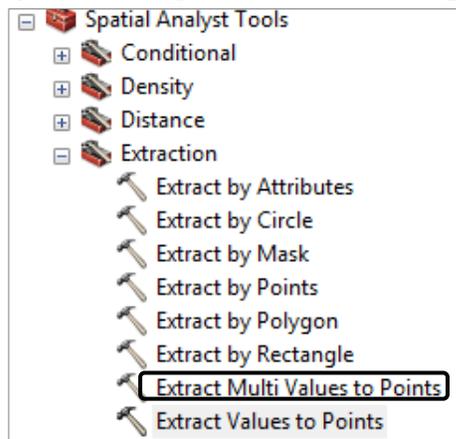
| FID | Shape* | ID_ORDEN | CVE_ENT | ABRV_EDO | NOMTR_IMT | DGDC_CLAS |
|-----|----------|----------|---------|----------|-----------------|---|
| 12 | Point ZM | 1 | 09 | DF | MÉXICO - TOLUCA | Federal libre de cuatro o más carriles |
| 11 | Point ZM | 2 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 10 | Point ZM | 3 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 9 | Point ZM | 4 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 8 | Point ZM | 5 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 7 | Point ZM | 6 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 6 | Point ZM | 7 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 5 | Point ZM | 11 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 4 | Point ZM | 15 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 3 | Point ZM | 16 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 2 | Point ZM | 17 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal de cuota de cuatro o más carriles |
| 1 | Point ZM | 18 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal libre de cuatro o más carriles |
| 0 | Point ZM | 19 | 15 | MEX | MÉXICO - TOLUCA | Federal libre de cuatro o más carriles |

Una vez que la capa de puntos está numerada, se procede a realizar las intersecciones, utilizando la herramienta “*Intersect*” ubicada en la barra de herramientas del SIG, en la opción “*Geoprocessing*” así, a cada punto de referencia se le asignará la información de la capa correspondiente, como ejemplo se muestra la tabla de contenidos de la infraestructura carretera con datos por kilómetro (Figura 3.4). Este proceso es sencillo cuando la capa a intersectar es un polígono o una línea, sin embargo cuando se trata de intersectar dos capas de puntos es necesario revisar cada uno de los puntos generados para tener certeza de que se encuentran en el kilómetro correcto.

El proceso de “*Intersect*” debe realizarse para cada una de las capas presentadas en el capítulo 2, de esta manera se obtendrán 10 capas de información con la característica de que todas contendrán 2,868 elementos; con excepción de las capas: TDPA, Localidades Urbanas y Accidentes de Tránsito, ya que al ser capas de puntos con determinado número de elementos, serán éstos únicamente los que contarán con un kilómetro asignado de la numeración continua, especificada por la capa de referencia. En el caso de las capas raster a partir de las cuales se obtuvieron los datos de altitud y los grados de pendiente, al tratarse de un Modelo Digital de Elevación (DEM) y un slope respectivamente, el proceso de intersección se realiza con la herramienta “*Extract values to points*” (Figura 3.5).

Una vez obtenidas estas 10 capas de información estandarizadas a partir de la capa de referencia, lo que prosiguió fue copiar y pegar sus respectivas tablas de contenido a una hoja de cálculo. Para realizar este procedimiento se debe abrir la tabla de contenido de cada capa, se seleccionan todos sus elementos con la herramienta “*Select all*”, para luego dar un *click* derecho en el margen izquierdo de la tabla, que despliega un menú del cual se debe seleccionar la opción “*Copy selected*” (Figura 3.6). Después debe abrirse la hoja de cálculo, donde se pegarán las 10 tablas de contenido, las cuales finalmente constituirán la matriz estructurada de datos espaciales a partir de la cual se aplicará el análisis descriptivo y geoestadístico.

Figura 3.5. Ruta para la intersección de capas raster **Figura 3.6. Proceso para copiar tabla de contenido**



Nota: Las seis capturas de pantalla presentadas fueron obtenidas de ArcMap 10.1.

| Cuadro 3.1. Directorio de variables de la matriz estructurada de datos espaciales | | | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|------------------------|---------------|--|
| No | Nombre | Referencia | No | Nombre | Referencia |
| 1 | KM | Km continuo | 34 | CAU_VEH | Causa del vehículo |
| 2 | DIEZ | Bloques de 10 | 35 | CAU_CAM | Causa del camino |
| 3 | VEINTE | Bloques de 20 | 36 | CAU_GAN | Causa del ganado |
| 4 | TREINTA | Bloques de 30 | 37 | CAU_NAT | Causa natural |
| 5 | TRAMO | Número de tramo | 38 | ALTITUD | Altitud |
| 6 | NOMBRE | Nombre del tramo | 39 | ALTITUD_MC | Altitud (MC) |
| 7 | PAV | Tipo de pavimento | 40 | ALTITUD_GRAF | Altitud (d) |
| 8 | JUR | Jurisdicción | 41 | G_PEND | Grados de pendiente |
| 9 | INFRA | Clasificación infraestructura | 42 | G_PEND_MC | Grados de pendiente (MC) |
| 10 | TDPA | TDPA (MC) | 43 | PMA | Precipitación media anual |
| 11 | TDPA_MC | TDPA Rangos | 44 | PMA_MC | Precipitación media anual (MC) |
| 12 | TOTAL_AT | Total accidentes de tránsito | 45 | TMAX | Rango temperatura máxima |
| 13 | MUERTOS | Víctimas Muertos | 46 | TMAX_MC | Temperatura máxima promedio (MC) |
| 14 | HERIDOS | Víctimas Heridos | 47 | TMIN | Rango temperatura mínima |
| 15 | DAN_MAT | Daños Materiales | 48 | TMIN_MC | Temperatura mínima promedio (MC) |
| 16 | EQV_HER | Equivalencia Heridos | 49 | LOC_URB_MC | Localidades Urbanas (MC) |
| 17 | EQV_MUER | Equivalencia Muertos | 50 | LOC_URB | Localidades Urbanas |
| 18 | SAL_CAM | Salida del Camino | 51 | T_MOTO | Tasa de motorización |
| 19 | SC_VOLC | Volcadura sin colisión | 52 | T_MOTO_MC | Tasa de motorización (MC) |
| 20 | SC_CAID | Caída sin colisión | 53 | POB08 | Población 2008 |
| 21 | SC_INCE | Incendio sin colisión | 54 | P_VEH08 | Parque vehicular total 2008 |
| 22 | SC_OTRO | Otro | 55 | P_VEH_MC | Parque vehicular total 2008 (MC) |
| 23 | C_ATROP | Atropellamiento con colisión | 56 | P_VEH_A | Parque vehicular (Autos) |
| 24 | C_VM_TRA | Vehículo en tránsito con colisión | 57 | P_VEH_CP | Parque vehicular (Camiones de pasajeros) |
| 25 | C_VM_ALC | Vehículo por alcance con colisión | 58 | P_VEH_CC | Parque vehicular (Camiones de carga) |
| 26 | C_VM_EST | Vehículo estacionado con colisión | 59 | P_VEH_M | Parque vehicular (Motocicletas) |
| 27 | C_FFCC | Ferrocarril | 60 | T_MOTO_A | Tasa de motorización (Autos) |
| 28 | C_BICI | Bicicleta | 61 | T_MOTO_CP | Tasa de motorización (Camiones de pasajeros) |
| 29 | C_ANIM | Animal | 62 | T_MOTO_CC | Tasa de motorización (Camiones de carga) |
| 30 | C_OBJ_F | Objeto Fijo | 63 | T_MOTO_M | Tasa de motorización (Motocicletas) |
| 31 | C_OTROB | Otro objeto | 64 | VACB | Valor agregado censal bruto |
| 32 | CAU_CON | Causa del conductor | 65 | VACB_MC | Valor agregado censal bruto (MC) |
| 33 | CAU_POP | Causa del peatón | * MC = Marca de clase. | | |

Fuente: elaborado con base el proceso anteriormente descrito y con la información de los Cuadros 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11.

El Cuadro 3.1 muestra el directorio de variables compuesto por el total de columnas de la matriz estructurada de datos espaciales. Así, se logró que cada uno de los 2,868 km de longitud del corredor contara con las 65 variables presentadas.

3.2.2 Análisis de datos espaciales de forma descriptiva y exploratoria

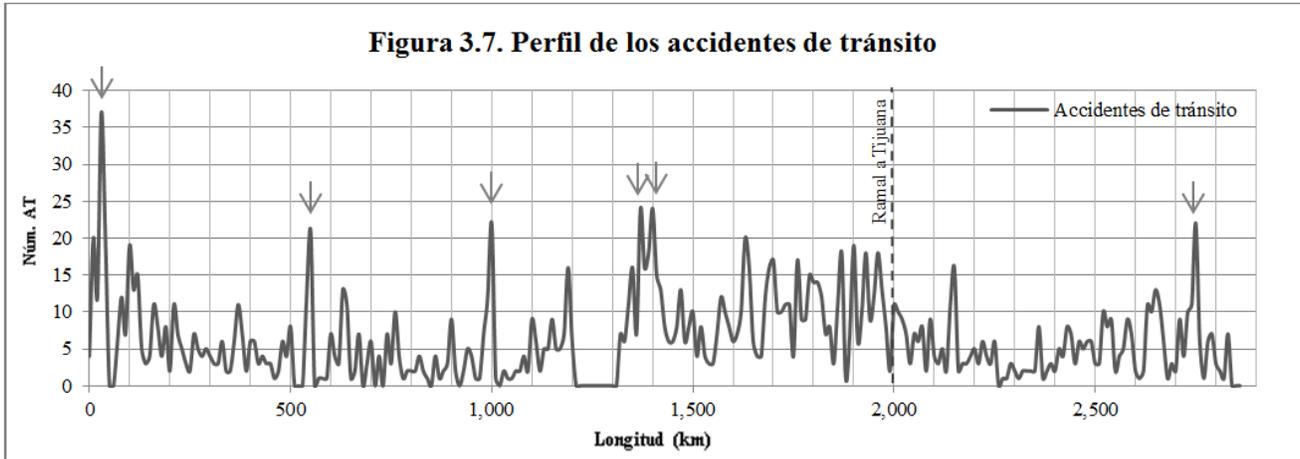
La cantidad de información ordenada en la matriz de datos espaciales representa la base a partir de la cual se realizará el análisis geoestadístico, sin embargo, existe información básica que se puede exponer sin necesidad de realizar cálculos con los datos de la matriz. Por esta razón, primeramente se elaboró un perfil gráfico del comportamiento de las variables de tipo continuas, cuya representación se consideró básica para comenzar con el análisis espacial de los accidentes de tránsito, cada perfil se explica a continuación.

El primer perfil (Figura 3.7) describe el comportamiento de los propios accidentes de tránsito. Para tener una mejor representación, se sumó el número de accidentes ocurridos por cada 10 kilómetros, así, pueden observarse seis “picos” que muestran los kilómetros donde se concentran la mayor cantidad de accidentes, éstos son: del km 20 al 30 que es donde ocurrieron más accidentes con 37 en total; del km 540 al 550 pasaron 21; del km 900 al 1,000 sucedieron 22; del km 1,360 al 1,370 y del 1,390 al 1,400 ocurrieron 24 y finalmente del 2,740 al 2,750 pasaron 22. En total hubo 1,801 accidentes a lo largo del corredor.

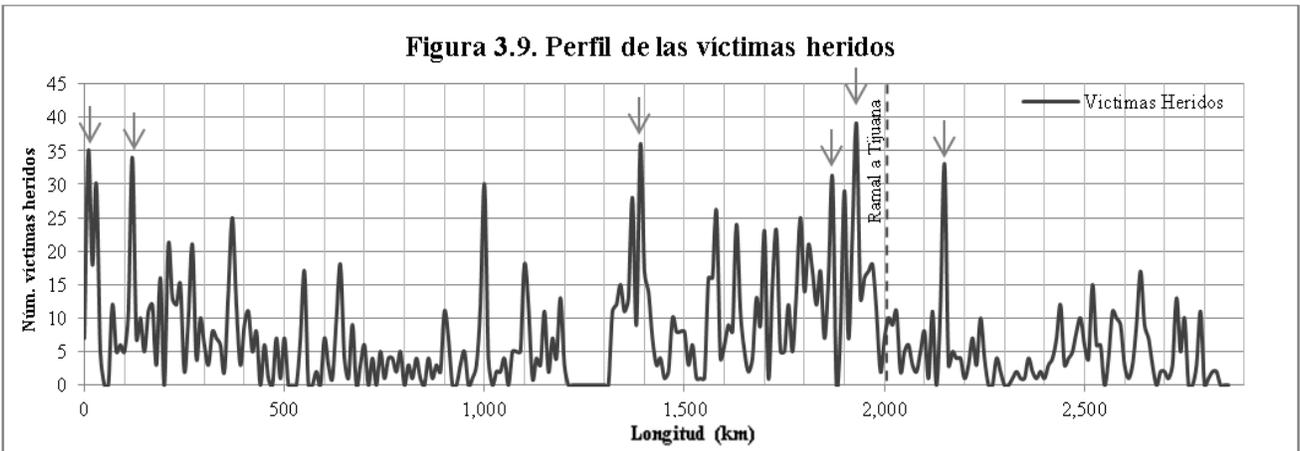
El segundo perfil describe el comportamiento de las víctimas muertas en el corredor (Figura 3.8), en éste puede verse un pico que sobresale notablemente entre el kilómetro 90 y el 100 en donde se registraron 21 fallecidos. Además, entre el km 360 al 370 se presentaron 9 fallecidos; entre los km 1,780 y 1,790 se presentaron 9 fallecidos, del km 1,810 al 1,820 hubo 8 víctimas muertas y finalmente entre el km 1,920 y 1,930 se presentaron 8 víctimas muertas. En total se registraron 381 fallecidos en el corredor.

