



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## **Carreteras y configuración territorial en México: la tendencia hacia lo verde en materia normativa.**

Mario González Pérez<sup>1</sup>

### **Resumen:**

Actualmente, al territorio lo caracteriza una movilidad mayormente mecánica, que concentra crecientes desplazamientos individuales. Si bien, tal modo de transporte provee una serie de ventajas al usuario (libertad, confort, disponibilidad, etc.), también desencadena una serie de efectos no positivos en la accesibilidad intra e internodal (congestión del tráfico, accidentes, contaminación por ruido, gases de efecto invernadero, etc.). Esto último, ha incentivado a la ingeniería del transporte a proponer nuevas alternativas y muchas veces no tan nuevas, en la idea de incrementar la velocidad del tráfico y la capacidad de circulación vehicular, generar conectividad intra e intermodal, disminuir las emisiones de dióxido de carbono, implementar superficies de rodamiento permeables y/o procesos y materiales ecológicos en la idea de proveer un buen nivel de servicio de la rúa. Lo anterior, mediante manuales, nuevas ediciones, anexos, normas técnicas y enfoques actuales tendientes a mejorar el diseño, planeación, construcción y explotación de los trazados carreteros.

**Palabras clave:** Carreteras, territorio, normatividad, paisaje, México, Sustentabilidad.

### **Abstract:**

<sup>1</sup> Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Sinaloa, Maestro en Ingeniería por la UNAM, Doctorado en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad por la Universidad de Guadalajara. Profesor-investigador y Director Académico de la Carrera de Ingeniería Civil en el Centro universitario UTEG A. C., Jalisco, México, 2014.

[inge\\_united@hotmail.com](mailto:inge_united@hotmail.com)



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Currently, the territory is characterized mostly mechanical mobility, which concentrates individual displacements increased. While this mode of transport provides a number of benefits to the user (freedom, comfort, availability, etc.), also triggers a number of positive effects on intra-and internodal accessibility (traffic congestion, accidents, noise pollution, greenhouse gases, etc.). The latter has encouraged transportation engineering to propose new alternatives and sometimes not so new, the idea of increasing traffic speed and capacity of vehicular traffic, generate connectivity intra and intermodal, reduce carbon dioxide emissions, deploy bearing surfaces permeable and / or processes and green materials in the idea of providing a good level of service of the road. This, by hand, new editions, annexes, technical standards and approaches designed to improve the design, planning, construction and operation of the paths highway.

**Keywords:** Roads, territory, landscape, regulations, Mexico, Sustainability.

### 1. Introducción.

El escrito avanza hacia la comprensión de los efectos generados por la intervención de los trazados carreteros en el territorio. Situación, que ha llevado de manera gradual a reglamentar procesos e implementar metodologías más amables con el medio ambiente. Por tal motivo, dos elementos clave han orientado la realización de la presente comunicación. Por un lado, la necesidad y pertinencia, que el enfoque sistémico y los preceptos de la sustentabilidad tienen actualmente en la planificación carretera, y pueden ser factor en la mejora del diseño y construcción de sus trazados. Y por otro, la consideración de que el paisaje percibido se construye, a través de un proceso inserto en la dinámica del desarrollo, donde los trazados carreteros juegan un papel preponderante en la configuración territorial.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## 2. El transporte carretero y el medio ambiente: Beneficios y costos.

El transporte, como actividad que atiende a la movilidad de personas, bienes y mercancías, y a la vez, como proceso que posibilita la articulación, integración y estructuración territorial, es por definición un hecho geográfico, dada su inobjetable expresión espacial. De aquí, que la dimensión geográfica del transporte resulte fundamental en los procesos de planeación, administración y operación del mismo, así como en la formulación de proyectos de inversión y como criterio básico en la toma de decisiones sectoriales (Backhoff, 2005, p. 198-199).

En México, el carretero es el modo de transporte de mayor uso para el movimiento de personas y mercancías, lo cual implica la necesidad de contar con carreteras de mejor calidad. Lamentablemente, mejores carreteras significa mayores costos y, en ocasiones, las fuentes tradicionales de financiamiento no bastan para cubrirlos. Lo anterior ha sido resuelto mediante la construcción de carreteras de peaje financiadas a través de esquemas de participación pública-privada; en éstas, los usuarios obtienen beneficios como tiempo de recorrido menor, trazos con menores pendientes, radios de curvatura más amplios, pavimentos en mejores condiciones y, en general, un menor costo de operación, mayor confort y seguridad; sin embargo, no es posible obtenerlos siempre (Acha, 2010, p. 4).

