INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras para México – Versión 2.0

Juan Fernando Mendoza Sánchez
Alonso García Roa
Luz Angélica Gradilla Hernández

Publicación Técnica No. 680
Sanfandila, Qro.
2022

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la División de Transporte Sostenible y Cambio Climático del Instituto Mexicano del Transporte, por el M en C Juan Fernando Mendoza Sánchez, la Dra. Luz Angélica Gradilla Hernández y el Ingeniero Alonso García Roa.

Esta investigación es uno de los productos del proyecto de investigación interna II-11/21 Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras mexicanas V2.

Se agradece la colaboración del Ing. Javier Garrido Vega, Jefe de la División de Transporte Sostenible y Cambio Climático del IMT.

Contenido

Página

Índice de figuras i

Índice de tablas iii

Sinopsis v

Abstract vii

Resumen Ejecutivo ix

Introducción 1

1 Generalidades 5

2 Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras 15

3 Resultados alcanzados de WATCH$_{MX}$ 33

4 Estrategias y uso potencial de WATCH$_{MX}$ 39

5 Conclusiones 43

Bibliografía 45

Índice de figuras

Figura 1.1 Especies de fauna en riesgo en México 7

Figura 1.2 Efecto barrera de las carreteras sobre la mortalidad y movilidad de la fauna 9

Figura 1.3 Paso de fauna superior en el Macrolibramiento de Guadalajara..... 10

Figura 1.4 Número de colisiones vehículo-animal en México, 1997-2014 12

Figura 2.1 Logotipo del Observatorio WATCHMX 16

Figura 2.2 Vista de la aplicación WATCHMX en un dispositivo móvil 16

Figura 2.3 Vista de la página Web del Observatorio 17

Figura 2.4 Vista de la página Web del Observatorio - ¿Qué es WATCHMX? 18

Figura 2.5 Vista de la página Web del Observatorio - ¿Cómo funciona? 18

Figura 2.6 Vista de la página Web del Observatorio – Fotografías de los incidentes 19

Figura 2.7 Vista de la página Web del Observatorio – Identificación de especies 20

Figura 2.8 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Editar especies 21

Figura 2.9 Vista de la página Web del Observatorio – Visualización de especies 21

Figura 2.10 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Reporte de incidentes 22

Figura 2.11 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Mapa de calor 22

Figura 2.12 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Incidentes por carretera 23

Figura 2.13 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Filtrado de incidentes 23

Figura 2.14 Vista de la página Web del Observatorio – Monitoreo 25

Figura 2.15 Vista de la página Web del Observatorio – Contador de registros y especies 25

Figura 2.16 Vista de la página Web del Observatorio – Reglas de seguridad 26

Figura 2.17 Vista de la página Web del Observatorio – Políticas de privacidad ... 27

Figura 2.18 Vista de la página Web del Observatorio – Descarga de aplicación móvil 28

Figura 2.19 Opciones para subir fotografías a través de la aplicación móvil..... 29

Figura 2.20 Opciones para generar un reporte 29

Figura 2.21 Opciones para generar un reporte 30

Figura 2.22 Selección de la ubicación del incidente..... 30

Figura 2.23 Selección de fotografía y fecha del incidente 31

Figura 2.24 Vista de la base de datos 32

Figura 3.1 Localización de incidentes registrados en WATCH$_{MX}$ 35

Figura 3.2 Evolución de los incidentes registrados en WATCH$_{MX}$..... 36

Figura 4.1. Esquema de análisis de colisión animal-vehículo 40

Índice de tablas

Tabla 1.1 Características y efectos de las carreteras en la fauna 11

Sinopsis

La presente investigación muestra los resultados del desarrollo de la versión 2 del "Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras" para México, cuyo objetivo es generar una base de datos mediante fotografías, denominada $WATCH_{MX}$.

$WATCH_{MX}$ es una plataforma creada para monitorear la fauna que cruza las carreteras en México, con el fin de desarrollar planes de mitigación que ayuden a evitar accidentes de los usuarios que utilicen la red vial del país, así como la pérdida de especies por atropellamiento.

La investigación muestra la importancia de contar con información sobre las colisiones animal-vehículo para: monitorear las especies que cruzan o son atropelladas en las carreteras; identificar los puntos críticos de la red que ponen en peligro a los usuarios y a las especies; generar reportes para auxiliar en la toma de decisiones, en la búsqueda de implementar medidas de mitigación; reducir la mortalidad de especies de fauna en las carreteras y preservarlas a futuro; y, aumentar la seguridad carretera.

El proyecto incluye plataformas informáticas para monitorear la movilidad y la mortalidad de la fauna en carreteras e incluye un proceso para la toma de decisiones, a fin de establecer acciones encaminadas a reducir o evitar las colisiones animal-vehículo.

Abstract

This research shows the results of the development of the second version of the “Wildlife Mobility and Mortality Observatory for Roads” in Mexico, whose main objective is to generate a database through photographs, which was called WATCH$_{MX}$.

WATCH$_{MX}$ is a platform created to monitor fauna that crosses the roads in Mexico, in order to develop mitigation plans that can help to avoid accidents for users who use the country's highway network, as well as the loss of species by roadkill.

This research also shows the importance of having information on animal-vehicle collisions, in order to: monitor the species that cross or are killed on the roads, identify the critical points of the network that endanger both the users of the network and the species, generate reports to aid in decision-making for implementing mitigation measures, reduce the mortality of fauna species on the roads and preserve them for the future, and increase road safety.

The project includes a webpage tool to monitor the mobility and mortality of fauna on highways, and includes a decision-making process in order to establish or not actions aimed at reducing or avoiding animal-vehicle collisions.

Resumen ejecutivo

México se encuentra entre los diecisiete países del mundo con mayor diversidad de especies de plantas y animales, cuya riqueza, endemismos y ecosistemas podrían reconocerse como megadiversos.

En México, alrededor de 1,573 especies de fauna se encuentran en riesgo, de la cuales 528 pertenecen a la categoría de amenazadas, 720 se encuentran bajo protección especial, 282 están en peligro de extinción y 43 están probablemente extintas.

Diversos estudios sobre la diversidad revelan que las actividades humanas influyen en la disminución del número de especies, en el tamaño de las poblaciones silvestres y en una notoria pérdida —en muchos casos irreversible— de los ecosistemas y los hábitats, dichas actividades incluyen el desarrollo de infraestructura vial.

Entre los principales impactos que los caminos ejercen en la biodiversidad figuran la fragmentación de los hábitats; la reducción de zonas forestales por la construcción de carreteras que crean daños ambientales considerables por el alto valor que tienen las especies de estos ecosistemas para absorber gases de efecto invernadero (GEI); el papel que desempeñan las carreteras son también un vector para facilitar la dispersión de especies no autóctonas e invasoras; la mortalidad de especies por atropellamiento, junto con impactos al suelo y los recursos hídricos.

La mortalidad de especies puede deberse directamente al atropellamiento de la fauna durante la operación de la carretera, debido al efecto barrera, cuando las especies de fauna por algún motivo natural tienen necesidad de cruzar la carretera, y por tratarse de especies más vulnerables, suelen ser víctimas de atropellamiento, por lo que frecuentemente en las carreteras se observan cuerpos de animales muertos.

En México, no se cuenta con estudios en materia de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento; la información disponible forma parte de algunos proyectos de tesis o de estudios de organizaciones no gubernamentales que protegen alguna especie en particular. De la estadística de accidentes en México, registrados y reportados al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de 1997 a 2020, el total de accidentes automovilísticos fue de 9,145,689, de los cuales 35,854 fueron colisiones con animal; es decir, un 0.39% en el periodo de análisis.

El monitoreo ambiental en carreteras consiste en un sistema que busca evaluar el impacto ambiental ocasionado, mediante mediciones periódicas con la utilización de indicadores ambientales. En México, con fines de monitorear la fauna que cruza

las carreteras, y que en ocasiones es atropellada, se decidió actualizar el "Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México" del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

El observatorio tiene como objetivo generar una base de datos, a partir de fotografías, de la movilidad de la fauna en carreteras o de los ejemplares atropellados en las carreteras; mismo que fue denominado $WATCH_{MX}$, por ser el acrónimo de "Wild Animals in Transport Corridors and Highways", que en español significa "Animales Silvestres en Corredores de Transporte y Carreteras".

Este proyecto implica el uso de la herramienta informática $WATCH_{MX,}$ la cual permite monitorear la movilidad y la mortalidad de la fauna en las carreteras de México. Su funcionamiento será a través de una aplicación para computadoras personales (PC, por sus siglas en inglés) y una aplicación para dispositivos móviles con sistema Android.