Como puede observarse, los kilómetros donde ocurren más accidentes no coinciden con los kilómetros donde se presentaron mayor cantidad de víctimas muertas, esto puede interpretarse pensando que, aunque ocurrieron pocos accidentes en un punto específico, éstos fueron muy trágicos o viceversa, puede ser que en un punto hayan ocurrido muchos accidentes que sin embargo no dejaron fallecidos.

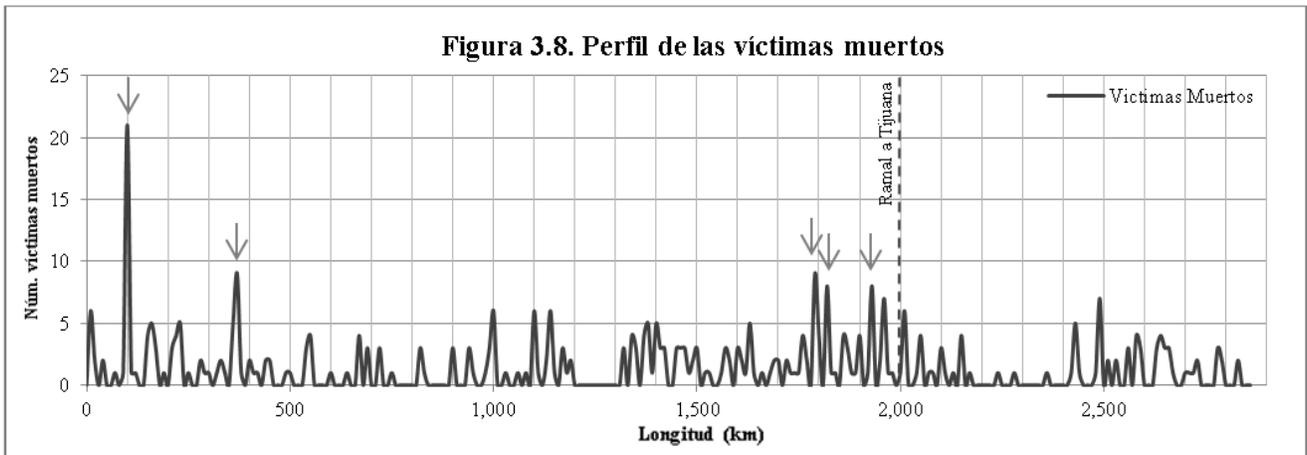
El comportamiento del tercer perfil (Figura 3.9), muestra claramente seis picos donde se concentran la mayor cantidad de víctimas heridos, primeramente entre los kilómetros 0 y 10 hubo 35 heridos; entre el 110 y 120 se presentaron 34; entre el 1380 y 1,390 se registraron 36; entre el 1,860 y 1,870 fueron 31; entre el 1,920 y el 1,930 hubo 39 y finalmente entre los kilómetros 2,140 y 2,150 se presentaron 33 víctimas heridos. El total de heridos en el corredor fue de 2,042.



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

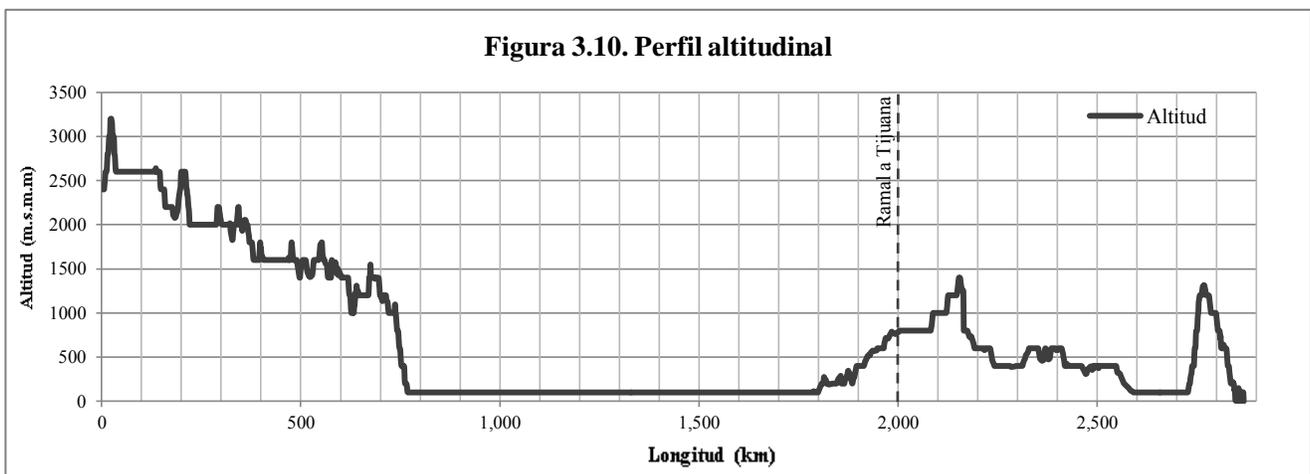


Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

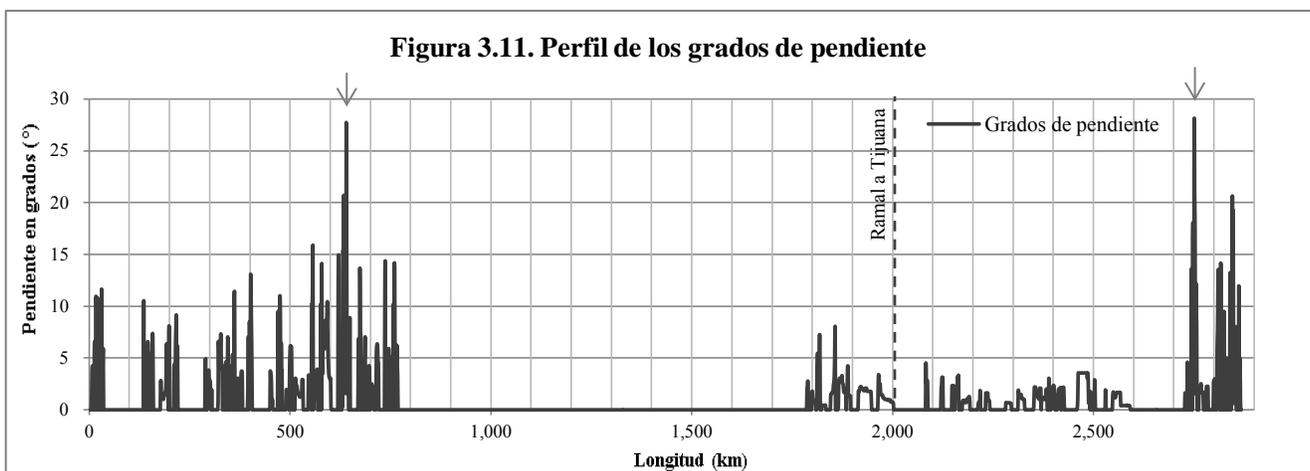


Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

Además, el perfil altitudinal (Figura 3.10) permite observar las condiciones de orografía que describen al corredor, las cuales muestran un contraste de altitudes muy diferenciado, por ejemplo, en los primeros 310 kilómetros, el corredor presenta altitudes mayores o iguales a los 2,000 m.s.n.m., entre los km 311 y 760 las altitudes van de los 2,001 a los 1,000 m.s.n.m., del km 761 al 1,800 se presenta una altitud de 100 m.s.m.m. Después del km 1,800 el corredor presenta altitudes que gradualmente son mayores hasta llegar a los 1,500 m.s.m.m en el km 2,153; a partir del cual, de nuevo decrece la altitud hasta el km 2,746. Nuevamente, a partir del km 2,747 la altitud es creciente, hasta el km 2,781 donde alcanza 1,190 m.s.m.m. De este km en adelante, la altitud disminuye hasta llegar a los 0 m.s.m.m en el km final 2,868. Por último, la altitud promedio que presenta el corredor es de 714.22 m.s.n.m.



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

Con respecto al perfil de los grados de pendiente (Figura 3.11), es necesario aclarar que la inclinación a la que se hace referencia no es la que presentan los tramos carreteros propiamente,

sino a la que presenta el terreno sobre el cual se construyó después el corredor, lo cual muestra cómo es el entorno aledaño a éste. Así, se puede apreciar el gran contraste en la inclinación de los grados de pendiente que existen a lo largo de los tramos; los picos máximos se encuentran en el km 640, el cual presenta 27.7° y el km 2,751 donde la inclinación del terreno es de 28.15°.

De manera general, se observa que del km 0 al km 760, existen pendientes muy pronunciadas, aunque en su mayoría son menores a los 5°; del km 761 al 1,780 el terreno es totalmente plano; del km 1,781 al 2,600 también se encuentran pendientes poco pronunciadas menores a los 5°; del km 2,601 al 2,730 nuevamente existe terreno con 0° de pendiente y finalmente del 2,731 al 2,868 existen pendientes muy pronunciadas con de más de 20° de inclinación, pero en su mayoría son menores a los 5°. Finalmente, la inclinación promedio del corredor es de 0.873°.

Además de los perfiles gráficos, se obtuvieron resultados generales a escala de tramo carretero. A cada kilómetro de la matriz de datos se le especificó el tramo al que pertenecía para poder estructurar el Cuadro 3.2 donde se resumen las principales variables de accidentalidad por tipo de víctima. Así, se observa que el tramo más extenso es el que va de Atlacomulco – Zapotlanejo con 367 km de longitud, mientras que el más corto es el tramo Atlacomulco – Morelia con solo 23 km. Además el tramo en el que ocurrieron más accidentes fue en Cd. Obregón – Hermosillo con 274 en total, mientras que el tramo más seguro (sin contar el tramo Culiacán - Las Brisas para el cual no se tienen datos registrados) fue Atlacomulco – Morelia con únicamente 21 accidentes.

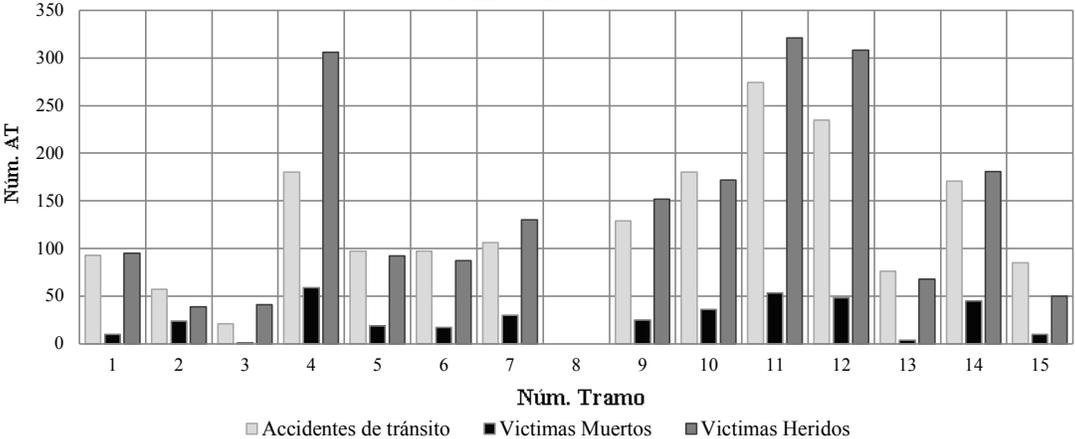
Cuadro 3.2. Total de accidentes de tránsito por tipo de víctima y por tramo carretero

| Número de tramo | Nombre del tramo | Longitud (km) | Accidentes de tránsito | Víctimas muertos | Víctimas heridos |
|-----------------|---------------------------|---------------|------------------------|------------------|------------------|
| 1 | México - Toluca | 69 | 93 | 10 | 95 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | 57 | 24 | 39 |
| 3 | Atlacomulco - Morelia | 23 | 21 | 1 | 41 |
| 4 | Atlacomulco - Zapotlanejo | 367 | 180 | 59 | 306 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | 97 | 19 | 92 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 277 | 97 | 17 | 87 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | 106 | 30 | 130 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | Sin datos | | |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | 129 | 25 | 152 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | 180 | 36 | 172 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | 274 | 53 | 321 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | 235 | 48 | 308 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | 76 | 4 | 68 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | 171 | 45 | 181 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | 85 | 10 | 50 |
| Total | | 2,868 | 1,801 | 381 | 2,042 |

Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

También se puede observar que el tramo donde se registró un mayor número de víctimas muertas, fue Atlacomulco – Zapotlanejo con 59 en total, mientras que el tramo en el que se presentaron menos fallecidos fue Atlacomulco – Morelia con sólo uno. Con respecto a las víctimas heridos, el tramo Toluca – Palmillas sólo presentó el mínimo registro con 39 heridos y en contraste el máximo lo alcanzó el tramo Cd. Obregón – Hermosillo con 321 heridos.

Figura 3.12. Total de accidentes de tránsito por tipo de víctima y por tramo carretero



Fuente: elaborado con base Cuadro 3.2.

A manera de resumen, en la Figura 3.12 se pueden observar tres casos diferentes con respecto a la accidentalidad por tramos carreteros. El primer caso es cuando el número de accidentes es mayor al total de víctimas heridos y muertas, como ocurre en el tramo dos Toluca – Palmillas; en el tramo seis Tepic – Mazatlán; en el tramo diez Los Mochis - Cd. Obregón; en el tramo trece Santa Ana – Sonoita y en el tramo quince Mexicali – Tijuana. Esto se explicaría pensando en que los accidentes que ocurren en estos seis tramos no alcanzan en general grandes magnitudes ya que no ocasionan mayor cantidad de fallecidos ni heridos. Por lo que podría concluirse que ocurren muchos accidentes que no son tan graves como para causar víctimas.