En relación a las principales metrópolis mexicanas (Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Puebla), se está experimentando con sistemas de transportes alternativos a los tradicionales, en la idea de mejorar las deficiencias en materia de movilidad de sus habitantes. En tanto que, hay indicadores que reflejan una disparidad con los países desarrollados en cuanto a calidad y costos del recorrido. Así que, de no mejorar las condiciones de traslado en transporte público en la ciudad de México y en las del resto país, el incremento de los viajes en automóvil particular, representará un riesgo con



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

consecuencias negativas en la congestión vial y la contaminación atmosférica (Negrete, 2010, p. 204).

Es base a lo anterior, se coincide en relación a que *“los nuevos caminos y carreteras pueden producir complejos impactos negativos; los concernientes a los proyectos de rehabilitación y mantenimiento (...)”* (Hernández, Pisanty, Sánchez, Carreón y Roladán, 2000, p. 3). Debido a que, la construcción de carreteras y el tránsito vehicular perturban el ambiente físico, químico y biológico y tales efectos se extienden en el paisaje. Lo que impacta con la pérdida y degradación del hábitat adyacente, e incluso, fragmentan el hábitat, lo que involucra cambios en la composición, estructura y funcionamiento del paisaje a diferentes escalas (Trejo y González, 2011, p. 81).

### 3. El transporte carretero y el paisaje.

En un proceso no planificado *“(...) el territorio se apropia de las vías de comunicación utilizándolas como base para la ubicación de usos en el suelo y para la realización de parcelaciones y subdivisiones de las propiedades (...)”* (Coronado, 2002, p. 93).

(...) la inclusión del paisaje en los estudios de planificación física y estudios de impacto ambiental, como un elemento más cuya calidad de contenido visual y estética, resulta afectada por una nueva intervención, al mismo nivel que el resto de los componentes físicos y bióticos, ha condicionado tanto los métodos de análisis para determinar la capacidad y fragilidad del paisaje, como la propia concepción del paisaje, asociándolo fundamentalmente la paisaje mal llamado natural y excluyendo aquellos otros tipos de paisajes rurales, urbanos, periurbanos, industriales, arqueológicos, arquitectónicos o ingenieriles (...) (Nardíz, 2001, p. 11).

En México, a partir de la publicación en 1991 del *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras* se describe que:



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

En lo concerniente a la mala apariencia de los caminos y su falta de integración al paisaje es un problema que se acentúa continuamente, tanto por las nuevas técnicas como por las crecientes necesidades que deben satisfacer las carreteras. Para lograr buena apariencia e integración al paisaje, es necesario estudiar tanto desde el inicio del proyecto hasta la etapa final de construcción en relación con sus alrededores (Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT], 1991, p. 685).

No obstante, es a partir de los 90s que en México se empieza a hablar del concepto paisaje en los manuales de proyectos de infraestructura vial. Dicho concepto ha ido evolucionando y muestra diferentes aristas de análisis. Este planteamiento en torno a que *“el paisaje es identificado como síntesis de los sistemas ecológicos y culturales que lo constituyen. Su expresión se realiza a través de patrones modificables (aspectos bióticos) en función del tiempo y la escala de observación del mismo”*, se considera novedoso e incluyente (Turner, 1991, citado por López y Cervantes, 2002, p. 44).

El *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras* plantea que un proyecto de paisaje tiene como premisa fundamental mejorar el aspecto estético del camino, a través de minimizar los efectos de la artificialización que genera el trazado. Por tal motivo, el proyecto de contemplar la protección de las zonas adyacentes al camino, como el derecho de vía, los cortes, taludes, etc. (SCT, 1991, p. 686).

#### **4. La transición del marco normativo en materia carretera: hacia un enfoque sistémico.**

El enfoque sistémico ya tiene algunos años que ha impregnado diversos campos del conocimiento, debido por un lado a los fundamentos teórico-metodológicos que plantea la teoría de sistemas y han servido a estudios en las ciencias físicas, biológicas y sociales. Y



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

por otro, a la visión integral y holística de comprender los fenómenos de la realidad a través de una visión ecosistémica del entorno.

En México, entre los años 50's y 70's la construcción de carreteras no consideraba los posibles impactos que se derivarían de las obras. Como consecuencia, muchas carreteras construidas en estas dos décadas ocasionaron cambios y daños en los sistemas ambientales que tardaron varios años en recuperarse e incluso, en algunos casos, aún no han podido recuperarse, ya que el cambio que indujo la carretera modificó completamente la estructura y función del sistema (Fernández y López, 2011, p. 42).