La plataforma $WATCH_{MX}$ coadyuvará a desarrollar planes de mitigación orientados a la disminución de accidentes de los usuarios que utilicen la red de carreteras del país, así como la pérdida de especies por atropellamiento. Dicha plataforma está disponible en su versión para PC en la liga http://watch.imt.mx/watchmx/inicio, de la cual se puede descargar la aplicación para dispositivos móviles con sistema Android, de manera libre y gratuita. En dichas aplicaciones, los usuarios comparten sus fotografías, las cuales guardan la ubicación georreferenciada.

La herramienta permite visualizar los incidentes que se han registrado, producto de la recepción de fotografías y la información sobre la ubicación del incidente, enviadas por usuarios, en una página de intranet para los administradores. En dicha página también se realiza la identificación de especies. La plataforma de intranet cuenta, además, con una función para generar reportes, que el administrador puede visualizar de forma gráfica e interactiva en la página web, donde se pueden ver los incidentes, la localización de estos y la especie de la cual se trata.

El seguimiento se realiza con la información recabada en la base de datos, cuyo insumo principal son las fotografías tomadas por los usuarios de la red de carreteras y que son enviadas al Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna del Instituto Mexicano del Transporte, gracias a las cuales se integrará un sistema con el siguiente objetivo:

- Monitorear las especies que cruzan o son atropelladas en las carreteras.
- Identificar los puntos críticos de la red que ponen en peligro a los usuarios de la red y a las especies.
- Generar reportes que faciliten la toma de decisiones en busca de implementar medidas de mitigación.
- Reducir la mortalidad de especies de fauna en las carreteras y preservarlas para el futuro.
- Aumentar la seguridad de las carreteras.

Para que la herramienta WATCH$_{MX}$ pueda resultar efectiva, se requiere de una amplia difusión de la misma al interior del sector transporte, entre los usuarios de la red, instituciones universitarias y de investigación, así como entre organizaciones no gubernamentales que apoyan este tipo de iniciativas.

La información sobre la movilidad y la mortalidad de fauna en carreteras será de suma utilidad, no solo para conocer el número y tipo de especies involucradas en los accidentes, sino que también será el insumo base para evaluar las colisiones animal-vehículo, desde una perspectiva en que se contemplen aspectos económicos, ecológicos, sociales y técnicos, entre otros.

La seguridad vial y las pérdidas económicas asociadas a las colisiones animal-vehículo son las fuerzas impulsoras detrás de los esfuerzos de mitigación en la actualidad. Sin embargo, se carece de información fidedigna de los accidentes de tránsito, para que mediante un análisis costo-beneficio se puedan formular estrategias efectivas de mitigación en las carreteras y se apliquen sin remordimientos, tales como los pasos de fauna que coadyuvan a restablecer la conectividad en los corredores biológicos.

Las investigaciones futuras en esta línea de trabajo consistirán en la generación de reportes sobre la movilidad y la mortalidad de fauna en las carreteras del país, para que con base en ellas la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes pueda incluir acciones de mitigación en sus planes de trabajo.

Introducción

La fauna silvestre es un recurso natural conformado por aquellas especies animales que subsisten bajo procesos de selección natural y se desarrollan libremente. La preservación de la fauna silvestre es un tema que ocupa a muchos países del planeta, debido a la importancia que estas especies desempeñan en la dinámica de los ecosistemas.

El desarrollo de infraestructura carretera trae consigo impactos directos en la fauna, tales como la muerte por atropellamiento, la disminución de especies al afectar sus ecosistemas, una mayor movilidad de las mismas, el desequilibrio de otros ecosistemas a causa de esta movilidad, y muerte por envenenamiento por consumo de agua contaminada con sustancias químicas emitidas por vehículos, entre las que se incluyen hidrocarburos, principalmente.

El presente estudio se enfoca en el impacto ambiental que la operación de la infraestructura carretera tiene sobre la movilidad de la fauna silvestre en los corredores biológicos en donde ocurren siniestros viales, en los cuales la fauna es atropellada debido principalmente a su vulnerabilidad física con respecto a un vehículo automotor.

Debido a esa problemática el Instituto Mexicano del Transporte se dio a la tarea de actualizar el “Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras en México”, con el objetivo de llevar a cabo un seguimiento mediante registros fotográficos, a los puntos de cruce de la fauna, donde se expone a ser atropellada en las carreteras.

En el capítulo 1 de esta publicación se presentan las generalidades de la temática, la cual incluye antecedentes sobre la importancia del cuidado de la fauna en el país, la legislación ambiental que protege a la fauna en las carreteras y la problemática actual sobre la siniestralidad en las carreteras, como resultado de la interacción de un vehículo con un animal, lo que incluye estadísticas nacionales sobre el tema y un análisis de alcance internacional sobre la colisión fauna-vehículo en las carreteras.

Este documento presenta la segunda versión del “Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras en México”, la cual es descrita en el capítulo 2. La plataforma WATCHMX fue creada para monitorear la fauna que cruza o es atropellada en las carreteras en México, con el fin de desarrollar planes de mitigación que puedan ayudar a evitar accidentes de los usuarios que utilicen la red de carreteras del país, así como la pérdida de especies por atropellamiento.

El Observatorio cuenta con una página web y una aplicación móvil descargable en el sitio web. La página permite consultar y conocer el Observatorio, así como realizar el reporte de cruce o atropellamiento de especies; sin embargo, la aplicación móvil únicamente tiene la funcionalidad de realizar reportes de cruce o atropellamiento de fauna.

La primera versión del Observatorio fue publicada a fines de 2015 y los resultados de su implementación se muestran en el capítulo 3, esto incluye estadísticas, fotografías y la sinergia generada con otras instituciones sobre el proyecto.

En el capítulo 4 se presentan una serie de recomendaciones para el uso potencial de la información que contiene el Observatorio, encaminadas hacia cuatro aspectos principalmente: mejorar la seguridad vial, mejorar las políticas públicas sobre la protección de la fauna silvestre, mejorar la conservación de la biodiversidad en los corredores biológicos y propiciar un desarrollo sostenible.

Finalmente, las conclusiones hacen referencia a la importancia de contar con información sobre la movilidad y la mortalidad de fauna en carreteras, la cual será muy significativa no sólo para conocer el número y tipo de especies involucradas en los accidentes, sino que también será el insumo base para evaluar las colisiones animal-vehículo, desde una perspectiva que considere aspectos económicos, ecológicos, sociales, técnicos, etc.

1. Generalidades

La biodiversidad o diversidad biológica, según lo establece el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, es el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución, según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano (ONU, 1992).

En función de la variedad de seres vivos y de los procesos que integran los diferentes ecosistemas, la diversidad biológica se divide en: cultural y natural.

La biodiversidad natural puede, a su vez, dividirse en tres niveles: ecológico, específico y genético. El ecológico se refiere a los ecosistemas y sus procesos complejos; el específico incluye a las especies o conjunto de organismos semejantes; y el genético está asociado a los genes que constituyen la base molecular.

En México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2021) define la biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

La flora y fauna silvestres forman parte de la biodiversidad.

Fauna silvestre: Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación (LGEEPA, 2021).

Flora silvestre: Las especies vegetales, así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre (LGEEPA, 2021).

El valor principal y esencial de la biodiversidad es su capacidad para garantizar el bienestar y equilibrio de los ecosistemas, la cual forma parte de procesos históricos naturales de muchos años. Estas razones explican el carácter de la biodiversidad en el planeta Tierra como el inalienable derecho de continuar su existencia.

La pérdida de biodiversidad y sus consecuencias directas en los ecosistemas se consideran una prioridad en términos del Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, adoptado por la Asamblea General de la Organización de la Naciones Unidas (ONU), con miras a proteger la diversidad biológica. De estos acuerdos emanan una serie de lineamientos obligatorios y guías de cumplimiento para la protección de las especies de flora y fauna, así como la creación de áreas naturales protegidas que por su valor ambiental requieren protección especial.

1.1 Marco jurídico ambiental en México

En México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2021) es la columna vertebral de la preservación de la biodiversidad.

De acuerdo con la LGEEPA, en su artículo quinto, es facultad de la Federación la regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y preservación de la fauna.

En el capítulo III de la LGEEPA “Flora y Fauna Silvestre”, el cual establece criterios para preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en territorio nacional. Lo anterior incluye las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.

A efectos de asegurar la preservación de la fauna en México, se promulgó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres; categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio; y la lista de especies en riesgo.

Esta normativa busca promover su protección y preservación, mediante la categorización de las especies en riesgo, conjuntamente con un listado de ejemplares; que, por su carácter, han sido identificadas por la SEMARNAT como especies probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial. Es decir, las categorías de riesgo son: probablemente extinta, en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial. A continuación, se presentan las definiciones:

Probablemente extinta en el medio silvestre (E)

Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.