El segundo caso es cuando existe una equiparable cantidad total de heridos y de accidentes de tránsito, categoría en la que se encuentran el tramo uno México – Toluca y el cinco Guadalajara – Tepic. Lo cual se puede interpretar pensando que a cada accidente ocurre en promedio un herido.

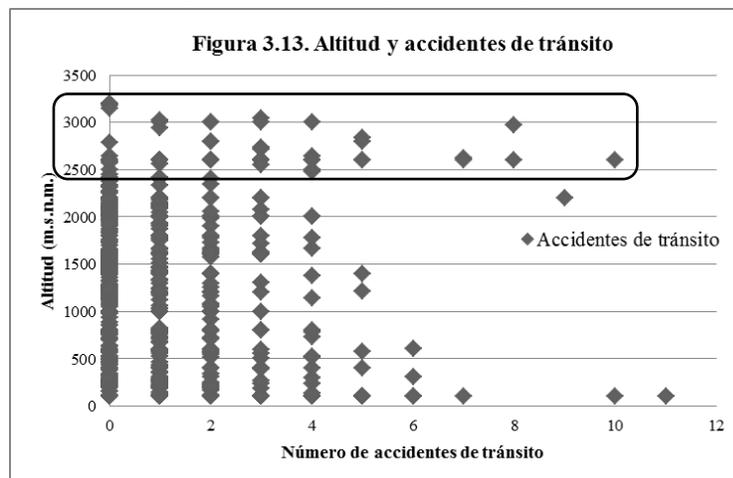
El tercer y último caso ocurre cuando la cantidad de heridos es mayor a la de accidentes de tránsito, como en el caso del tramo tres Atlacomulco – Morelia; del tramo cuatro Atlacomulco – Zapotlanejo; del tramo siete Mazatlán – Culiacán, del tramo nueve Culiacán - Los Mochis; del tramo once Cd. Obregón – Hermosillo; del tramo doce Hermosillo – Nogales y del tramo catorce

Sonoita – Mexicali. En esta situación se puede concluir que los accidentes en general son más graves ya que generan una mayor cantidad de víctimas heridos. Este análisis descriptivo permite comprender la situación general de la accidentalidad vial a lo largo del corredor, sin embargo se tiene la limitante de que no es posible comparar los resultados que ocurren entre tramos porque su longitud no es la misma y tampoco permite comparar variables pues algunas son discretas y otras continuas, por ello en el siguiente subcapítulo, la geoestadística extenderá el nivel de detalle y de análisis entre las variables bajo estudio en busca de conclusiones más concretas.

3.2.3 Aplicación de la estadística espacial o geoestadística

La matriz de datos permite la aplicación de operaciones estadísticas para concretar de manera más profunda el estudio de los accidentes de tránsito, más allá del enfoque descriptivo, por lo cual, es necesario explicar la metodología que se siguió en esta parte de la investigación, cuyo objetivo fue la construcción de un índice de accidentalidad con la finalidad de extrapolar los resultados de la accidentalidad en el corredor, con el de toda la red carretera federal. Es necesario recalcar que el índice de accidentalidad no pudo ser concretado por las razones que se irán explicando. Sin embargo, es relevante detallar el proceso que se trabajó, pues aunque no se llegó a la construcción del índice, si a la creación de una tasa de accidentalidad y a la determinación de conclusiones importantes a lo largo del proceso, además de que ahora ya se sabe qué elementos hicieron falta, para que en una futura investigación se concrete el índice de accidentalidad.

El primer paso que se realizó fue la generación de gráficas de dispersión para cada variable, contrastándolas con los accidentes de tránsito, para buscar patrones que describieran cierta tendencia en el comportamiento de los accidentes. Con los resultados obtenidos se identificaron tres variables que mostraron mayor correlación con los accidentes de tránsito, estas fueron: la altitud, la presencia de localidades y el tipo de carretera; que son las que se incluyen en la investigación.



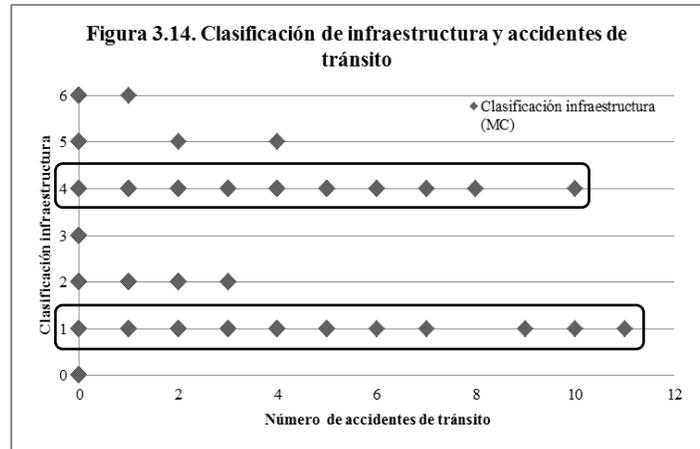
Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

La Figura 3.13 muestra cómo hay una concentración importante de accidentes en las altitudes mayores a los 2,500 m.s.n.m; esta observación permitió determinar a esta variable como el punto de comparación con respecto a las demás.

También, en la Figura 3.14, se observa que existe una concentración de accidentes en las clasificaciones: 1 (federal de cuota de cuatro o más carriles) y 4 (federal libre de cuatro o más carriles), por lo que puede decirse que sí es un factor relevante el tipo de infraestructura sobre el cual ocurren los accidentes.

Dónde:

| | |
|---|--------------------------------------|
| 6 | Estatad libre de 4 o más carriles |
| 5 | Federal libre de 4 o más carriles |
| 4 | Federal libre de 4 o más carriles |
| 3 | Estatad de cuota de 4 o más carriles |
| 2 | Federal de cuota de 2 carriles |
| 1 | Federal de cuota de 4 o más carriles |
| 0 | Sin clasificación |

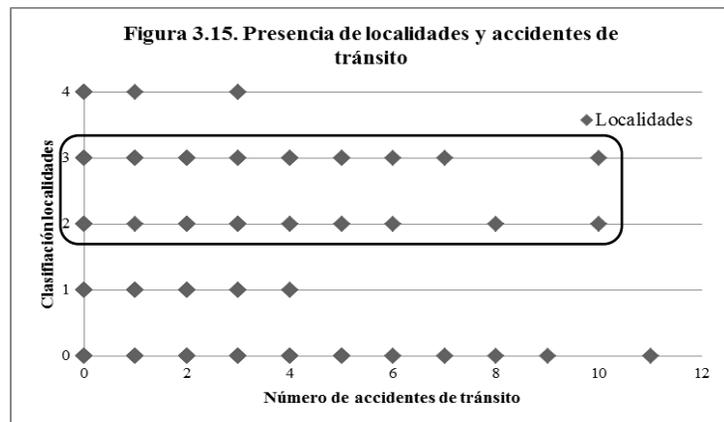


Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

Así mismo, la Figura 3.15 muestra cómo ocurre una alta cantidad de accidentes cuando en el territorio hay algún tipo de localidad, en particular la clasificación 2, que corresponde a ciudades pequeñas y la clasificación 3, que corresponde a las ciudades medianas.

Dónde:

| | |
|---|----------------|
| 4 | Ciudad grande |
| 3 | Ciudad mediana |
| 2 | Ciudad pequeña |
| 1 | Ciudad mixta |
| 0 | Sin localidad |



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

El siguiente paso fue la cuestión de la comparación entre variables y tramos, para lo cual se generó una tasa de accidentalidad (TA) que se calculó para todas las variables. La TA se obtuvo dividiendo el total de accidentes (que presenta una variable) entre el número de kilómetros (que cubre esa misma variable) y el resultado se multiplicó por 100. Como resultado la TA representa el número de

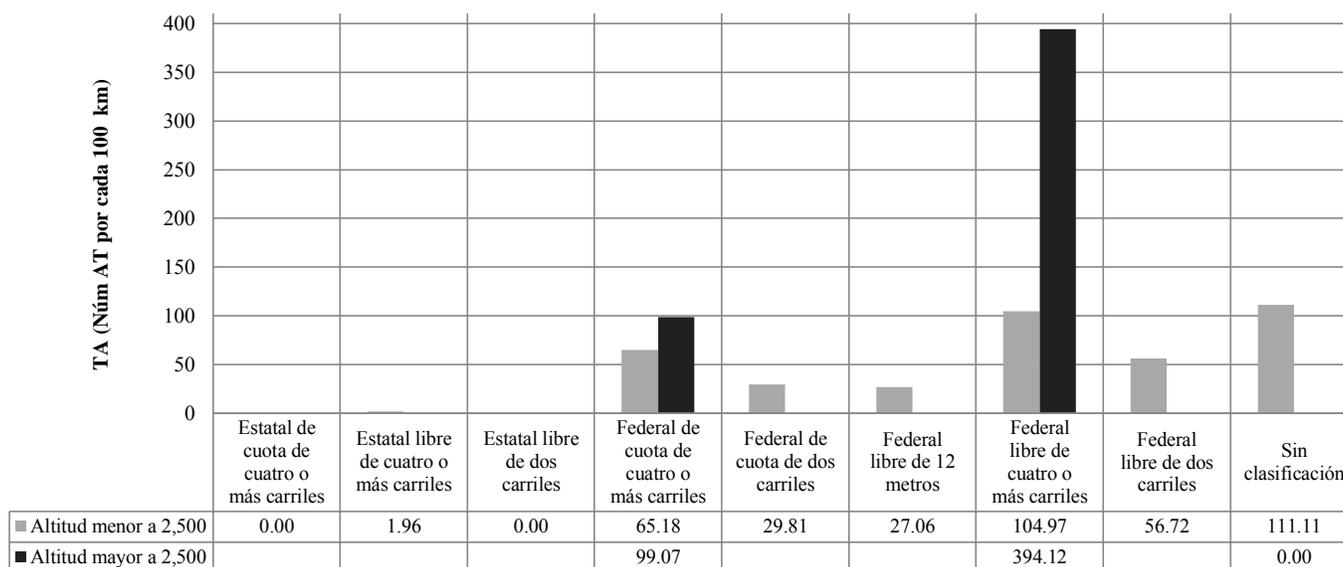
AT ocurridos por cada 100 km. La aplicación de la TA hizo posible la comparación entre las variables, las cuales se comportan espacialmente de manera diferente, ya que la longitud que cubren no es igual, por lo que se logró eliminar esa limitante y se homologaron los criterios. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$TA = \left(\frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Número de kilómetros}} \right) * 100$$

Al realizar la representación gráfica de las tasas de accidentalidad de todas las variables se determinó que además de: la altitud, la infraestructura y la presencia de localidades, también el TDPA y los grados de pendiente, tenían alta correlación con los accidentes de tránsito. Además, partir de los resultados obtenidos en las gráficas de dispersión, se concluyó que la altitud era un elemento importante en el comportamiento de los accidentes, por lo que para las variables seleccionadas, sus respectivas TA, se calcularon haciendo una diferenciación según la altitud.

La Figura 3.16 muestra el comportamiento de la TA con respecto a la clasificación de infraestructura y además se agrega la diferenciación por altitud. En particular, se observa que el tipo de carretera donde ocurren un mayor número de accidentes por cada 100 km es la federal libre de cuatro o más carriles cuando además, la altitud es mayor a los 2,500 m.s.n.m. Mientras que el tipo de carreteras más segura es la estatal libre de cuatro o más carriles. También puede observarse otro problema que contribuyó a que el índice de accidentalidad no pudiera generarse, esto es debido a que no hubo información para todas las categorías como para contrastar el comportamiento de las TA con todas las variables y bajo los criterios dados.

Figura 3.16. Tasa de accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y clasificación de infraestructura)

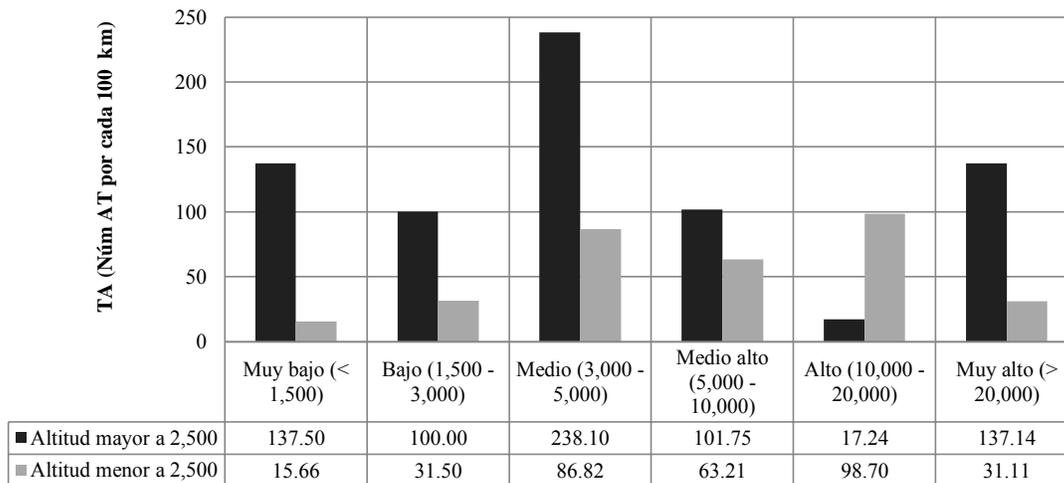


Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales y al proceso anteriormente descrito.