A partir de 1985 por vez primera *el manual de capacidad vial* incluye un capítulo denominado “*La autopista como un sistema*”, donde se abarcan diversos tópicos especiales que pueden afectar la operación de la autopista, tales como zonas de trabajo por obras temporales, estado del tiempo y factores similares. La importancia del capítulo radica en permitir un marco de referencia para un análisis integral de la autopista (IMT, 1991, p. 30).

## 5. Estructura metodológica: la técnica Delphi.

Los ejercicios *delphi* tienen por objeto, el recopilar posturas de expertos sobre algún tema en específico, cotejar las opiniones vertidas, llegar a puntos de coincidencia y reducir las discrepancias. La cuestión radica, en la muestra a encuestar, ya que, “*no hay forma de determinar el número óptimo de expertos para participar en una encuesta Delphi*” (Astigarraga, 2003, p. 10). Sin embargo, para García, Aquino, Guzmán y Medina (2011), parece necesario un mínimo de siete expertos, no es aconsejable recurrir a más de 30 expertos, es decir, este método no requiere de una participación nutrida, sino calificada (p. 14). Asimismo, en vista que la estructura del método *delphi* comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, de vaciado y procesamiento de la información, el



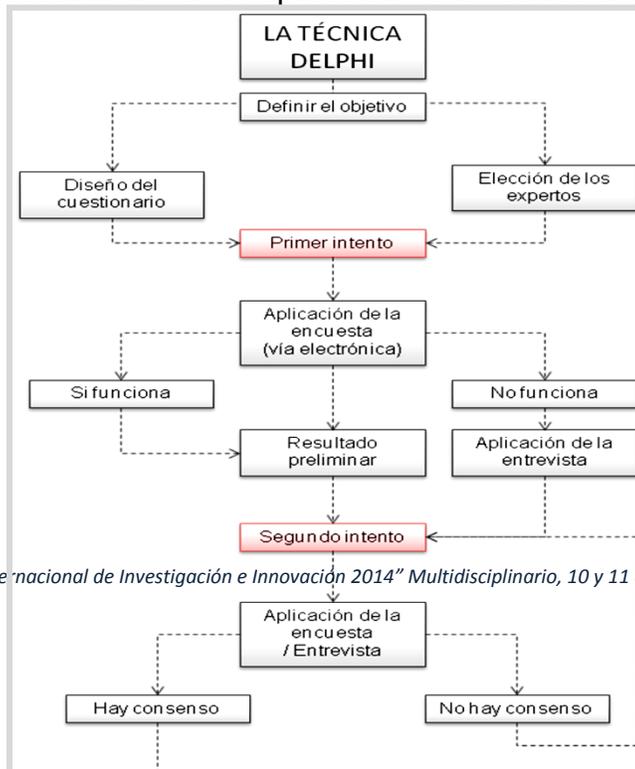
“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

estudio puede limitarse a dos etapas, sin demeritar la calidad de los resultados tal y como lo demuestra la experiencia acumulada en estudios similares (Astigarraga, 2003, p. 3).

En 2011 se realizó un ejercicio, que cuestionó a diferentes expertos locales, nacionales e internacionales aspectos como: la incidencia de trazados carreteros en la configuración del territorio afectado, artificialización del territorio, condicionantes de accesibilidad intra e interterritorial, características de trazados carreteros sostenibles entre otras interrogantes. Por lo que, al principio el procedimiento consistía en un intento de encuesta electrónica, y dependiendo de su resultado se procedería a procesar la información obtenida de 2 o 3 rondas. En el caso de que la encuesta electrónica no diera resultados positivos (es decir que no respondieran a la invitación) se aplicarían entrevistas a expertos locales y nacionales (véase figura 1). Empero, ya en la práctica de la investigación; al mostrar los expertos disposición de participar, se suprimió la posibilidad de una entrevista, reduciendo con ello los costos y tiempos que implica el desplazamiento. Asimismo, el estudio permitió incluir la opinión de expertos internacionales (González, 2013, p. 59-60).

Figura 1

Procedimiento de la aplicación de la técnica delphi





“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

Fuente: Mario González, Febrero de 2011

## 6. Resultados delphi: Convergencias y divergencias de los expertos en materia carretera.

Dentro del ejercicio, solo a los expertos locales se les envió cuestionamientos con interrogantes del estudio de caso, debido a su conocimiento local de la región. En tanto que, a los expertos nacionales e internacionales se les envió un cuestionario más general que aportó a la hipótesis planteada y al objetivo particular del trabajo del investigador; todo ello, en materia de lineamientos a seguir en los trazados carreteros sostenibles.