En peligro de extinción (P)

Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o

modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Amenazadas (A)

Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujetas a protección especial (Pr)

Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010

El listado de especies, que protege dicha normativa, es de particular interés para el presente proyecto, para asegurar su protección, preservación y reducir su mortalidad en las carreteras. Existe otra clasificación en cuanto a su estado, como se muestra a continuación.

Especie asociada

Aquella que comparte el hábitat natural y forma parte de la comunidad biológica de una especie en particular.

Especie clave

Aquella cuya presencia determina significativa y desproporcionadamente respecto a su abundancia, la diversidad biológica, la estructura o el funcionamiento de una comunidad.

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie endémica

Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al Territorio Nacional y a las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Especie principalmente extralimital

Aquella especie cuya distribución natural actual se presenta en su mayor parte fuera de los límites nacionales, por lo que su presencia en el Territorio Nacional es marginal, esto es, menor al 5%.

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010

En México, también se cuenta con la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) y Plan de Acción 2016-2030. La estrategia es un documento guía que presenta los principales elementos para conservar, restaurar y manejar sustentablemente la biodiversidad y los servicios que provee en el corto, mediano y largo plazo.

La Estrategia, en su apartado 4.7.6. busca “Incorporar criterios de conservación de la biodiversidad en las obras de construcción de infraestructura”, la cual comprende la infraestructura para el transporte, que incluye a las carreteras. Así como el apartado 4.7.3. “Desarrollar e implementar políticas y estrategias para contar con vías de comunicación y sistemas de transporte sustentable”, esto implica que los proyectos de transporte sean amigables con el medio ambiente.

1.2 Marco jurídico sobre transporte y medio ambiente en México

Las políticas para la protección de la biodiversidad son emitidas por la autoridad ambiental, eso incluye la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de infraestructura carretera, el cual se encuentra contemplado en la LGEEPA y en el Reglamento “Evaluación del Impacto Ambiental”.

A través de la Manifestación de Impacto Ambiental, los promoventes de la construcción de proyectos carreteros presentan a la autoridad los resultados de un estudio de impacto ambiental, el cual es resultado del análisis técnico-científico, sistemático, cuyo objetivo es la identificación, predicción y evaluación de los impactos significativos positivos y/o negativos, que pueden producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente, físico, biológico y humano.

En dicho estudio se deberán evaluar el impacto de las carreteras al medio ambiente, en relación a deforestación y a la fragmentación de los ecosistemas, los cuales afectan a la biodiversidad.

En marzo del 2021, la Cámara de Diputados aprobó por unanimidad la adición del artículo 22 Bis de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, a fin de establecer que para el diseño de nuevas construcciones de caminos, carreteras y autopistas, así como en la modernización de las existentes, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, observando la protección y conservación de los ecosistemas, deberá contemplar, en su diseño y en su plan de conservación, la implantación de pasos de fauna.

Para atender dicha necesidad, en junio del 2021, la Dirección de Servicio Técnicos, de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes publicó el “Manual para el Diseño de Pasos de Fauna Silvestre en Carreteras”, con el objetivo de minimizar el impacto de las carreteras en los corredores biológicos y disminuir la

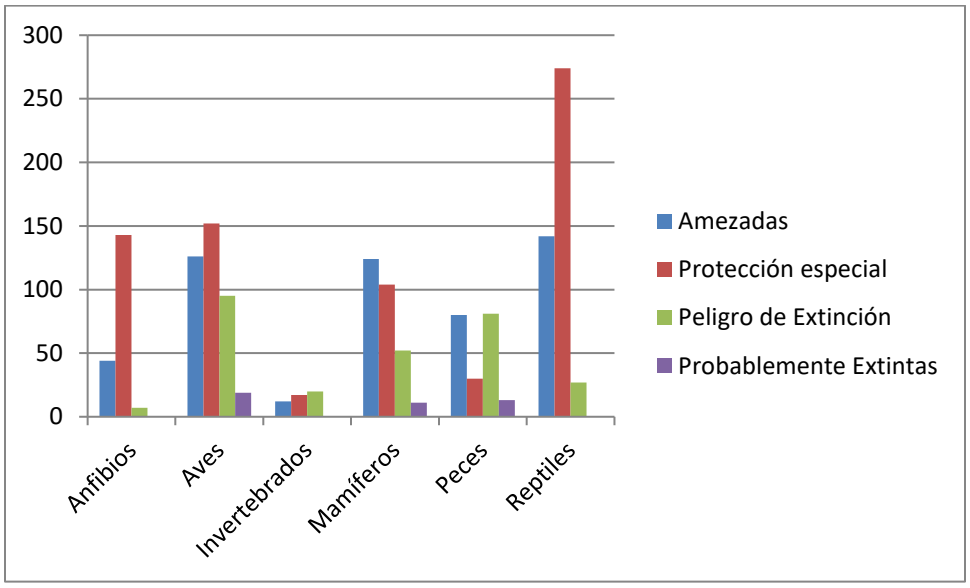
pérdida de biodiversidad, que provocan las carreteras al fragmentar los ecosistemas.

1.3 Fauna en México

México se encuentra entre los diecisiete países del mundo con mayor diversidad de especies de plantas y animales; y, por su riqueza de especies, endemismos y de ecosistemas, ha sido reconocido como megadiverso.

El documento “La diversidad biológica de México: Estudio del país” presenta datos concretos en materia de biodiversidad. Algunos ejemplos: México ocupa el segundo lugar del mundo en diversidad de reptiles (717 especies), es decir, 11% de las conocidas en el planeta y, de ellas, el 52% son endémicas; y, el quinto lugar en cuanto a mamíferos (450 especies, equivalentes al 12% mundial, de las cuales 29% son endémicas). Con respecto a la diversidad de anfibios, el cuarto lugar (con 284 especies, aproximadamente el 7% mundial) corresponde a México; de estos, el 60% son habitantes exclusivos de México y el 3% son endémicos de Mesoamérica (CONABIO, 2000).

Con base en la NOM-059, se elaboraron gráficas de especies para conocer en números la cantidad de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces o invertebrados, que por alguna particularidad se encuentran categorizados en riesgo. La figura 1.1 muestra las especies en riesgo en México.



Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010.

Figura 1.1 Especies de fauna en riesgo en México

En México, alrededor de 1,573 especies de fauna se encuentran en riesgo: 528 se encuentran en la categoría de amenazadas, 720 en protección especial, 282 en peligro de extinción y 43 están probablemente extintas.

Una característica particular de México es que cuenta con un gran número de especies endémicas.

1.4 Amenazas a la biodiversidad

Diversos estudios sobre la diversidad revelan que las actividades humanas influyen en la disminución del número de especies, en el tamaño de las poblaciones silvestres y en una notoria pérdida —en muchos casos irreversible— de los ecosistemas y los hábitats.

La situación es preocupante en todo el país, al verse reducidos en abundancia y distribución los diferentes especímenes de fauna.

El documento “La diversidad biológica de México: Estudio del país” atribuye las causas a los siguientes factores:

a) sobreexplotación por parte del ser humano, incluyendo actividades legales (como la pesca) e ilegales (como el tráfico de especies amenazadas);
b) destrucción de hábitats causada por diversas actividades productivas, que incluyen principalmente la deforestación;
c) los efectos negativos de las interacciones con enemigos naturales introducidos o favorecidos por las actividades humanas (como depredadores, patógenos y competidores);
d) la influencia de compuestos químicos y tecnologías utilizados en la fertilización de suelos, fumigación de cultivos y construcción de grandes obras de ingeniería (contaminación);
e) catástrofes naturales tales como incendios, erupciones, inundaciones y terremotos, y
f) efectos del cambio climático y fenómenos meteorológicos extremos.

1.5 Impacto ambiental de las carreteras

La principal problemática actual es cómo hacer compatibles el desarrollo y la operación de la infraestructura (vivienda, industria, transporte, etc.) con los ecosistemas, ya que los impactos ambientales que generan son muy significativos.

Los principales impactos que los caminos generan a la biodiversidad estriban en la fragmentación de los hábitats; la reducción de zonas forestales por la construcción de carreteras (que han resultado en un impacto significativo por el alto valor que tienen dichas especies para absorber Gases de Efecto Invernadero); además las carreteras son también un vector para facilitar la dispersión de especies no autóctonas e invasoras, junto con la mortalidad de especies por atropellamiento, y repercusiones ambientales en el suelo y el agua, entre otros.

El paisaje también es objeto de impacto ambiental, desde el punto de vista visual, que en la mayoría de los casos es identificado como un efecto negativo, pero en otros, mejora la calidad de las zonas donde se construye o moderniza una carretera.