En este caso, por ejemplo, no hubo datos para las categorías de carreteras: estatal libre de dos carriles y la estatal de cuota de cuatro o más carriles, lo cual dio origen a un sesgo en las comparaciones. Las celdas de las categorías para las cuales no se tienen datos aparecen en blanco.

Con respecto a la TA calculada a partir del TDPA y la altitud, la Figura 3.17 grafica los resultados obtenidos, los cuales muestran que la mayor TA se alcanza cuando el TDPA es de rango Medio, luego se encuentra el rango Muy bajo y en tercer lugar el rango Muy alto, cuando además la altitud es mayor a 2,500 m.s.n.m. y precisamente esta altitud genera un aumento en la TA en todas las categorías, excepto en el TDPA Alto.

Figura 3.17. Tasa de accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y Tránsito Diario Promedio Anual)

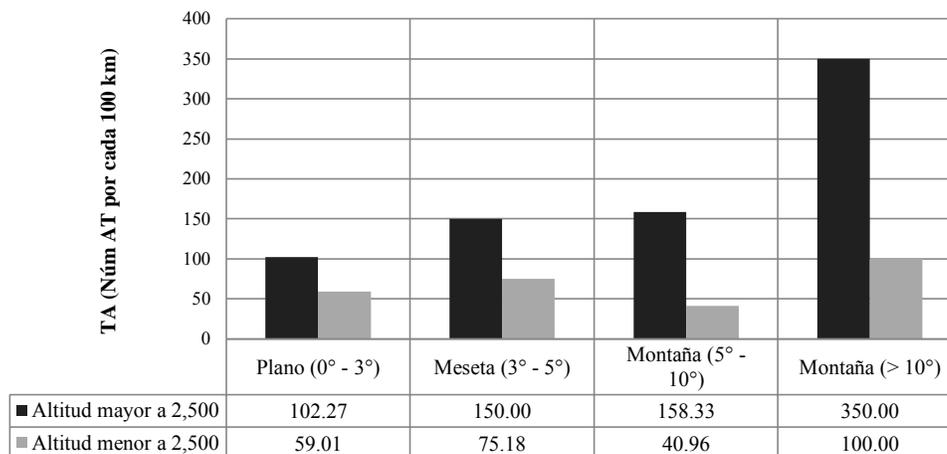


Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales y al proceso anteriormente

En la Figura 3.18 se observa la TA obtenida a partir de los grados de pendiente y la altitud. La grafica demuestra que las montañas con pendiente $> 10^\circ$ y cuya altitud es mayor a los 2,500 m.s.n.m. presentan la mayor TA, seguida por las montañas con pendiente $> 5^\circ$.

En particular, en esta figura la relación es directamente proporcional, ya que a medida que aumentan los grados de pendiente, también aumenta la TA cuando la altitud es mayor a los 2,500 m.s.n.m. Asimismo, la TA en general disminuye cuando la altitud es menor a 2,500 m.s.n.m. aunque la pendiente $> 10^\circ$ sigue teniendo la TA más alta.

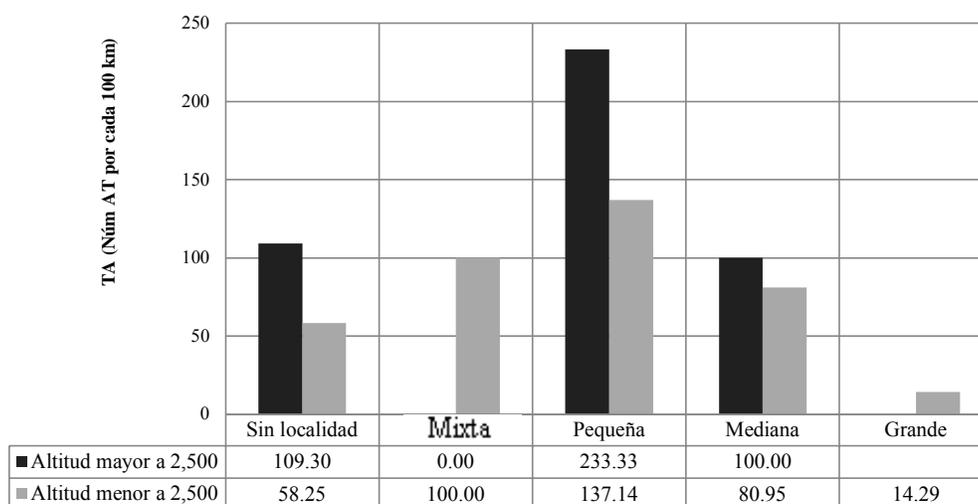
Figura 3.18. Tasa accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y grados pendiente)



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales y al proceso anteriormente descrito.

Por último, la Figura 3.19 refleja la TA que existe entre la altitud y la presencia de localidades, la cual demuestra que las ciudades pequeñas son las que concentran mayor cantidad de AT por cada 100 km, cuando su altitud es mayor y también cuando es menor a 2,500 m.s.n.m., en segundo lugar están los sitios sin localidades y en tercero las ciudades medianas, ambos cuando la altitud es mayor a 2,500 m.s.n.m. Las ciudades grandes son las que presentan una menor TA cuando la altitud es menor a 2,500 m.s.n.m. y no hubo datos cuando la altitud es mayor a los 2,500 m.s.n.m.

Figura 3.19. Tasa accidentalidad (altitud en m.s.n.m. y presencia de localidades)



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales y al proceso anteriormente descrito.

Para el análisis por tramos carreteros, se consideró pertinente crear dos tasas más, a partir de la metodología bajo la que se creó la tasa de accidentalidad, con la finalidad de integrar dos de las variables más importantes en el estudio: el número de víctimas muertas y de víctimas heridos, por cada tramo carretero.

Así, la Tasa de mortalidad (TM) se obtuvo dividiendo el número de víctimas muertas que hubo en un tramo, entre el número de kilómetros de ese mismo tramo y el resultado se multiplicó por 100. La TM representa el número de víctimas muertas por cada 100 km en un tramo específico. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$TM = \left(\frac{\text{Número de víctimas muertas}}{\text{Número de kilómetros}} \right) * 100$$

La Tasa de morbilidad (TMB) divide el número de víctimas heridos que presenta un tramo, entre el número de kilómetros de ese mismo tramo y el resultado se multiplica por 100. La TMB representa el número de víctimas heridos por cada 100 km en un determinado tramo. La fórmula es la siguiente:

$$TMB = \left(\frac{\text{Número de víctimas heridos}}{\text{Número de kilómetros}} \right) * 100$$

En el Cuadro 3.3, se muestra de manera conjunta los resultados de las tres tasas por cada tramo carretero. Con respecto a la TA, el tramo en el que ocurre una mayor cantidad de accidentes por cada 100 km es Culiacán - Los Mochis con 153.57, seguido de México – Toluca con 134.78, en tercer lugar está Toluca –Palmillas con 114. En contraste los tramos más seguros son: Santa Ana – Sonoita con solo 29 AT registrados por cada 100 km y Tepic – Mazatlán con 35.02.

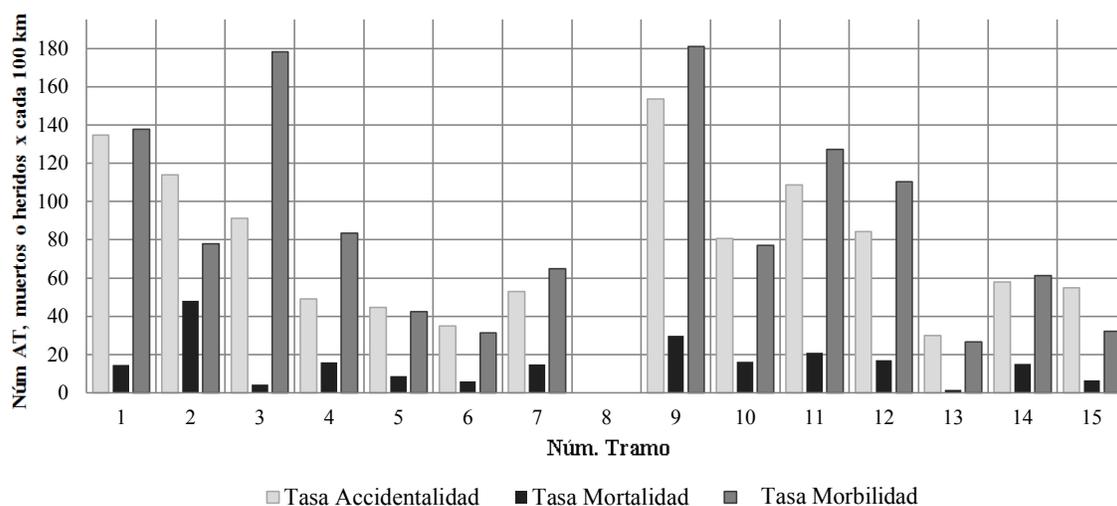
Asimismo, para la TM, el tramo con la tasa máxima es Toluca Palmillas con 48 víctimas muertas por cada 100 km, seguido de Culiacán - Los Mochis con 29.76. Además, los tramos con la menor TM son Santa Ana – Sonoita con 1.5 y Atlacomulco – Morelia con 4.35. Finalmente, la TMB muestra que el tramo con la mayor número de heridos por cada 100 km, es nuevamente Culiacán – Los Mochis, seguido de Atlacomulco – Morelia con 178.26 y los tramos que presentan la menor TMB son Santa Ana – Sonoita con 26.77 y Tepic – Mazatlán con 31.41.

| Núm. Tramo | Nombre del tramo | Long (km) | Accidentes de tránsito | TA | Víctimas muertas | TM | Víctimas heridos | TMb |
|------------|--------------------------|-----------|------------------------|--------|------------------|-------|------------------|--------|
| 1 | México - Toluca | 69 | 93 | 134.78 | 10 | 14.49 | 95 | 137.68 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 50 | 57 | 114 | 24 | 48 | 39 | 78 |
| 3 | Atacomulco - Morelia | 23 | 21 | 91.3 | 1 | 4.35 | 41 | 178.26 |
| 4 | Atacomulco - Zapotlanejo | 367 | 180 | 49.05 | 59 | 16.08 | 306 | 83.38 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 217 | 97 | 44.7 | 19 | 8.76 | 92 | 42.4 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 277 | 97 | 35.02 | 17 | 6.14 | 87 | 31.41 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 200 | 106 | 53 | 30 | 15 | 130 | 65 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 123 | Sin datos | | | | | |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 84 | 129 | 153.57 | 25 | 29.76 | 152 | 180.95 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 223 | 180 | 80.72 | 36 | 16.14 | 172 | 77.13 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 252 | 274 | 108.73 | 53 | 21.03 | 321 | 127.38 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 279 | 235 | 84.23 | 48 | 17.2 | 308 | 110.39 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 254 | 76 | 29.92 | 4 | 1.57 | 68 | 26.77 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 295 | 171 | 57.97 | 45 | 15.25 | 181 | 61.36 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 155 | 85 | 54.84 | 10 | 6.45 | 50 | 32.26 |

Fuente: con base en el procedimiento anteriormente descrito.

De manera conjunta, la Figura 3.20 grafica los resultados de las TA, TM y TMb, por tramo carretero, donde se observa que en general, los resultados son comparables a los obtenidos en la Figura 3.12, con referencia a los tres casos ya mencionados: a) accidentes totales mayor al número de víctimas y muertos, en los tramos: 2, 6, 10, 13 y 15. b) equiparable cantidad de heridos y de accidentes de tránsito, en el tramo 1 y 5. c) mayor cantidad de heridos que de accidentes de tránsito, en los tramos 3, 4, 7, 9, 11, 12 y 14.

Figura 3.20. Tasa de accidentalidad, mortalidad y morbilidad por tramo carretero



Fuente: elaborado con base en el Cuadro 3.3.

Lo que sí cambia con respecto a los resultados obtenidos en la Figura 3.12, es la cuestión de las comparaciones. La Figura 3.20 muestra las tasa de accidentalidad de cada tramo tomando como referencia 100 km, por lo tanto puede afirmarse por ejemplo, que el tramo 9, presenta los valores más altos en la tasa de accidentalidad y de morbilidad de todo el Corredor, seguido del tramo 1 y del tramo 3 respectivamente. En contraste los tramos más seguros son en el siguiente orden, el 13, 6 y 15, pues sus tasas de accidentalidad y morbilidad presentan los valores más bajos.

3.2.4 Modelación espacial en búsqueda de diferentes escenarios

Se representan los modelos cartográficos obtenidos como resultado de la información geoestadística generada con anterioridad. Cada modelo representará una diferente variable y/o escala de análisis, en busca de conclusiones generales sobre el comportamiento de los patrones espaciales que determinan a los accidentes de tránsito.

La finalidad es encontrar resultados concretos en la relación entre el medio geográfico y la localización, distribución, asociación e interacción de los accidentes de tránsito. La primera escala de análisis a abordar es la de tramo carretero y los resultados se muestran a continuación.