Bajo los criterios expuestos por los encuestados en torno a aspectos ambientales para el diseño, planeación y operación de los trazados, se resume que deben ser considerados: aspectos físicos y socioeconómicos del territorio, diseños carreteros que permitan el desplazamiento en condiciones de mejora del tiempo de recorrido. Por lo que, los diseños deben estar planteados a costo de oportunidad mínimo, interconectando las unidades de paisaje con fines turísticos sustentables y privilegiando el intercambio comercial y de servicios nativos y amigables con el medio ambiente; en la idea de promover la consolidación de la población en su lugar de origen como redes de desarrollo (González, 2013, p. 232).

## 7. La tendencia hacia lo verde en materia carretera en México.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

A partir de que Richard T. T. Forman (1998) introdujera el concepto de “carreteras ecológicas”, se dio inicio a una nueva disciplina que necesariamente implicó el trabajo conjunto de profesionistas de diferentes áreas como biólogos, ingenieros y geógrafos. En efecto, no se ha generado una teoría general que permita tener reglas generales para la construcción carretera, lo que conlleva a estudiar las condiciones caso por caso (Sánchez, 2007, p. 3)

El hecho es que, en la antigüedad los caminos se integraban al paisaje de una manera más acorde a la topografía del lugar. En parte por sus reducidas secciones transversales y sus constantes curvas, que exigía el terreno comúnmente nivelado. Por lo que, carecía de cortes y terraplenes que, dependiendo del tránsito, se empedraba con material de la zona, lo que les daba carácter local. El trazado constituía la liga entre los poblados, atravesándolos

Para el caso de México, el *Manual de proyecto geométrico* reitera que la tendencia actual en la construcción de caminos tiende hacia mayores secciones transversales que busca el mejoramiento de los alineamientos horizontales y verticales. Por lo que, la decisión implica mayores cortes y terraplenes que fragmentan el paisaje. Por tal motivo, en relación a un proyecto de paisaje, se tiene como premisa fundamental mejorar el aspecto estético del camino, a través de minimizar los efectos de la artificialización que genera el trazado. El proyecto debe contemplar la protección de las zonas adyacentes al camino, como el derecho de vía, los cortes, taludes, etc. (SCT, 1991, p.685- 686).

### Conclusiones.

El sistema carretero no es un sistema estático, en tanto se encuentra en un constante incremento/aumento (cuantificable en kilómetros de trazado lineal). Asimismo, se transforma, (cambian, evidentemente por intervención humana, las condiciones geométricas de su trazado), se complica y se degrada (desgaste producido por agentes



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

externos al trazado: viento, lluvia, vehículos, etc.), permite la entrada, procesa y emite grandes cantidades de materia y energía, donde sus componentes experimentan situaciones de sinergia, entropía y neguentropía. Además, ocupa un espacio físico concreto, que desde su construcción hasta su explotación implica a una serie de transformaciones de dicho espacio y de su entorno. Por lo que, representa un componente entrópico a sistemas de mayor complejidad (sistemas biológicos, sistemas urbanos, sistemas territoriales, etc.), que busquen la forma de como autoregularse (González, 2013, p. 236).

De acuerdo a González (2013, p.234), el concepto de **SMT sostenible** debe reconocer que el trazado de las infraestructuras carreteras debe responder a determinados objetivos sociales, económicos, medio ambientales y político-culturales y se caracterice por ser: *Justo*: al garantizar al usuario un acceso intra e inter territorial eficaz, eficiente y económico; *Estético*: al propiciar un recorrido, cuyas imágenes percibidas en las diversas unidades paisajísticas deleiten al usuario; *Creativo*: al ser un diseño flexible y estar integrado a las condicionantes naturales de las unidades paisajísticas que conforman al sistema territorial; *Ecológico*: al minimizar el impacto ambiental, donde la relación entre el espacio construido y las unidades paisajísticas sea equilibrada. Así como la utilización de materiales de construcción más amables con el medio ambiente natural; y *Policéntrico*: al proteger las superficies adyacentes, centrar e integrar los nodos poblacionales y optimizar su proximidad mediante la reducción de la distancia geométrica.