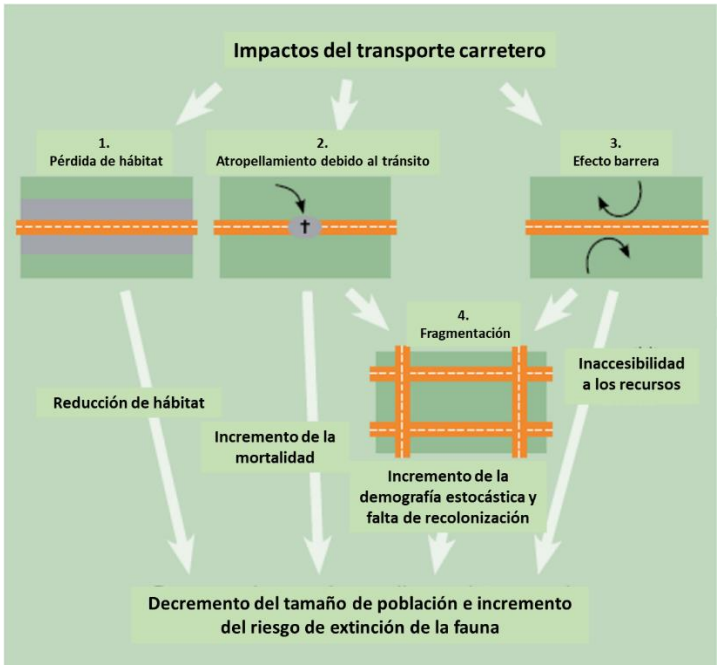
1.5.1 Fragmentación de hábitats

Este efecto ocurre cuando un hábitat es dividido en más fragmentos por diversos motivos. Este efecto se asocia a la construcción de infraestructura lineal, como las carreteras o las líneas de ferrocarril, las cuales tienden a seccionar los ecosistemas.

Cuando una carretera fragmenta un ecosistema, se producen dos importantes impactos ambientales: el efecto barrera y el efecto de borde.

El efecto barrera se genera cuando se limita la movilidad de las especies de un punto a otro, dentro del ecosistema fragmentado, esto debido al obstáculo físico que representa una carretera ya construida, principalmente en autopistas confinadas.

El efecto barrera que las carreteras producen en las regiones ambientales trae consigo una importante mortalidad de especies. La figura 1.2 ilustra claramente el efecto barrera que producen las carreteras en lo individual o en una red vial.



Fuente: PIARC, 2012.

Figura 1.2 Efecto barrera de las carreteras sobre la mortalidad y movilidad de la fauna

El efecto barrera tiene importantes afectaciones en la reproducción de las especies y en las cadenas alimenticias. Este fenómeno también aumenta la movilidad de las especies, por eso es muy importante realizar el monitoreo de la biodiversidad, particularmente de la fauna, para aumentar su preservación y protección, sobre todo en las carreteras ya construidas.

Por otro lado, el efecto de borde se presenta cuando se fragmenta un ecosistema y, por lo tanto, las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos y de la matriz circundante cambian.

En el caso de las carreteras, este efecto se presenta en las proximidades a los bordes de la vía, donde se generan condiciones diferentes a las originales, tales como: temperaturas más elevadas, menor humedad, mayor radiación y mayor vulnerabilidad al viento.

1.5.2 Mortalidad de especies

La muerte de especies puede deberse directamente al atropellamiento de ejemplares de fauna durante la construcción de una carretera y suele ser de tipo accidental, por estrés o ingesta de algún residuo sólido generado por el personal de la obra.

Otros casos de muerte de animales obedecen precisamente al efecto barrera, comentado en el punto anterior, donde las especies de fauna por algún motivo natural tienen la necesidad de cruzar la carretera y, al ser una especie más vulnerable, y si las condiciones de la carretera (dimensiones y cantidad de vehículos) no son favorables, suele ser atropellada; por lo que, en las carreteras frecuentemente se observan cuerpos de animales muertos.

1.6 La fauna y las carreteras

Actualmente en México, en la construcción de carreteras se cuenta con medidas de mitigación que devuelven la conectividad ecológica en los ecosistemas fragmentados, asegurando el movimiento seguro de la fauna junto a la carretera y cruzándola; sin embargo, aquellas carreteras que no se sometieron a un estudio de impacto ambiental, y su evaluación correspondiente, carecen de medidas de mitigación orientadas a disminuir las consecuencias negativas en el medio ambiente.

Fuente: Centro SICT Jalisco.

Figura 1.3 Paso de fauna superior en el Macrolibramiento de Guadalajara

La importancia de estudiar la interacción de las carreteras con el medio ambiente ha generado una nueva subdisciplina de la ecología, llamada “Ecología de carreteras”. Se trata de una ciencia aplicada, donde gran parte del trabajo en este campo se esfuerza por encontrar formas de minimizar los efectos perjudiciales que los sistemas de carreteras pueden tener en las poblaciones de vegetación y animales, en la calidad del aire y el agua, así como en las comunidades humanas.

Probablemente el impacto más importante de las carreteras en las poblaciones de fauna silvestre es la mortalidad directa de los animales, ya que son golpeados y asesinados por los vehículos en las carreteras: “colisiones de la fauna-vehículo”.

Algunas especies son más susceptibles a ser atropelladas que otras, principalmente por la baja velocidad a la que se mueven.

Un estudio realizado por un grupo de ecología de carreteras de Ontario, Canadá, sugiere que las carreteras pueden tener una serie de efectos sobre la fauna (ver tabla 1.1).

Tabla 1.1 Características y efectos de las carreteras en la fauna

Características que hacen a las especies vulnerables en las carreteras	Efecto de la carretera		
	Mortalidad en carreteras	Pérdida de hábitat	Reducción de la conectividad
Atracción hacia la orilla del camino	X		
Incapacidad para evitar el paso de vehículos	X		
Alta movilidad intrínseca	X		
Especie generalista en la ocupación del hábitat	X		
Necesidades de múltiples recursos	X		X
Requerimientos de grandes áreas / Baja densidad	X	X	X
Baja tasa de reproducción	X	X	X
Comportamiento para evitar las carreteras			X

Fuente: Ontario Road Ecology Group, 2010.

La pérdida de hábitat, por la construcción de las carreteras incrementa la movilidad de las especies, lo que a su vez genera cambios en el ecosistema y se alteran otros ecosistemas, por mencionar algunos efectos. Estas perturbaciones afectan a las poblaciones de fauna y sus procesos.

La fragmentación excesiva de los ecosistemas, por la construcción de carreteras, altera la movilidad de la fauna y da lugar a un aumento de las colisiones vehículo-fauna, además de obligar a los animales a recorrer nuevos caminos o andar trayectos más largos para acceder a los recursos que requieren para su sobrevivencia.

Contar con una conectividad adecuada que permita el tránsito de especies de fauna silvestre, a través del paisaje sin obstáculos, constituye una importante medida de mitigación; sin embargo, es un elemento del que carece la mayor parte de la

infraestructura para el transporte carretero y, por lo tanto, dicha infraestructura representa una barrera para el movimiento de la fauna.

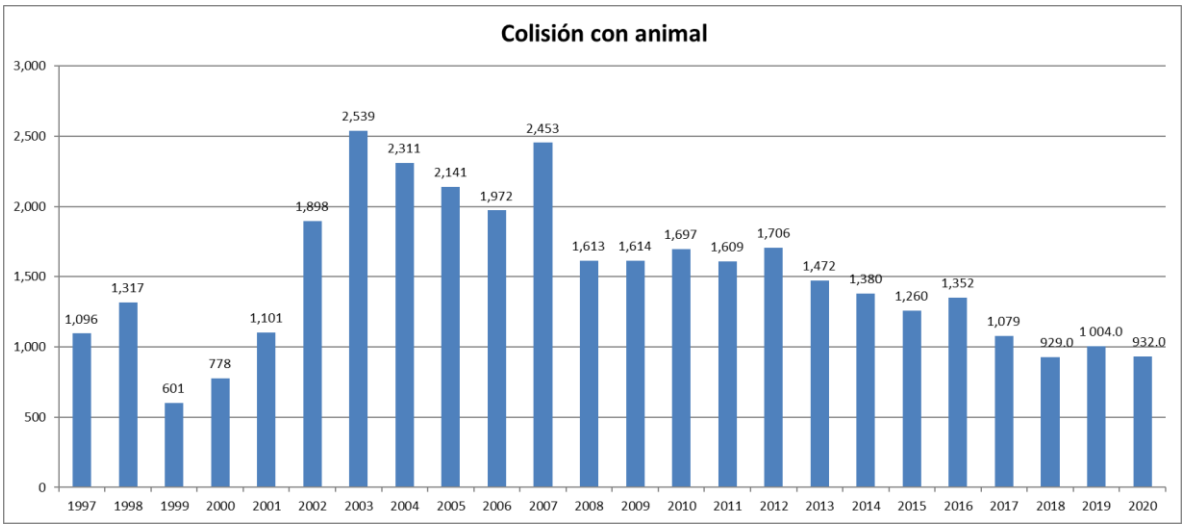
La presencia de la circulación vehicular por carretera tiene impactos negativos en el suelo, el agua y la calidad del aire, principalmente, por los contaminantes emitidos y los residuos sólidos generados. Estos efectos degradan los hábitats y, por lo tanto, afectan los ecosistemas, además de que motivan la movilidad de la fauna hacia otros sitios.