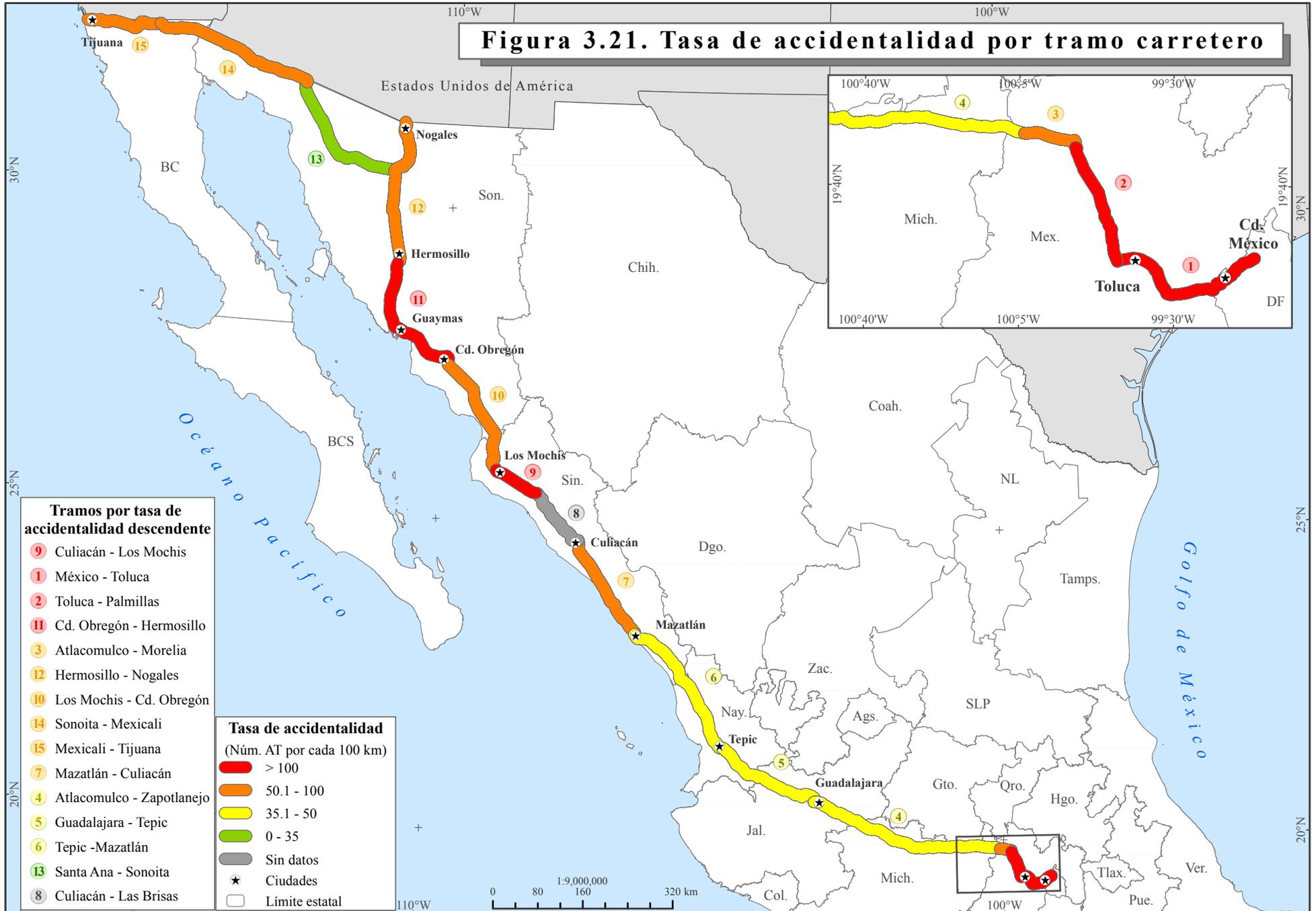
– Modelos cartográficos por tramo carretero

Con la finalidad de construir el escenario de los tramos carreteros más inseguros del Corredor, se elaboraron en primera instancia tres modelos cartográficos a partir de los resultados obtenidos en el Cuadro 3.3, referente a la tasa de accidentalidad, morbilidad y mortalidad por tramo carretero.

El primer modelo cartográfico corresponde a la Figura 3.21, donde se representa la tasa de accidentalidad por tramo carretero. Pueden observarse cuatro rangos definidos que abarcan desde los tramos donde ocurrieron más accidentes hasta los más seguros. Los nombres y números de tramo están ordenados de manera descendente, así el tramo con mayor tasa de accidentalidad es el 9 Culiacán - Los Mochis y el tramo con menor tasa es el tramo 13 Santa Ana – Sonoita.

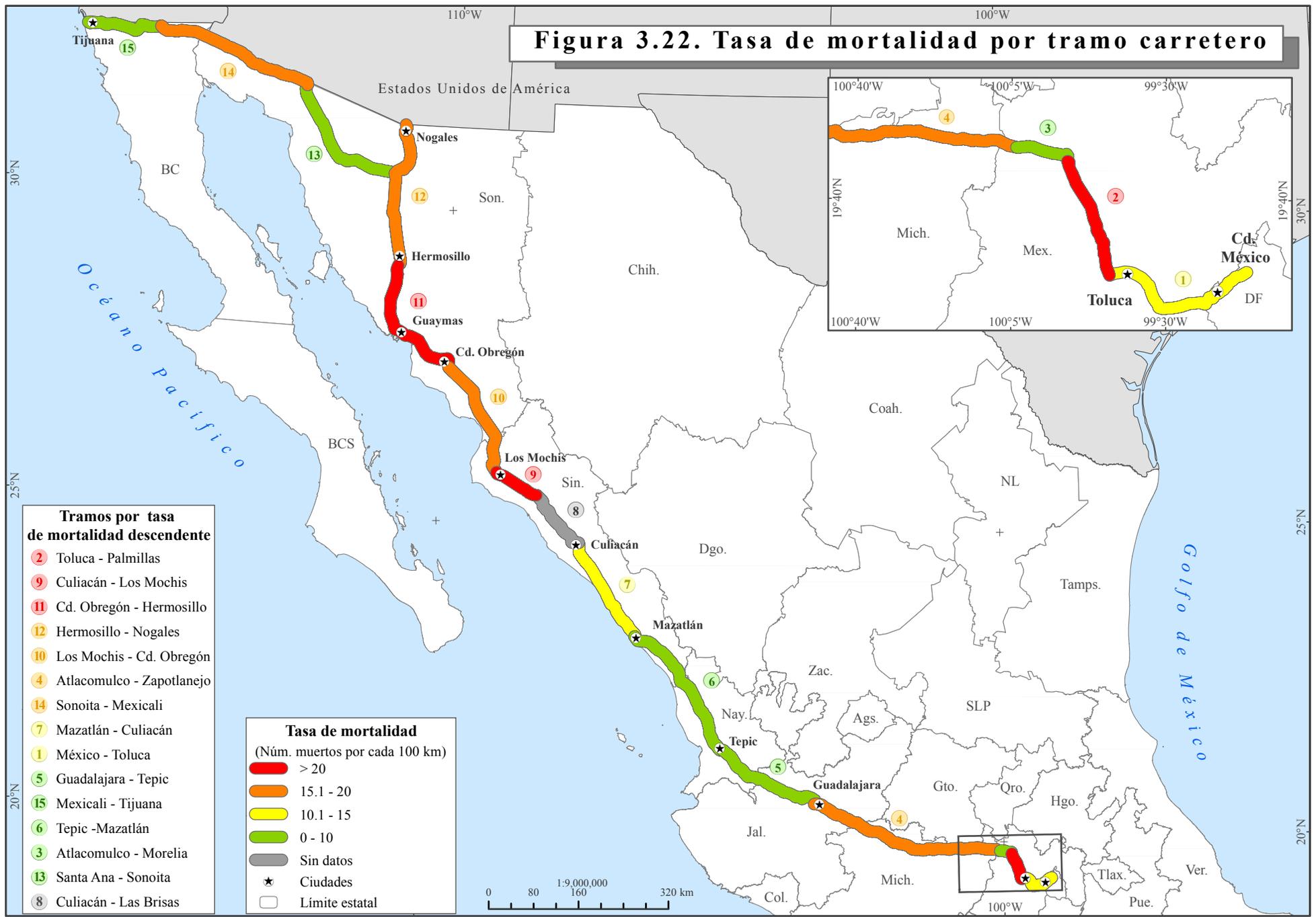
La Figura 3.22 corresponde al segundo modelo cartográfico, donde se presenta la tasa de mortalidad por tramo carretero, igualmente se crearon cuatro rangos a partir de los cuales fueron categorizadas las tasas; además en la simbología los tramos fueron ordenados de manera descendente. El tramo con mayor tasa de mortalidad fue el número 2 Toluca – Palmillas y el de menor tasa fue nuevamente el 13 Santa Ana – Sonoita.

Figura 3.21. Tasa de accidentalidad por tramo carretero



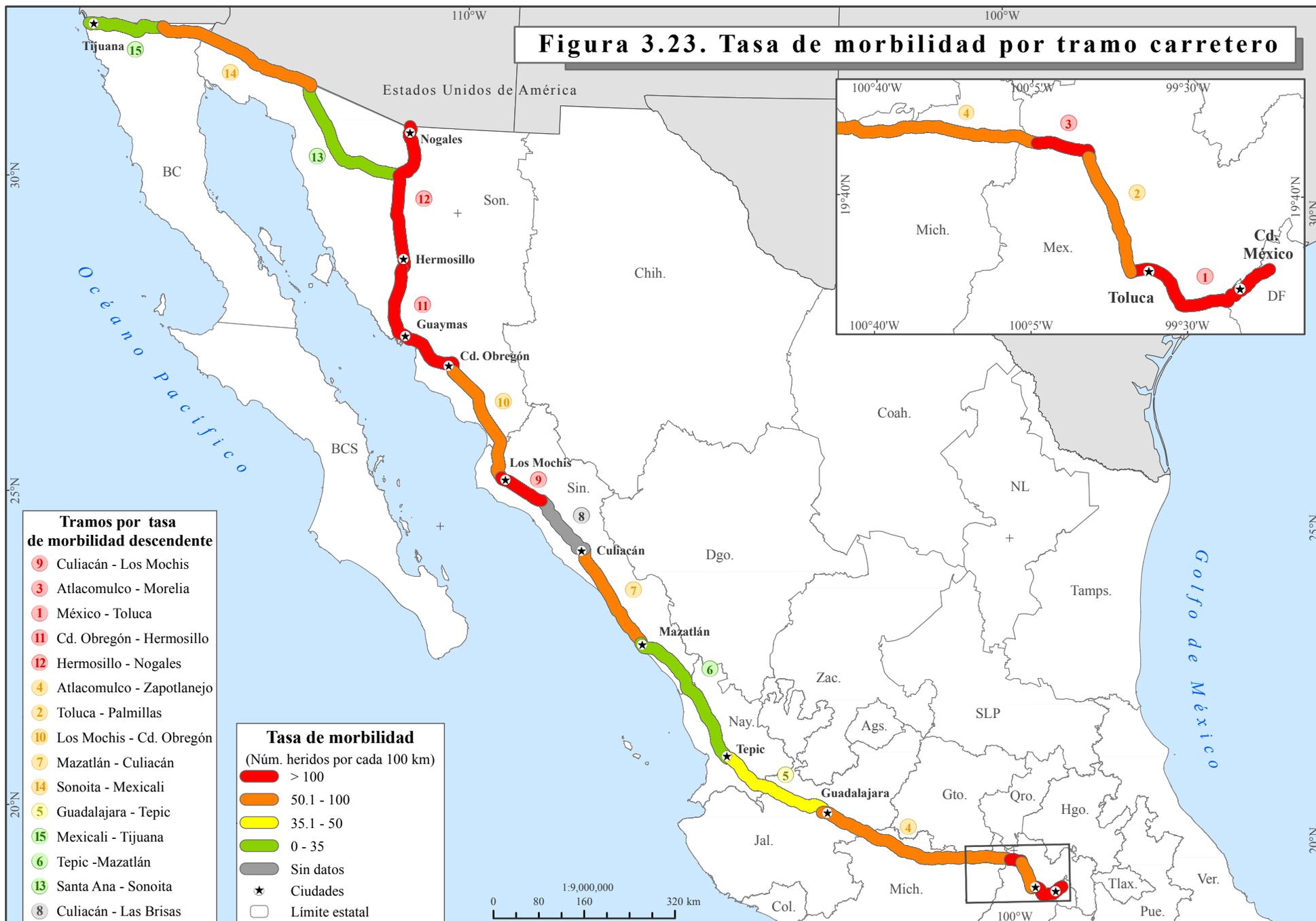
Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

Figura 3.22. Tasa de mortalidad por tramo carretero



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

Figura 3.23. Tasa de morbilidad por tramo carretero



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

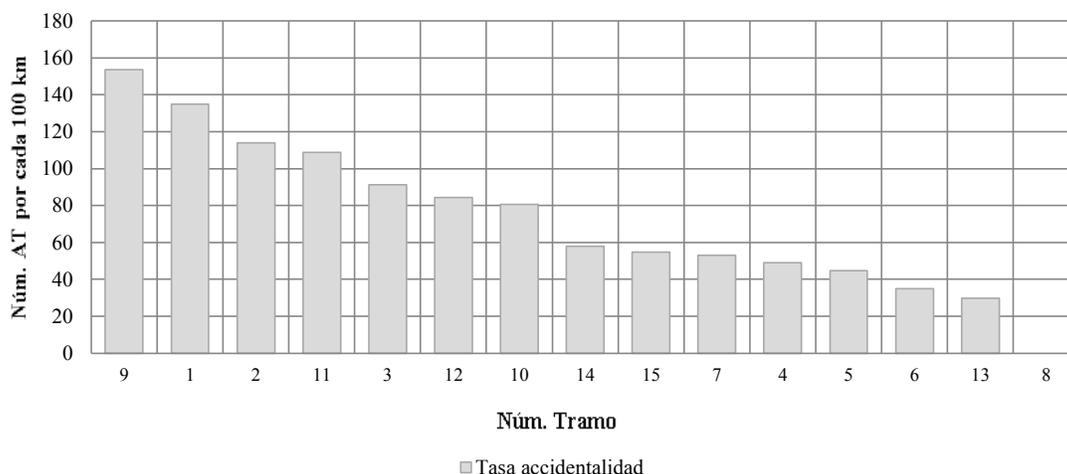
En la Figura 3.23 se muestra el tercer y último modelo cartográfico, que se refiere a la tasa de morbilidad por tramo carretero, en éste se espacializan, también en cuatro rangos definidos, desde el tramo donde hubo mayor cantidad de heridos por cada 100 km (9 Culiacán - Los Mochis), hasta el tramo con menor registro de heridos (13 Santa Ana – Sonoita). En la simbología, los números de los tramos fueron ordenados de mayor a menor respecto a su tasa de morbilidad.