Finalmente, desde el punto de vista de la segunda ley de la termodinámica: el espacio geográfico que permite la entrada, movilidad y salida de carga vehicular (inputs) de un punto nodal a otro produciendo su desgaste. Por tal motivo, su condición sistémica circunscribe por un lado, la entrada de materia y energía (en tanto es un sistema abierto), y por otro la acción de mecanismos que permitan contrarrestar las entradas que intenten degradarlo, es decir: fuerzas regeneradoras a cargo de la acción humana (acciones



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

neguentrópicas) (González, 2013, p. 237). Por ello, la Sostenibilidad representa la estrategia de mayor importancia en la toma de decisiones, ya que, un futuro más sostenible tiene enfrente algo muy difícil de cambiar: el modo de pensar dominante; el pensamiento cartesiano (Hernández, 2005, p. 14).

### Bibliografía:

- ACHA, J., A. (2010). Servicios ITS para mejorar la operación de las carreteras en México. Revista vías terrestres. No. 3, 4-8.
- ASTIGARRAGA, E. (2003). Método Delphi. San Sebastián: Universidad de Deusto
- BACKHOFF, POHLS, M. A. (2005). Transporte y espacio geográfico: Una aproximación geoinformática. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CORONADO, J., M. (2002). Proyecto del territorio: prescripciones territoriales a los proyectos de carreteras. [Versión electrónica]. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de [http://www.ciccp.es/revistaIT/portada/img\\_portada/issue\\_52/pdf/IT-60.pdf](http://www.ciccp.es/revistaIT/portada/img_portada/issue_52/pdf/IT-60.pdf)
- FERNÁNDEZ, N. y LÓPEZ, S. (2011). Problemática ambiental asociada con la construcción de carreteras en México, Un camino sustentable, La gestión ambiental de carreteras en México. México: Grupo Selome.
- GARCÍA, MARTÍNEZ, V., AQUINO, ZÚÑIGA, S., P., GUZMÁN, SALA, A. y MEDINA, MELÉNDEZ, A. (2011). Propuesta para el desarrollo de instrumentos de autoevaluación para programas educativos a distancia. Revista Electrónica: Actualidades Investigativas en Educación. No. 2, 1-27.
- GONZÁLEZ, PÉREZ, M., G. (2013). Influencia de la concentración y dispersión del trazado del sistema carretero en la configuración sostenible del territorio: el trazado de la zona centro del estado de Sinaloa de 1950-2010. Tesis Doctoral. Universidad de Guadalajara. México.
- HERNÁNDEZ, J., L., PISANTY, J., SÁNCHEZ, V., M., CARREÓN, M., A. y ROLADÁN, M. (2000). Impacto ambiental de proyectos carreteros en escurrimiento del agua superficial.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

[Versión electrónica]. Recuperado el 5 Enero de 2010 de [http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt141 .pdf](http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt141.pdf)

HERNÁNDEZ, TITO, A. (2005). Educación ambiental: Manual guía para el desarrollo sostenible en el valle del Monzón. Perú.

LÓPEZ, BARAJAS, R. y CERVANTES, BORJA, J. (2002). Unidades del paisaje para el desarrollo sustentable y manejo de los recursos naturales [Versión electrónica] Recuperado el 5 de Abril de 2012 de <http://www.inegi.gob.mx/inegi /contenidos /espanol /prensa/contenidos/articulos/ambientales/paisaje03.pdf>

NARDÍZ, C. (2001). El paisaje de la ingeniería, la estética, la historia, el análisis y el proyecto. Del análisis y valoración del paisaje al proyecto. [Versión electrónica]. Recuperado el 12 de Enero de 2010 de [http://www.ciccp.es/revista T/portada/img\\_portada/issue\\_318 /pdf/IT-54.pdf](http://www.ciccp.es/revista/T/portada/img_portada/issue_318 /pdf/IT-54.pdf)

NEGRETE, SALAS, M., E. (2010). Las metrópolis mexicanas: conceptualización, gestión y agenda de políticas. En Garza, G. y Schteingart, M. (coord.). Los grandes problemas de México: Desarrollo urbano y regional. México.

SÁNCHEZ, MARTÍNEZ, M. (2007). Carreteras ecológicas vs carreteras asesinas. Revista Matria. No. 11. 2-3.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (1991). Manual de proyecto geométrico de carreteras, cuarta reimpresión. México: IMT-SCT.

TREJO, G. y GONZÁLEZ, F. (2011). Ecosistemas y especies en peligro en el marco de las carreteras del país, Un camino sustentable, La gestión ambiental de carreteras en México. México: Grupo Selome.