Las especies faunísticas corren riesgos al verse obligadas a moverse para satisfacer sus necesidades, así como al tener que interactuar con vehículos y, potencialmente, pueden resultar atropelladas y muertas.

1.6.1 Atropellamiento de fauna

En los últimos años, como parte de los estudios realizados sobre accidentes carreteros, se han analizado aquellos que implican una colisión con algún animal, ya sea doméstico o silvestre.

De la estadística de accidentes en México, registrados y reportados al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de 1997 a 2020, el total de accidentes automovilísticos fue de 9,145,689, de los cuales 35,854 fueron colisiones con animal, es decir, un 0.39% en el periodo de análisis (ver figura 1.4).



Fuente: INEGI, 2015.

Figura 1.4 Número de colisiones vehículo-animal en México, 1997-2014

Estudios realizados a nivel de especie, en otros países, sugieren que los organismos más perjudicados son del grupo de los vertebrados, tales como: mamíferos, anfibios, aves y reptiles. En el país, no se cuenta con estudios sobre la mortalidad de la fauna silvestre por atropellamiento; la información disponible forma parte de algunos proyectos de tesis o de algunos estudios de organizaciones no gubernamentales que protegen a alguna especie en particular (Canales *et al*, 2020).

1.6.2 Colisión Vehículo-Animal

Las colisiones vehículo-animal se clasifican en dos tipos: las que ocurren con animales domésticos (Colisión con Animal Doméstico, CAD) y con fauna silvestre (Colisión con Animal Silvestre, CAS).

Las consecuencias son de gran alcance, ya que: incluyen costos ambientales por la pérdida de especies de fauna, suponen una baja seguridad vial que repercute en accidentes que pueden implicar pérdidas humanas, y estos accidentes también tienen impactos en la economía del país y su sociedad.

En Canadá, por ejemplo, de acuerdo con un estudio desarrollado por la Fundación para la Investigación de Accidentes de Tránsito (*Traffic Injury Research Foundation*), se asume que las colisiones vehículo-animal no sólo resultan en muertes y lesiones graves, sino que colocan a las especies en peligro de extinción o al borde de desaparecer, por lo que los atropellamientos de fauna son una seria amenaza para la diversidad.

Para conocer la dimensión del problema, además de las estadísticas mostradas en el apartado 1.5.1, se requiere información de las circunstancias que enmarcan las colisiones vehículo-animal, ya que existen factores humanos, medioambientales, y los propios de las especies que conllevan a accidentes.

Según la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (*U.S. Federal Highway Administration,* FHWA), los aspectos a considerar en una investigación sobre accidentes CAS son los siguientes:

- Magnitud del accidente.
- Tasa de crecimiento.
- Distribución temporal: hora del día y estación del año.
- Severidad de las heridas humanas y otras fatalidades.
- Tipo de instalaciones de la carretera.
- Velocidad y volumen de tránsito.
- Condiciones climáticas.
- Tipo de especie animal.
- Tipo de paisaje junto al camino.
- Número de vehículos involucrados.
- Densidad poblacional de la especie.
- Características del conductor.

Para poder llevar a cabo un análisis de las colisiones, se requiere la generación detallada tanto de bases de datos de organizaciones dedicadas a la protección de especies, como de estadísticas nacionales de siniestralidad.

Los accidentes no son registrados en todos los casos, por lo que es necesario generar otras estadísticas, tales como la remoción de cuerpos de animales atropellados, que se reporten a lo largo de una carretera. Para estos casos, en México no se cuenta con un reporte de accidente y, por lo general, son las dependencias de transporte las que registran estos hechos, al realizar actividades de mantenimiento de carreteras.

La investigación sobre las colisiones vehículo-animal tiene dos propósitos fundamentales: reducir los accidentes y aumentar la seguridad de los conductores en las carreteras y, por otro lado, minimizar el impacto en las poblaciones de especies de fauna.

Con este fin, la investigación y el análisis respecto de las colisiones vehículo-animal buscarán:

- Determinar la magnitud de las colisiones vehículo-animal.
- Identificar los puntos negros de las colisiones vehículo-animal y la tasa de mortalidad en las carreteras.
- Identificar los factores que influyen en las colisiones vehículo-animal.
- Formular modelos que permitan predecir colisiones vehículo-animal y su probabilidad de ocurrencia.
- Priorizar los esfuerzos de mitigación.
- Evaluar los métodos de análisis de las colisiones vehículo-animal.
- Crear bases de datos sólidas para la protección de especies en las carreteras.

En la investigación sobre las colisiones vehículo-animal, no basta con conocer la ubicación de los accidentes, sino que es necesario efectuar un análisis más profundo del entorno, a fin de denotar los factores que potencian la incidencia de accidentes en ese punto. En ese sentido, deben contemplarse las características del paisaje que influyen en determinados tramos de las carreteras, la falta de visibilidad del conductor para observar a tiempo la fauna al cruzar, el uso del suelo de los terrenos adyacentes, así como el tipo de vegetación que existe y que puede estar asociada al número de las colisiones vehículo-animal.

La identificación de corredores biológicos naturales puede ayudar a encontrar los puntos de acceso de la fauna a la carretera. La topografía y las características conductuales de las especies también constituyen un factor que influye en el atropellamiento de las especies.

2. Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras

En el año 2015, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) desarrolló el proyecto denominado “Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México”, cuya finalidad es contribuir al monitoreo de la fauna silvestre que cruza las carreteras y captar información que permita el análisis de posibles medidas de mitigación de los riesgos, para que ello implicase acciones tanto para la preservación de la fauna, como para la seguridad de los usuarios de las carreteras.

El Observatorio tiene como objetivo generar una base de datos a partir de fotografías que captan la movilidad de la fauna en carreteras o de los ejemplares atropellados en estas vías. Para ello, se desarrolló una herramienta informática que permite capturar los eventos reportados por la población. Su funcionamiento es a través de diversas aplicaciones, una para computadoras personales y otras para dispositivos móviles con sistema Android, bajo el nombre de WATCH$_{MX}$.

El observatorio fue denominado “WATCH”, en referencia a la palabra en inglés, cuya traducción al español es “ver”, “mirar”, “observar”, “vigilar” o “prestar atención”; que es lo que, finalmente, los usuarios de las carreteras que cuenten con las aplicaciones tendrían que hacer: “observar y reportar” a la fauna que circunda las carreteras o que lamentablemente ha sido atropellada.

2.1 WATCH$_{MX}$

WATCH$_{MX}$ es una plataforma creada para monitorear la fauna que cruza o es atropellada en las carreteras en México con el fin de desarrollar planes de mitigación que puedan ayudar a evitar accidentes de los usuarios que utilicen la red de carreteras del país, así como la pérdida de especies por atropellamiento.

WATCH$_{MX}$ es el acrónimo de “*Wild Animals in Transport Corridors and Highways*”, que en español significa “Animales Silvestres en Corredores de Transporte y Carreteras”.

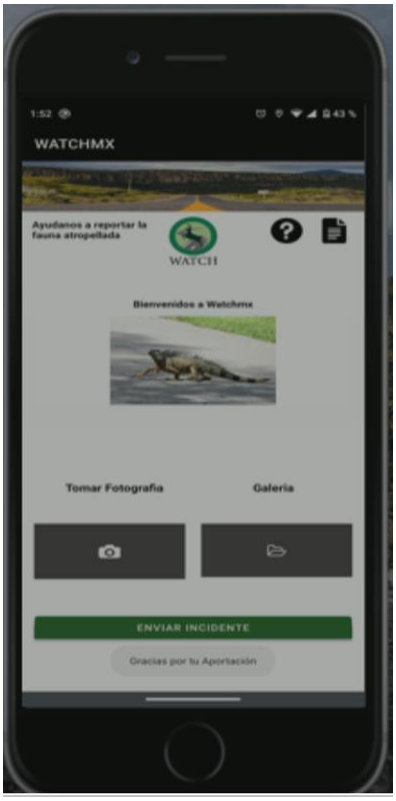
WATCH$_{MX}$ está disponible en su versión para PC en la liga http://watch.imt.mx/watchmx/inicio, en la cual se puede descargar la aplicación para dispositivos móviles con sistema Android de manera libre y gratuita.