La comparación entre estas tres variables, indica una cierta regularidad en su comportamiento. Primeramente, puede observarse que existen tramos con alta tasa de accidentalidad y que también presentan altas tasas de mortalidad y morbilidad. Además, puede verse que en general los tramos con tasas medias y bajas se comportan de forma parecida o varían poco al contrastar las tres variables. Esta comparación gráfica se detalla en las Figuras 3.24, 3.25 y 3.26, donde se representan de mayor a menor los valores para cada tasa bajo estudio y por número de tramo.

Esta regularidad indica que los tramos con comportamientos similares pueden ser conjuntados en grupos prioritarios los cuales concentraran altas tasas de accidentalidad, mortalidad y morbilidad. Para ello es necesario determinar la forma de normalizar las tres variables y así, llegar a definir los grupos de prioridad 1, 2 y 3.

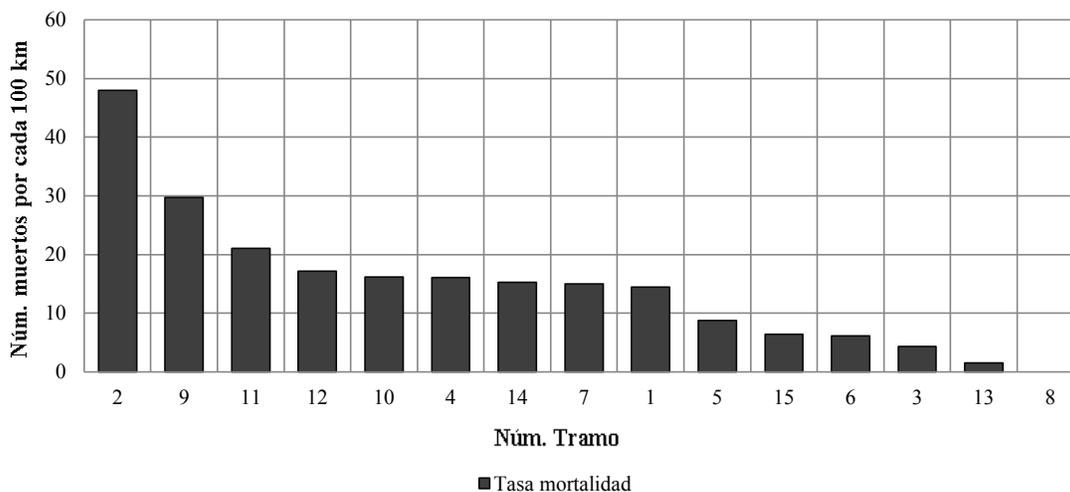
A continuación se presenta la comparación del comportamiento de las tres variables bajo estudio por tramo carretero:

Figura 3.24. Tasa de accidentalidad por tramo carretero



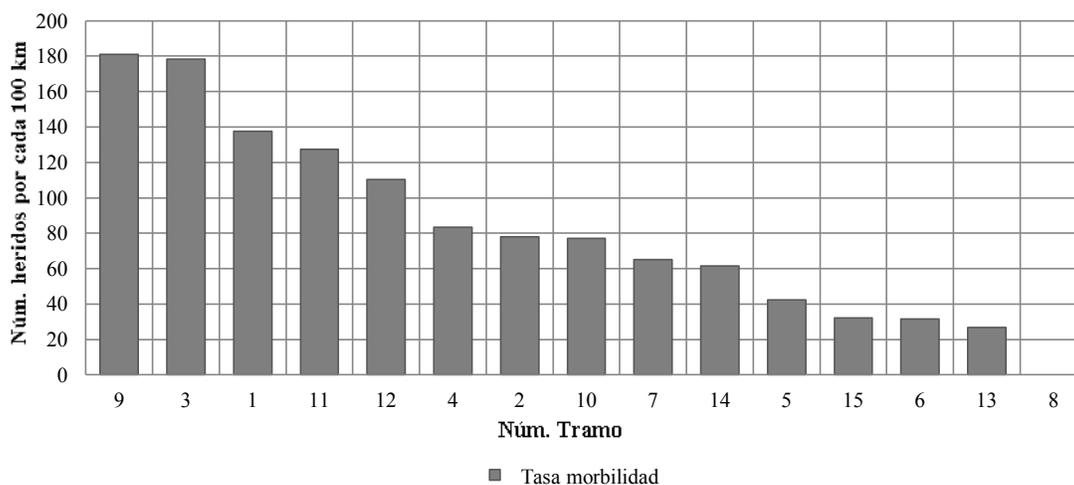
Fuente: elaborado con base en el Cuadro 3.3.

Figura 3.25. Tasa de mortalidad por tramo carretero



Fuente: elaborado con base en el Cuadro 3.3.

Figura 3.26. Tasa de morbilidad por tramo carretero



Fuente: elaborado con base en el Cuadro 3.3.

El procedimiento que se realizó para determinar cuáles son los tramos más inseguros del Corredor, consistió en la generación de una normalización por grupos prioritarios, donde cada grupo se compone de una serie de tramos con características similares. Para generar estos grupos se utilizaron como referencia las tasas de accidentalidad, mortalidad y morbilidad, cuyos valores fueron divididos entre el valor más alto de cada tasa y para cada tramo.

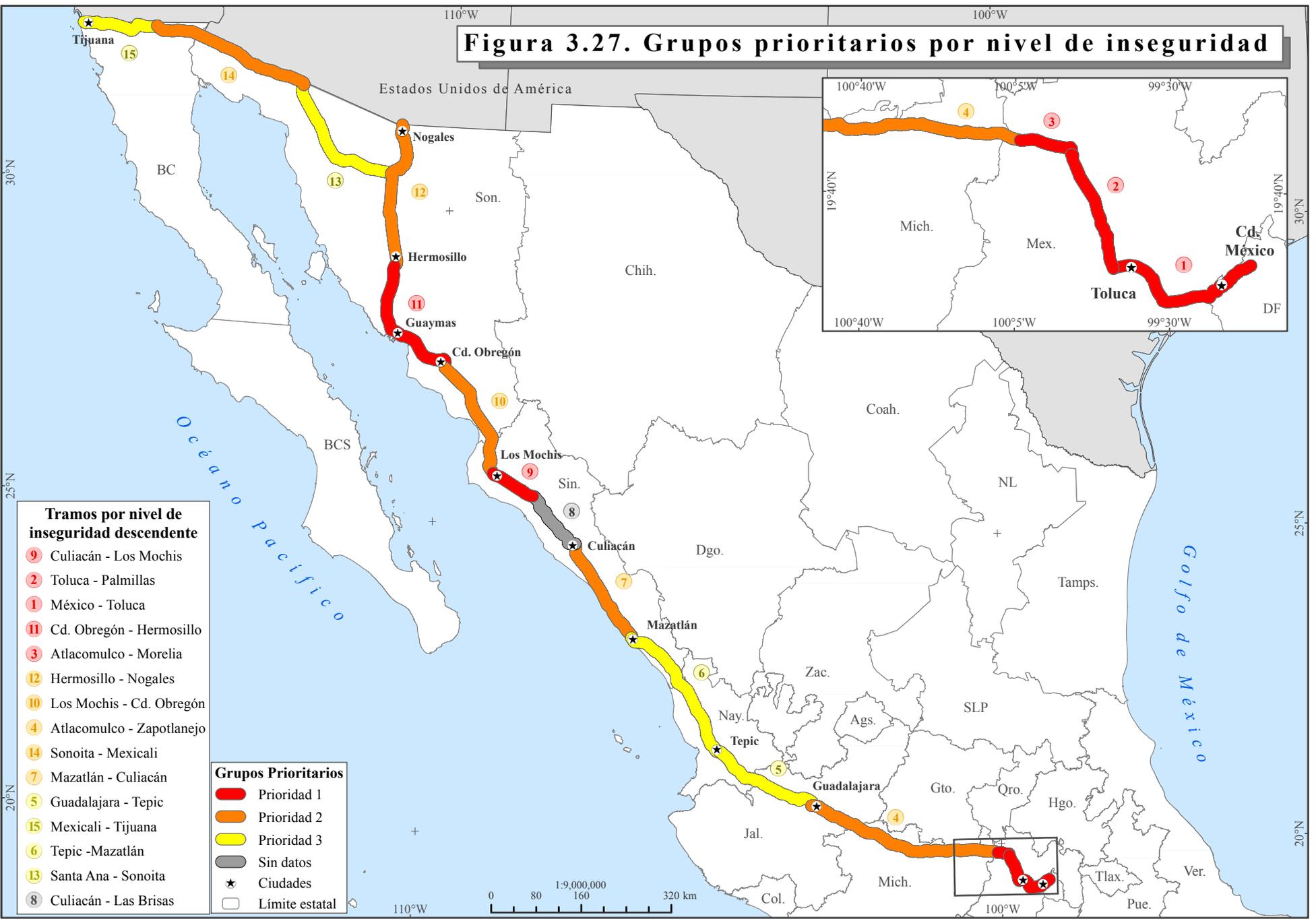
Por ejemplo, al tramo 9 le corresponde la TA más alta de 153.57, por lo que se dividió este valor entre sí mismo y el resultado se colocó en la columna *Pond* TA, así el valor más alto en las tres equivalencias el número 1. Mientras menor sea la tasa, al normalizarse siempre respecto al valor más alto, el resultado será una equivalencia menor. La suma de las tres ponderaciones por tramo da como resultado el nivel de inseguridad. La fórmula que expresa la ponderación es la siguiente: Dónde *Pond* se refiere a ponderación y *TE* se refiere a la tasa de un evento, ya sea: TA, TM o Tmb.

$$Pond (TE) = \frac{TE \text{ de un tramo}}{\text{Valor máximo de la misma TE}}$$

El siguiente paso fue la definición de los grupos prioritarios según el nivel de inseguridad que presenta cada tramo. Así, el grupo Prioridad 1 se compone de los 5 tramos con mayor nivel de inseguridad. Los siguientes 5 tramos presentan niveles de inseguridad medios y corresponden al grupo prioridad 2; por último los 4 tramos con los menores niveles conforman el grupo prioridad 3. Los resultados de este procedimiento se muestran en el Cuadro 3.4.

| Cuadro 3.4. Normalización por Grupos Prioritarios | | | | | | | | |
|---|---------------------------|---|-------|--------|---|---------|----------|-------------------|
| Número tramo | Nombre del tramo | TA | TM | Tmb | Pond TA | Pond TM | Pond Tmb | Nivel inseguridad |
| 9 | Culiacán - Los Mochis | 153.57 | 29.76 | 180.95 | 1 | 0.62 | 1 | 2.62 |
| 2 | Toluca - Palmillas | 114 | 48 | 78 | 0.74 | 1 | 0.43 | 2.17 |
| 1 | México - Toluca | 134.78 | 14.49 | 137.68 | 0.88 | 0.3 | 0.76 | 1.94 |
| 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | 108.73 | 21.03 | 127.38 | 0.71 | 0.44 | 0.7 | 1.85 |
| 3 | Atzacomulco - Morelia | 91.3 | 4.35 | 178.26 | 0.59 | 0.09 | 0.99 | 1.67 |
| 12 | Hermosillo - Nogales | 84.23 | 17.2 | 110.39 | 0.55 | 0.36 | 0.61 | 1.52 |
| 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | 80.72 | 16.14 | 77.13 | 0.53 | 0.34 | 0.43 | 1.29 |
| 4 | Atzacomulco - Zapotlanejo | 49.05 | 16.08 | 83.38 | 0.32 | 0.34 | 0.46 | 1.12 |
| 14 | Sonoita - Mexicali | 57.97 | 15.25 | 61.36 | 0.38 | 0.32 | 0.34 | 1.03 |
| 7 | Mazatlán - Culiacán | 53 | 15 | 65 | 0.35 | 0.31 | 0.36 | 1.02 |
| 5 | Guadalajara - Tepic | 44.7 | 8.76 | 42.4 | 0.29 | 0.18 | 0.23 | 0.71 |
| 15 | Mexicali - Tijuana | 54.84 | 6.45 | 32.26 | 0.36 | 0.13 | 0.18 | 0.67 |
| 6 | Tepic -Mazatlán | 35.02 | 6.14 | 31.41 | 0.23 | 0.13 | 0.17 | 0.53 |
| 13 | Santa Ana - Sonoita | 29.92 | 1.57 | 26.77 | 0.19 | 0.03 | 0.15 | 0.38 |
| 8 | Culiacán - Las Brisas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  Grupo Prioridad 1 | |  Grupo Prioridad 2 | | |  Grupo Prioridad 3 | | | |

Fuente: elaborado con base al proceso de ponderación.



Fuente: elaborado con base en los datos ponderados de la matriz estructurada de datos espaciales.

El modelo cartográfico de los grupos prioritarios del Corredor se muestra en la Figura 3.27, donde a partir del proceso de normalización de las tres tasas bajo estudio, se determinó espacialmente la prioridad que se debe tener, en materia de seguridad vial, en cada uno de los tramos que integran al Corredor carretero México – Tijuana.