La primera versión fue desarrollada por estudiantes del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y, la segunda y actual versión del Observatorio, fue desarrollada por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Querétaro.

La figura 2.1 muestra el logotipo del Observatorio y la figura 2.2 muestra la vista de la pantalla principal de la aplicación móvil.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1 Logotipo del Observatorio WATCHMX



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2 Vista de la aplicación WATCHMX en un dispositivo móvil

2.2 Página Web del Observatorio

La página web del Observatorio se encuentra disponible y abierta al público en general, en la liga http://watch.imt.mx/watchmx/inicio, cuya imagen principal se muestra en la figura 2.3.

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.3 Vista de la página Web del Observatorio

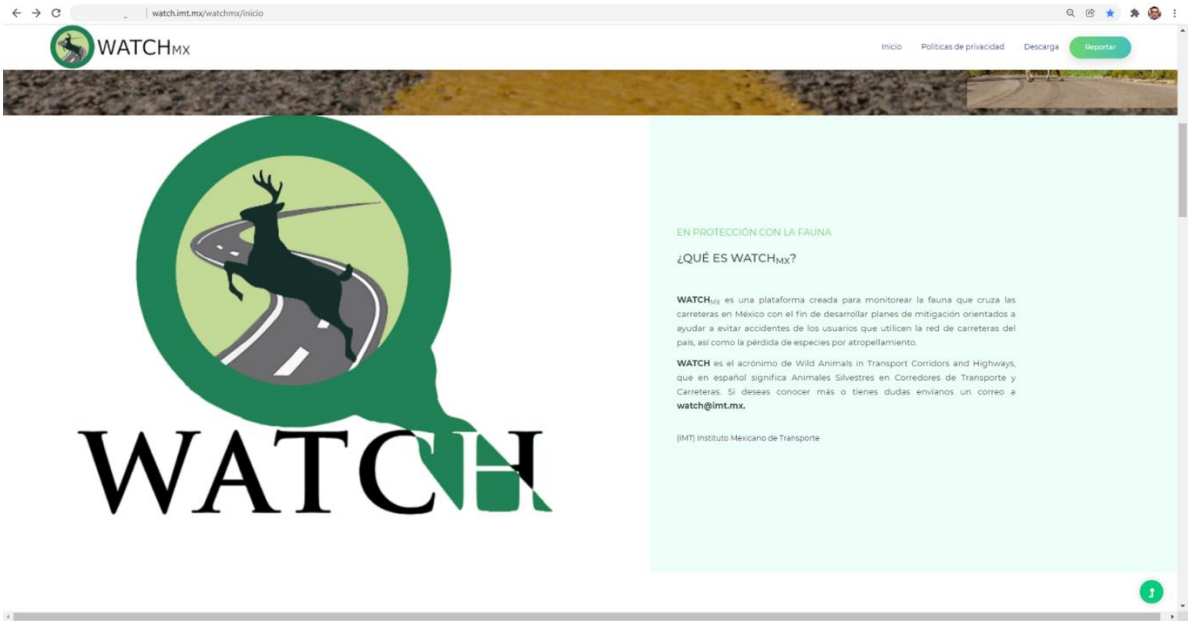
El objetivo de la página web es ofrecer al usuario una plataforma para conocer el proyecto, cuales son los objetivos del Observatorio, y ser un medio para reportar/registrar incidencias de atropellamiento o eventos de cruce de fauna en las carreteras.

En la página web, en la parte posterior al inicio, se presenta una breve descripción de la plataforma WATCHMX, donde se describe qué es y qué significan el nombre del proyecto, así como se pone a disposición el correo de contacto watch@imt.mx. La figura 2.4 muestra una vista de la presentación del Observatorio.

En la figura 2.5 se muestra parte de la página web donde se ilustra cómo funciona la plataforma, la cual consta de tres etapas:

- Fotografía del incidente.
- Identificación de especies.
- Visualización de incidentes.

A continuación, se realiza una breve descripción de estas etapas y se acompañan con imágenes extraídas de la página web, las cuales proporcionan la información para los usuarios.



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.4 Vista de la página Web del Observatorio - ¿Qué es WATCHMX?

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.5 Vista de la página Web del Observatorio - ¿Cómo funciona?

2.2.1 Fotografía del incidente

El proceso inicia con la toma de fotografías por parte de los usuarios de la red de carreteras del país.

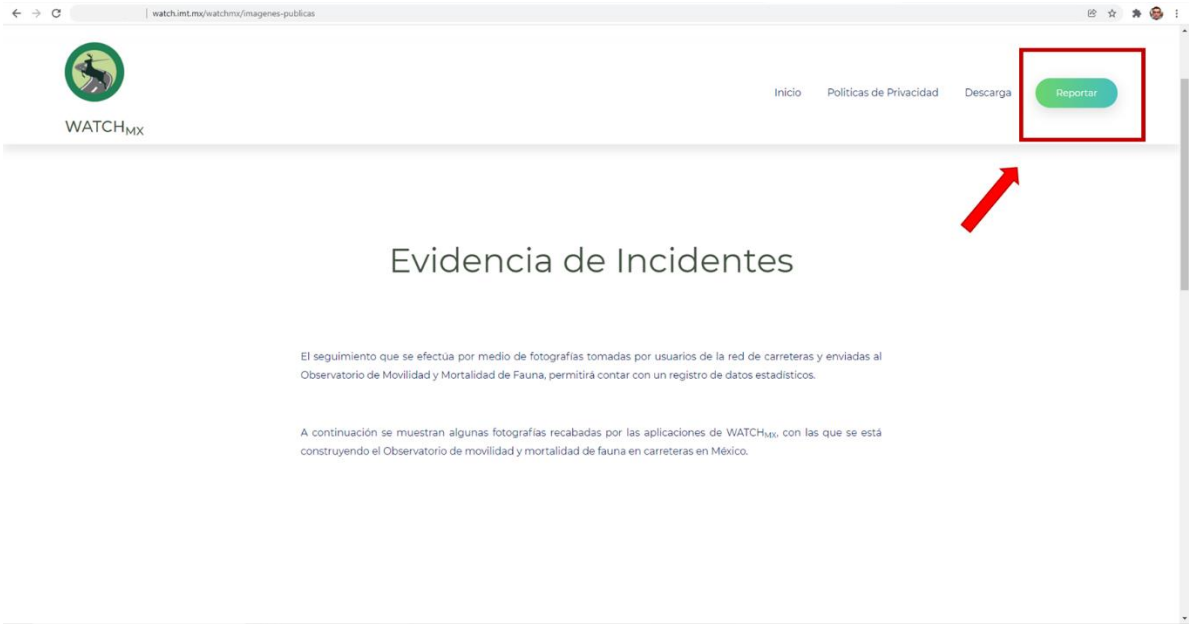
La indicación es la siguiente: si al transitar por una carretera en México, te percatas de una especie de fauna (venados, reptiles, tortugas, jaguares, etc.) cruzando la

carretera o que ha sido atropellada, sin que comprometas tu seguridad vial, toma una fotografía y súbela a través de nuestra página web o por medio de las aplicaciones oficiales para dispositivos móviles.

La participación voluntaria de los usuarios es un elemento vital para alimentar la herramienta, por lo cual su cooperación al hacer el reporte puede darse a través de cualquiera de las formas disponibles.

Para reportar un animal en la carretera basta con acceder al ícono “Reportar” el accidente (ver figura 2.6), donde se desplegará una pantalla adicional a través de la cual se proporcionará la información necesaria para la localización del sitio del incidente.

En el apartado 2.7, de este capítulo, se describe cómo realizar un reporte a través del sitio web.



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.6 Vista de la página Web del Observatorio – Fotografías de los incidentes

La página también permite visualizar algunas imágenes destacadas, que desde la base de datos se estarán mostrando para los usuarios, con la finalidad de incentivar el uso de la herramienta.

Algunas de las fotografías se mostrarán en el capítulo 3, donde se expondrán los resultados alcanzados con la versión 1.0 del Observatorio.

2.2.2 Identificación de especies

La identificación de especies se realiza en una página web que funciona sólo en la intranet del Instituto Mexicano del Transporte, a la cual únicamente los administradores de la aplicación tienen acceso.

La identificación de especies se realiza conforme lo indica la sección de la página web, que se ilustra en la figura 2.7.

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.7 Vista de la página Web del Observatorio – Identificación de especies

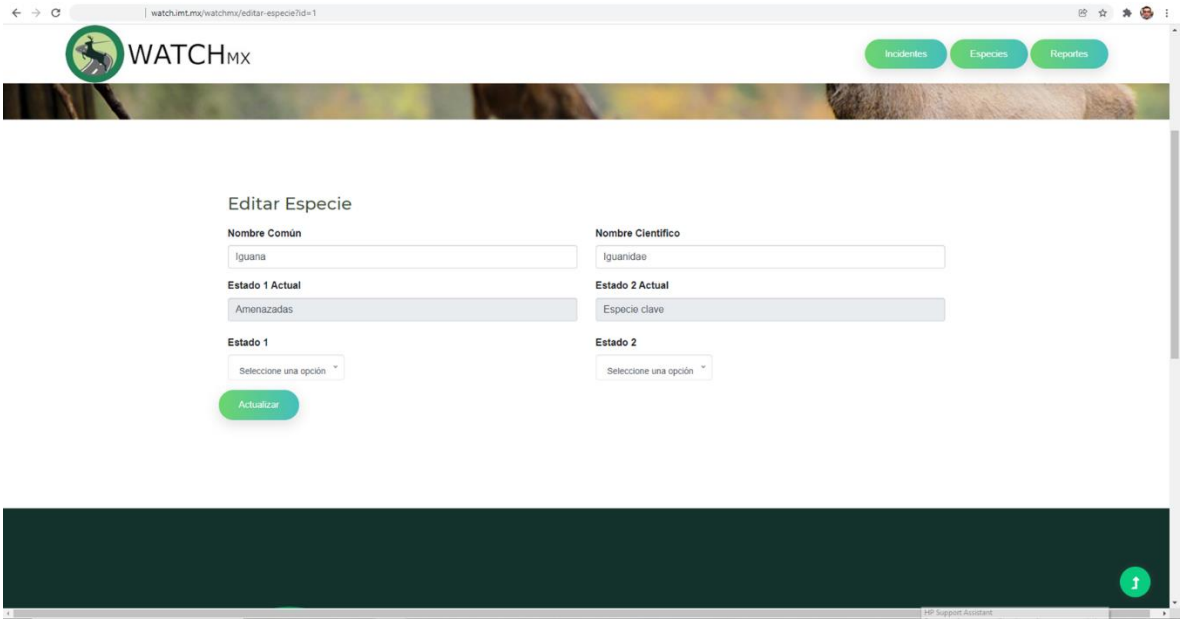
En el menú de la página de intranet, tal y como se muestra en la figura 2.8, se pueden agregar las especies que se requieran asociar a cada fotografía. En dicha página se incorpora el nombre común de la especie en cuestión, junto con su nombre científico y dos categorías asociadas a su estado en el país, en términos de la NOM-059-2010. El primer estado puede ser: probablemente extinta en el medio silvestre (E), en peligro de extinción (P), amenazadas (A), sujetas a protección especial (Pr) o sin estatus. El segundo estado puede ser: especie asociada, especie clave, especie endémica o especie principalmente extralimital.

2.2.3 Visualización de incidentes

La herramienta, en su página de intranet, permite visualizar los incidentes que se han registrado, producto de la recepción de fotografías y la información de la ubicación del incidente que los usuarios han enviado.

La página web ilustra la visualización de incidencias (ver figura 2.9) y la página de intranet permite realizar la generación de reportes, para visualizarlos a nivel de nacional (ver figura 2.10), agregar intensidad de calor para identificar los sitios con

mayor concentración de incidencias (ver figura 2.11), visualizarlos por carretera (ver figura 2.12), así como hacer filtros por fecha o por especie (ver figura 2.13), etc.

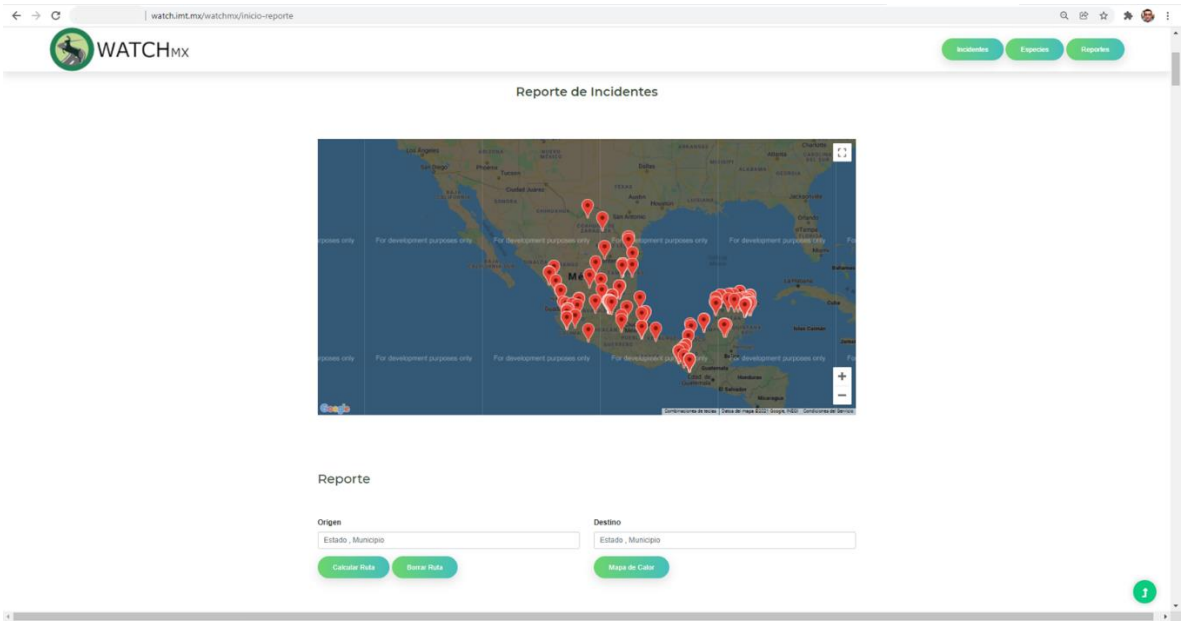


Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.8 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Editar especies

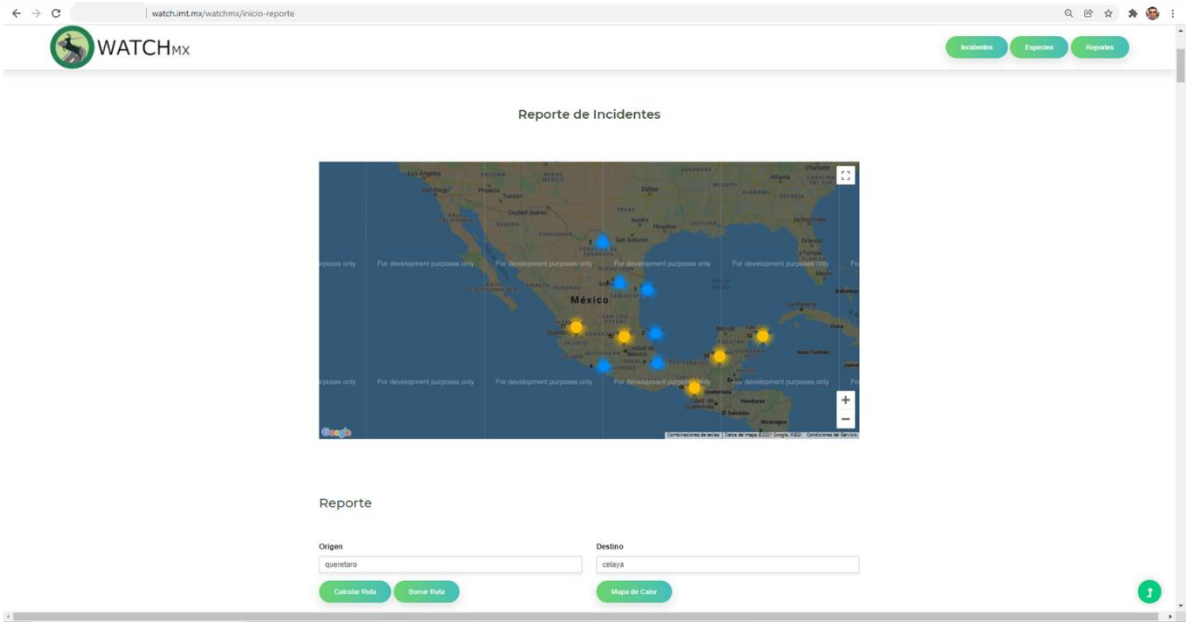
Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.9 Vista de la página Web del Observatorio – Visualización de especies