Con el Cuadro 3.5 se muestra el impacto favorable que tendría la atención a los 3 grupos prioritarios ya determinados. El Grupo prioritario 1, por ejemplo, cuenta con una longitud que representa únicamente el 16.7% del total del Corredor y es donde se encuentran prácticamente la tercera parte del total de los accidentes, heridos y muertos; por lo tanto, al concentrar los esfuerzos para reducir la inseguridad vial en este grupo, se estaría disminuyendo aproximadamente en un 30% la accidentalidad, la mortalidad y la morbilidad del Corredor.

Con respecto al Grupo prioritario 2, puede observarse que concentra en promedio el 53% de los accidentes, heridos y muertos, sin embargo su longitud representa el 47.6% del total, por lo que puede deducirse que en este grupo existe una mayor dispersión de las tres variables y por lo tanto, se necesitarían mayores recursos económicos para ser atendido en su totalidad. Por último, el Grupo prioritario 3, cubre un 35.8% de la longitud total del Corredor y concentra en promedio el 19.7% de los accidentes, 13.1% de muertos y 14.5% de heridos, por lo que se concluye que, además de que las variables se encuentran dispersas, también es poca su frecuencia; por lo tanto la atención en este grupo significa un cambio de bajo impacto a la seguridad vial del Corredor.

| Cuadro 3.5. Resumen estadístico por Grupos Prioritarios | | | | | | | |
|--|---------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Grupos prioritarios | Número tramo | Nombre del tramo | Long (km) | Longitud total (%) | Accidentes totales (%) | Muertos totales (%) | Heridos totales (%) |
| 1 | 9 | Culiacán - Los Mochis | 478 | 16.7 | 31.9 | 29.7 | 31.7 |
| | 2 | Toluca - Palmillas | | | | | |
| | 1 | México - Toluca | | | | | |
| | 11 | Cd. Obregón - Hermosillo | | | | | |
| | 3 | Atlacomulco - Morelia | | | | | |
| 2 | 12 | Hermosillo - Nogales | 1,364 | 47.6 | 48.4 | 57.2 | 53.7 |
| | 10 | Los Mochis - Cd. Obregón | | | | | |
| | 4 | Atlacomulco - Zapotlanejo | | | | | |
| | 14 | Sonoita - Mexicali | | | | | |
| | 7 | Mazatlán - Culiacán | | | | | |
| 3 | 5 | Guadalajara - Tepic | 1,026 | 35.8 | 19.7 | 13.1 | 14.5 |
| | 15 | Mexicali - Tijuana | | | | | |
| | 6 | Tepic -Mazatlán | | | | | |
| | 13 | Santa Ana - Sonoita | | | | | |
| | 8 | Culiacán - Las Brisas | | | | | |

Fuente: elaborado con base en los Cuadros 3.3 y 3.4.

– **Modelos cartográficos por puntos de conflicto**

Por otra parte, el análisis de los puntos de conflicto permitirá comprender, a partir de una escala geográfica más detallada que la anterior, el comportamiento de la accidentalidad vial a lo largo del Corredor carretero bajo estudio. El modelo cartográfico que se creó para explicar esta escala, se muestra en la Figura 3.28 y se refiere a la frecuencia puntual de los accidentes de tránsito. En este modelo puede observarse por medio de tres rangos definidos, los puntos dónde se concentraron mayor cantidad de accidentes. En este contexto, se localizaron seis puntos que concentran entre 8 y 11 AT, por lo que fueron clasificados como Prioridad 1. El rango de Prioridad 2, concentra de 4 a 7 AT a lo largo de 67 km y por último, el rango de Prioridad 3 está conformado por los 2,795 km donde ocurrieron entre 0 y 3 accidentes. El resumen de las características y porcentajes más relevantes de estos rangos se muestran en el Cuadro 3.6.

| Grupos Prioritarios | Rangos de AT | Long (km) | longitud total (%) | Total accidentes | Accidentes totales (%) | Tasa accidentalidad |
|----------------------------|---------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | 8 a 11 | 6 | 0.2 | 56 | 3.1 | 933.3 |
| 2 | 4 a 7 | 67 | 2.3 | 308 | 17.1 | 459.7 |
| 3 | 0 a 3 | 2,795 | 97.5 | 1437 | 79.8 | 51.4 |

Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

Para resolver la pregunta de qué características geográficas existen a lo largo de los 6 kilómetros que conforman al Rango Prioritario número 1, se muestran las imágenes de estos seis sitios capturadas en Google Earth a continuación:

El sitio donde ocurrieron más accidentes de tránsito en todo el Corredor, fue en el km 138–139 de la carretera Cd. Obregón – Hermosillo, donde hubo 11 en total. En la Figura 3.29, se representa el km



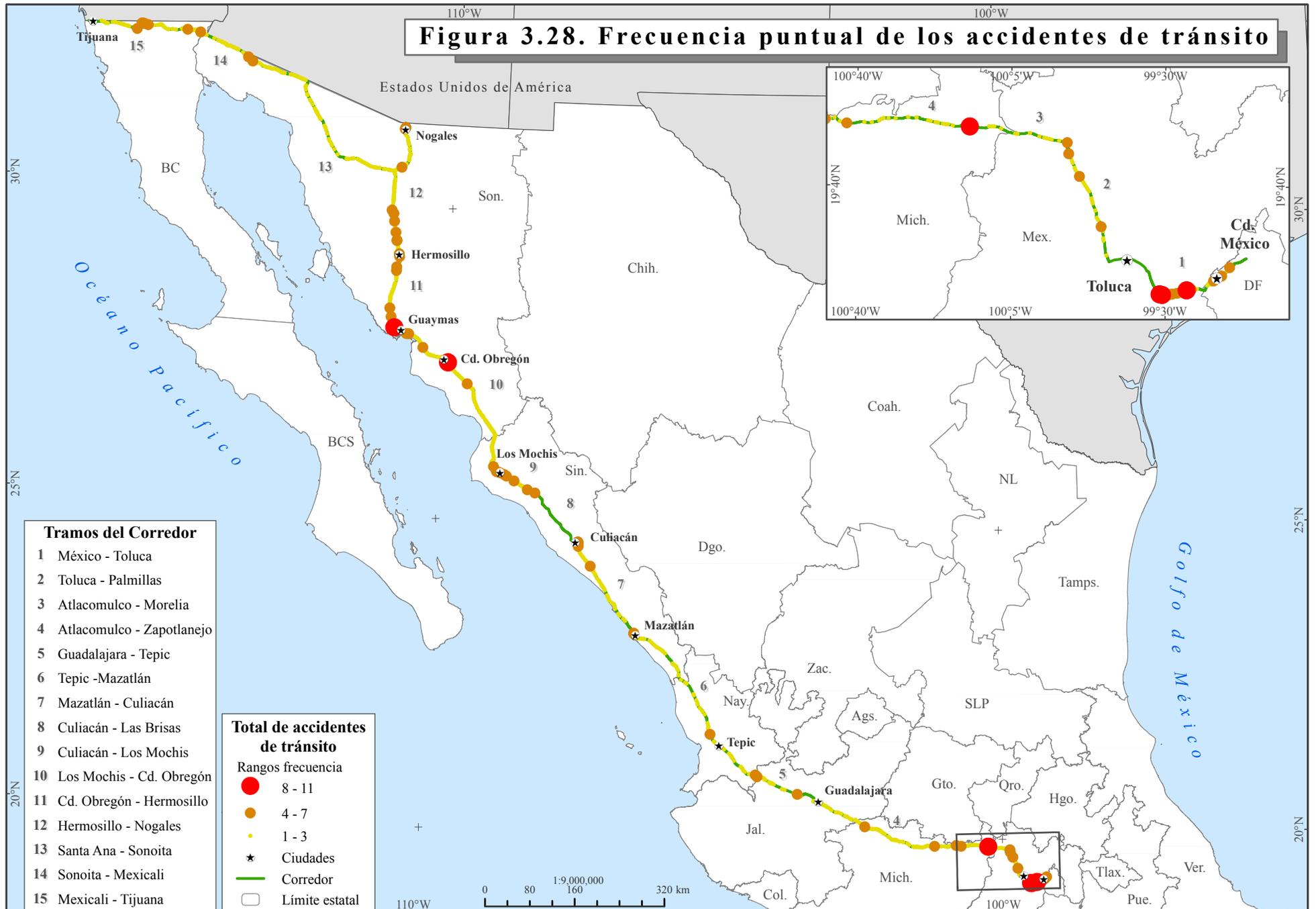
Figura 3.29. Tramo Cd. Obregón – Hermosillo km 138 – 139.

Fuente: imagen capturada de Google Earth.

continuo 1,766–1,767; entre los factores que pudieron incidir negativamente en la seguridad vial, se encuentran: un entronque y una curva muy cerca del km 1,766, lo cual después de una considerable distancia en línea recta puede representar un factor riesgoso para el

conductor poco atento. Además de que la infraestructura carretera es federal de cuota de cuatro o más carriles; segunda clasificación más insegura según los datos obtenidos en el análisis geoestadístico.

Figura 3.28. Frecuencia puntual de los accidentes de tránsito



Fuente: elaborado con base en la matriz estructurada de datos espaciales.

En el tramo Cd. Obregón–Hermosillo, ocurrieron 10 AT en el km 2 – 3; representado en la Figura 3.30, por el km continuo 1,638–1,639. Entre los factores contribuyen a la inseguridad en este km según el análisis geoestadístico están: la cercanía a la localidad mediana de Ciudad Obregón; el hecho de que la infraestructura carretera sea federal de cuota de cuatro o más carriles; que el TDPA presente un rango Medio (3,000–5,000), además de que se observa un entronque cerca del km continuo 1,639.



Figura 3.30. Tramo Cd. Obregón – Hermosillo km 2 – 3.

Fuente: imagen capturada de Google Earth.

Se presentaron 8 AT en el tramo México Toluca km 49–50; representados por el km continuo 41–42 en la Figura 3.31. Además, en el km 50–51, representado por el km continuo 42–43 hubo 10 AT. En ambos casos, los factores que influyen negativamente según la geoestadística son: infraestructura federal libre de cuatro o más carriles; TDPA Muy alto (>20,000); altitud mayor a 2,500 m.s.n.m., además de encontrarse a menos de 5 km de una localidad pequeña. También se aprecia un entronque cerca del km 42.



Figura 3.31. Tramo México – Toluca km 49–51.

Fuente: imagen capturada de Google Earth.

Para el tramo Atlacomulco–Zapotlanejo km 140–141. Representado por el km continuo 162–163 en la Figura 3.32, donde ocurrieron 9 AT, los factores negativos que influyen la inseguridad vial según son: que la infraestructura es federal de cuota de cuatro o más carriles y que el TDPA Medio alto (5,000 - 10,000).



Figura 3.32. Tramo Atlacomulco–Zapotlanejo km 140 – 141.

Fuente: imagen capturada de Google Earth.



Figura 3.33. Tramo México – Toluca km 40 – 41.

Fuente: imagen capturada de Google Earth

En el tramo México Toluca km 40–41, representado por el km continuo 31–32 en la Figura 3.33, ocurrieron 8 AT. Según la geoestadística desarrollada, los factores que contribuyen a esta inseguridad vial son: que la infraestructura es federal libre de cuatro o más carriles, que el TDPA es medio (3,000 - 5,000) y

que la altitud sea mayor a 2,500 m.s.n.m. Adicionalmente se observa una serie de curvaturas en el km continuo 29 y 30.

El Cuadro 3.7 presenta las principales estadísticas y las correlaciones entre los AT y las variables geográficas, según los tres rangos prioritarios definidos.

| Cuadro 3.7. Relación entre rangos prioritarios y variables geográficas | | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 5 Variables con mayor correlación a los AT | Clasificación de Infraestructura | Altitud | Grados de Pendiente | Presencia de localidades | TDPA |
| Clases más inseguras por variable | Federal libre de cuatro o más carriles | Alta (mayor a 2,500) | Montaña (>10°) | Localidad Pequeña | Medio (3,000 - 5,000) |
| Grupos Prioritarios | (% con respecto la longitud del rango) | | | | |
| Prioridad 1 (8 – 11 AT) 6 km | 50 | 50 | 16.7 | 33.3 | 33.3 |
| Prioridad 2 (4 – 7 AT) 67 km | 37.3 | 16.4 | 6 | 7.5 | 26.9 |
| Prioridad 3 (0 – 3 AT) 2,795 km | 13.3 | 4.9 | 1.5 | 1.4 | 15.8 |

Fuente: elaborado con base en el Cuadro 3.6 y en la matriz estructurada de datos espaciales.

El Cuadro 3.7, tiene como finalidad demostrar que las cinco variables mayormente relacionadas con la accidentalidad vial (clasificación de infraestructura, altitud, grados de pendiente, presencia de localidades y TDPA), se encuentran en mayor porcentaje en el rango prioritario número 1, el cual concentra la mayor frecuencia de accidentes de tránsito.

Con respecto a la primera variable, se observa que la clasificación de infraestructura federal libre de cuatro o más carriles, determinada como la más insegura se encuentra en un 50% de los km de este rango, al igual que la altitud mayor a los 2,500 m.s.n.m. Para la presencia de localidades, la clase más insegura es la de localidad Pequeña, la cual tiene mayor porcentaje en el Rango 1 con 33.3% de los km totales del rango; finalmente para el TDPA, la clase más insegura es la de TDPA Medio (3,000 - 5,000) que también tiene su mayor porcentaje de longitud en el Rango 1 con 33.3%.

Finalmente se afirma que estos cinco factores son los patrones territoriales que tienen una mayor influencia en la frecuencia de los accidentes de tránsito del Corredor México - Tijuana en 2008, debido a que son el conjunto de condiciones espaciales más recurrentes en los sitios donde ocurren más accidentes de tránsito.

Conclusiones

Para finalizar esta investigación geográfica, es necesario señalar las contribuciones conceptuales y metodológicas que se obtuvieron a lo largo de su desarrollo, por lo que se enlistan a continuación como las conclusiones finales:

- Con respecto a los aportes teórico-conceptuales se resalta la creación de la línea del tiempo donde se describió a las principales tendencias cognoscitivas en la Geografía de Transporte. Es importante porque resume, de qué forma fue evolucionando el estudio del transporte en la Geografía. Las seis etapas definidas, conjuntan conocimiento acerca de los distintos paradigmas, escuelas de pensamiento, personajes relevantes y momentos históricos clave, que contribuyeron a la configuración de la Geografía de Transporte actual.
- Otro aporte, consiste en la negación del concepto tradicional que define al *accidente de tránsito* como un evento repentino, azaroso e inesperado. Más bien, se propone entenderlo como una externalidad social, económica y ambiental, originada por el movimiento entre personas y vehículos y que forma parte del sistema de transporte. Precisamente estas características son las que proveen a la perspectiva geográfica de una notable relevancia ya que permiten estudiar a los accidentes de tránsito desde un enfoque espacial, a partir del cual se comprueba que no se trata de un fenómeno aleatorio, sino de un proceso espacial y temporal, con localización, distribución, intensidad, temporalidad y causalidad propia, por lo tanto se trata de un proceso prevenible. Afirmación que se corroboró en esta tesis, al demostrar que sí existen patrones territoriales y sitios puntuales donde se concentran los accidentes de tránsito del corredor bajo estudio.
- La utilización de la Matriz de Haddon, para la definición de los principales factores relacionados con la ocurrencia de los accidentes de tránsito, demostró la importancia de considerar a los factores viales, ambientales y socioeconómicos. En este sentido, si bien, dicha matriz es utilizada por distintas ramas de la ciencia como la Ingeniería o la Medicina, queda clara la necesidad de comprender a los factores relacionados con la accidentalidad vial, desde una perspectiva geográfica, como lo son las características viales, físico-geográficas y socioeconómicas. Al enfocar este estudio en estos tres factores, se estructuró una metodología que permitió la

caracterización geográfica del corredor México Tijuana y la representación espacial de las variables con mayor relación con los accidentes de tránsito.

- La caracterización geográfica del corredor México Tijuana, tuvo la finalidad de estructurar la relación existente entre el corredor y su medio geográfico. La discriminación de variables geográficas, hecha a partir de los factores discriminados según la matriz de Haddon, permitió resumir la complejidad de la accidentalidad vial en únicamente diez variables, organizadas en tres ejes temáticos. Además, la representación cartográfica y el resumen de las principales estadísticas de cada variable, permitió la estructuración de una base de datos donde se compiló la información espacial más relevante en relación con la accidentalidad vial.
- El análisis espacial, fue la técnica indispensable para poder organizar toda la información obtenida en una sola matriz estructurada de datos espaciales, la cual se creó en el SIG ArcMap 10.1. Gracias a esta matriz fue posible determinar, para cada kilómetro del corredor México – Tijuana, el comportamiento de los accidentes de tránsito y de cada una de las diez variables de caracterización geográfica (descritas en los tres ejes temáticos detallados en el Capítulo 2). En este sentido, queda clara la importancia del SIG, ya que gracias a esta herramienta, el alcance de la investigación fue exponencial, al punto tal que, sin haber realizado trabajo de campo, fue posible determinar con certeza las características geográficas existentes a lo largo del corredor. Se comprobó que el SIG, además de ser un valioso apoyo para el manejo óptimo análisis espacial, debe ser también una herramienta geotecnológica básica con la que todo geógrafo debe trabajar.
- Los resultados del análisis espacial de los accidentes de tránsito del corredor México – Tijuana en 2008, revelan que la localización y distribución de los AT no es homogénea, sino que presenta una concentración espacial. El 31.9% de los AT ocurre en cinco tramos carreteros, que representan sólo el 16.7 % de la longitud total de corredor. En particular, el tramo más inseguro es Culiacán - Los Mochis, ya que concentra los valores más altos en las tasas de accidentalidad, mortalidad y morbilidad. Mientras que el tramo más seguro es Santa Ana – Sonoita, que presenta los valores más bajos para las tres tasas.
- La aplicación de la geoestadística permite afirmar que, las cinco condiciones espaciales o patrones territoriales, donde ocurren la mayor cantidad de accidentes de tránsito son: sobre los tramos carreteros cuyo tipo de vía es federal libre de cuatro o más carriles; en tramos donde el TDPA es de entre 3,000 y 5,000 vehículos; en tramos que se encuentran sobre una altitud mayor a los 2,500 m.s.n.m; en tramos que cruzan una localidad urbana y en tramos que están sobre una

pendiente mayor a los 10°. El grado de inseguridad aumentó siempre que un tramo carretero presentó alguno de los patrones anteriores. En particular la altitud (que sin duda está relacionada con la pendiente como factor de riesgo vial) mostró ser la variable que más correlación tiene con los AT, ya que existe una relación directamente proporcional entre ambas.

- Con la identificación y jerarquización en tres grupos prioritarios de los tramos carreteros más inseguros del corredor, se logró la mayor contribución del estudio. Esta jerarquización se determinó ponderando las tasas de accidentalidad, mortalidad y morbilidad de cada tramo. El primer grupo, presenta el nivel de inseguridad vial más alto, lo cual significa que sobre los cinco tramos que componen a dicho grupo (Culiacán - Los Mochis, Toluca – Palmillas, México – Toluca, Cd. Obregón – Hermosillo y Atlacomulco – Morelia), deben concentrarse las medidas de acción preventiva y con ello se reduciría una tercera parte el número de accidentes, de víctimas muertos y de heridos.
- Con respecto a la escala de “punto o sitio concreto de conflicto”, también se determinaron tres grupos prioritarios, el primero consta de sólo 6 km, sin embargo, en este se presentaron 56 AT en total y una tasa de accidentalidad de 933.3 accidentes por cada 100 km. Esto, revela una concentración en la frecuencia y gravedad de los AT, por lo que es indispensable el monitoreo en estos 6 km. Asimismo, esta escala reveló que los patrones territoriales más relacionados con los AT se encuentran en mayor porcentaje en el grupo prioridad 1.
- Debido a que la metodología propuesta en esta tesis se puede replicar, su alcance científico es mayor, ya que si en una futura investigación se considera: una serie histórica de datos sobre accidentalidad vial, una muestra más grande de tramos carreteros y una serie de datos más puntuales para cada una de las variables a utilizar, puede llegarse a la determinación de los patrones territoriales de toda la red carretera federal del país, por medio de un índice de inseguridad vial, el cual prediga el comportamiento de los accidentes de tránsito en todo el país.
- La Geografía del Transporte, con ayuda del análisis espacial como herramienta metodológica, permitió comprobar que el comportamiento y frecuencia de los accidentes de tránsito sí tiene una alta correlación con los factores de población, infraestructura carretera y relieve, por lo cual la hipótesis planteada al inicio de esta investigación se comprobó. También queda claro que el alcance del conocimiento geográfico permite tomar decisiones que pueden ayudar a reducir el número de accidentes de víctimas en el corredor México – Tijuana y así generar un impacto social y económico favorable.

Bibliografía

- Bertalanffy, L. V. (1986), *Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*, Fondo de Cultura Económica, México, 356 pp.
- Buzai, G. y Baxendale, C. A. (2006), *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. GEPAMA, Universidad de Buenos Aires, 397 pp.
- Cabrera, J. I., Collahuazo, D. A. (2012), *Análisis de las fallas más comunes en el funcionamiento del automóvil por las que se originan los accidentes de tránsito en la provincia del Azuay*, tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico Automotriz, Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- Camarena, M. y Venegas, A. C. (2007), “Factores que causan los accidentes de tránsito. El caso de la carretera Guadalajara – Chapala”, *Revista Carta Económica Regional*, Universidad de Guadalajara, Año 19, No. 99, pp. 46 – 56.
- Caminos y Puentes E. (2002), *Manual para la operación de las plazas de cobro. Título primero Glosario y Terminología, Términos Operativos*, Dirección de Operación, México, 9 pp.
- CENAPRA. (s/a), *Guía para prevenir accidentes de tránsito. Conducir bajo condiciones adversas del clima*, Tríptico No. 8, Serie seguridad vial, México.
- CEPAL. (2012), *Perfiles de Infraestructura y Transporte en América Latina. Caso México*, Unidad de Servicios de Infraestructura, pp. 1 – 49.
- Cerquera, F. A. (2011), *La configuración espacial geográfica, contexto esencial de estudio del transporte y la accidentalidad*, *Revista Geográfica de América Central*, Vol. 2, No. 47E, pp. 1-24.
- Chías, L. (1997), “Los accidentes de tránsito como problema de salud”, *Revista Ciudades. Ciudad y Salud*. Red Nacional de Investigación Urbana, México, Año 9, No. 33, pp. 42-48.
- Chías, L. y Ricárdez, M. M. (2000), “La propensión a los accidentes de tránsito en municipios urbanos de México en 1990”. *Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, No. 41, pp. 122 – 125.
- Chías, L. y Martínez, A. (2003), Transporte y desigualdades territoriales en la Región Centro, en Aguilar, A. G., *Urbanización, cambio tecnológico y costo social. El caso de la región Centro de México*, Instituto de Geografía-UNAM, México.
- Chías, L. y Cervantes, A. (2008), *Diagnóstico espacial de los accidentes de tránsito en el Distrito Federal*, Secretaría de Salud, México, 283 pp.
- Chías, L. y Martínez, A. I. (2010), *Atlas de seguridad vial en México*, Organización Panamericana de la Salud, México.

- CONAPRA. (2012), *Segundo Informe sobre la situación de la seguridad vial, México 2012*. México.
- Cortés, H. (2006), *Factores de riesgo y consecuencias inmediatas de los accidentes de tránsito en la ciudad de Xalapa, Ver.*, tesis para obtener el grado de Maestro en Salud Pública. Universidad Veracruzana.
- DGST. (2012), *Datos viales 2012 I. Volúmenes de tránsito en la red nacional de carreteras pavimentadas*. Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.
- DGST. (2012 b), *Datos viales 2012*, Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.
- García, E. y CONABIO. (1998), *Temperaturas máximas promedio*, conjunto de datos vectoriales.
- García, E. y CONABIO. (1998 b), *Temperaturas mínimas promedio*, conjunto de datos vectoriales.
- Giménez, R. (1986), *La geografía de los transportes en busca de su identidad*, Cuadernos críticos de geografía humana, volumen 62. Barcelona, España.
- González, O. (1990), *Construcción de carreteras y ordenamiento del territorio*, Revista Mexicana de Sociología, Vol. 52, No. 3, pp. 49 – 67.
- Hermosillo, M. L. (2007), *Accesibilidad vial en la cuenca alta del Rio Lerma*, tesis para obtener el grado de Maestro en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Hernández, V. (2004), *Los accidentes de tránsito en la carretera del TLC*, tesis para obtener el título de Licenciado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- IMT – SCT. (2003), *Seguridad vial en carreteras*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica No. 224, pp.
- IMT – SCT. (2007), *Análisis de los Sistemas de Transporte. Vol. I: Conceptos básicos*, Publicación técnica No. 307, Querétaro, México.
- INEGI, et. al. (1990) *Hipsometría y Batimetría*. Información vectorial.
- INEGI – GITS. (2005), *Modelo Digital de Elevación*, conjunto de datos formato raster.
- INEGI. (2008), *Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación*, conjunto de datos tabulares.
- INEGI – GITS. (2009), *Censos económicos 2009*, conjunto de datos vectoriales.
- INEGI. (2010), *Áreas urbanas*, conjunto de datos vectoriales.
- Jáuregui, L. A. (2004) *La historia de los transportes en México, siglos XVI al XX*, Tomo 13 Colección *Historia Económica de México*, Coord. Semo, E., Ed. Océano, México.

- Nicolás, C. (2008), *¡Distracciones! Primera causa de los accidentes de tráfico*, Revista Tráfico y Seguridad Vial, Dirección General del Tráfico, España.
- Organización Mundial de la Salud. (2004), *Informe Mundial sobre Prevención de los Traumatismos Causados por el Tránsito: resumen*, Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2009), *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción*, Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2011), *Plan mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011 – 2020*, Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2013), *Resumen Informe sobre la situación mundial de seguridad vial 2013 apoyo al decenio de acción*, Ginebra, Suiza.
- Pérez, C. y Yanovich, D. (1999), *Sector carreteras*, documento técnico Corporación Financiera del Valle S.A., Colombia.
- Pérez, M. A. (2003), *Diseño de una carretera versus el comportamiento de los conductores. Adelantamiento, velocidad y distancia de visibilidad*, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Potrykowski, M y Taylor, Z. (1984), *Geografía del Transporte*, Editorial Ariel, Barcelona, España.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2009), *Anuario estadístico 2009*, Dirección General de Planeación, México.
- Secretaría de Salud. (2010), *Manual de organización específico del Centro Nacional para la Prevención de Accidentes*, México.
- Seguí, J. M. y Martínez, M. R. (2004), *Geografía de los Transportes*, Universidad de las Islas Baleares, España.
- Vicencio, A. (2007), *La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas*, Revista Contaduría y Administración, UNAM, No. 221, pp. 211 – 248.
- Vidal – Zepeda R. (1990), *Precipitación Media Anual*, conjunto de datos vectoriales.