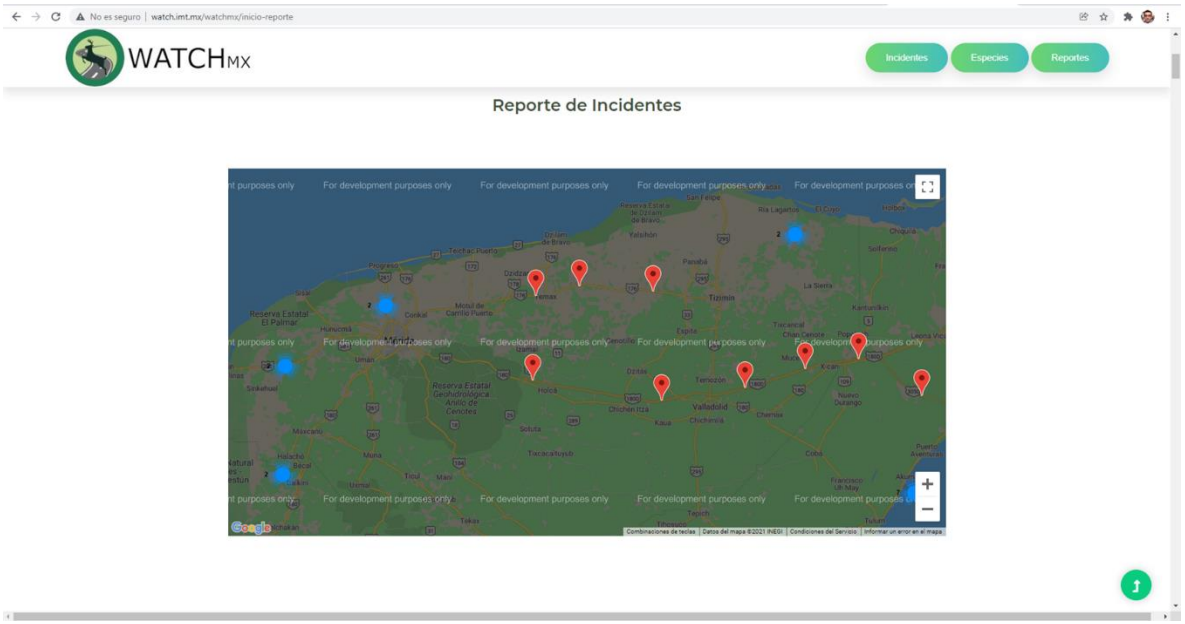
Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.10 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Reporte de incidentes



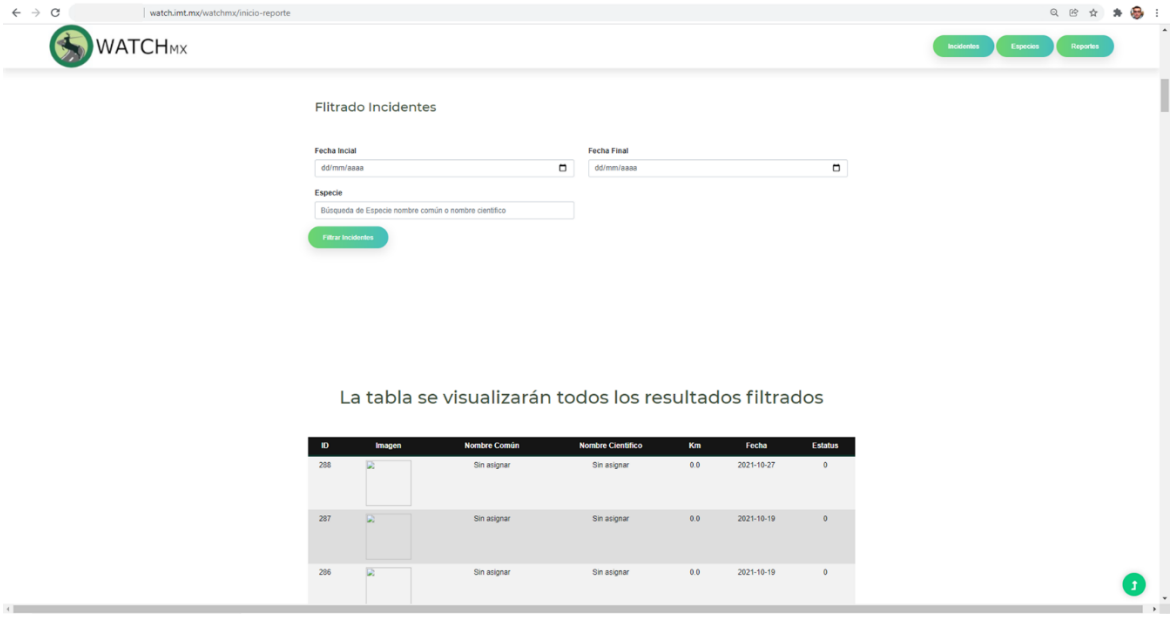
Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.11 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Mapa de calor



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.12 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Incidentes por carretera



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.13 Vista de la página de Intranet del Observatorio – Filtrado de incidentes

2.2.4 Reportes

En la sección anterior, se mostraron las funcionalidades de la plataforma de intranet para generar reportes, mismos que pueden visualizarse de forma gráfica e interactiva en la página de intranet a la que tiene acceso el administrador. Allí pueden verse los incidentes ocurridos, la localización del incidente y la especie de que se trata.

La información será útil para el desarrollo de reportes, sobre una ruta, así como para identificar qué especies por carretera son las que están siendo reportadas, a fin de identificar puntos críticos dentro de la red.

El sistema permite también mostrar la herramienta denominada “mapa de calor” que identifica dónde se han concentrado incidentes en cantidad y por especie, e incluye un rango de fechas para el análisis de la información. Dichos mapas pueden ser incluidos en informes públicos.

Se pueden realizar análisis de datos para filtrar accidentes o especies, para reportes más específicos.

La base de datos se puede exportar a Excel a fin de realizar análisis más exhaustivos.

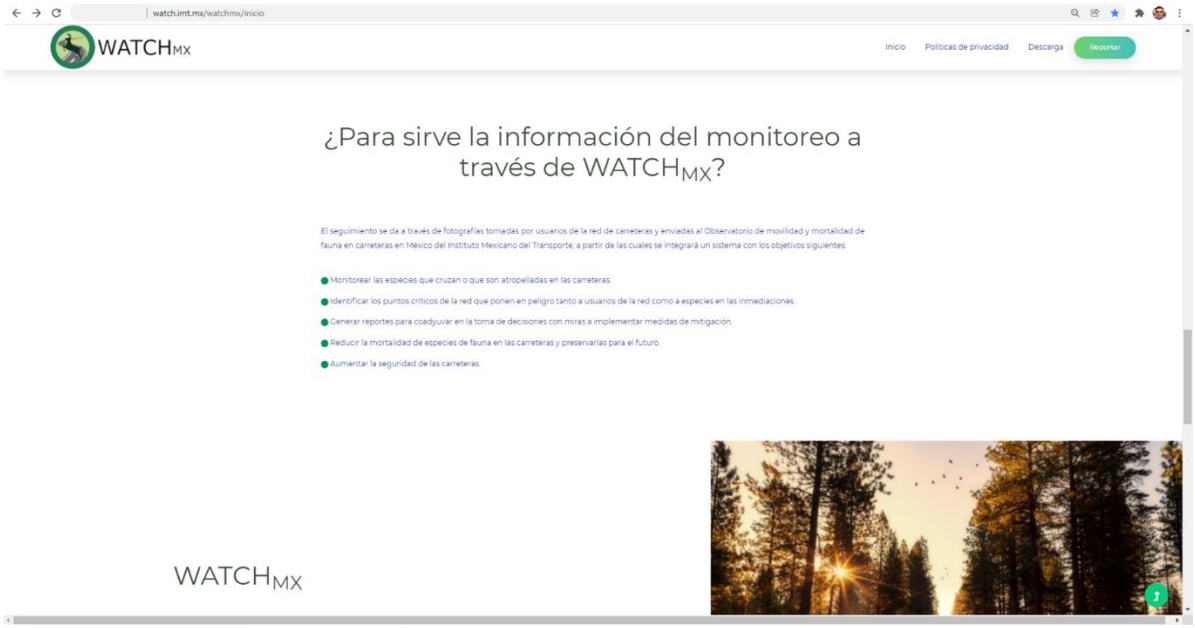
2.3 Monitoreo a través de WATCHMX

El seguimiento se da a través de fotografías tomadas por usuarios de la red de carreteras y enviadas al Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras en México, del Instituto Mexicano del Transporte, a partir de las cuales se integrará una base datos, cuyos resultados de los reportes permitan alcanzar los siguientes objetivos:

- Monitorear las especies que cruzan o que son atropelladas en las carreteras.
- Identificar los puntos críticos de la red, que ponen en peligro tanto a usuarios de la red como a las especies en las inmediaciones.
- Generar reportes para coadyuvar en la toma de decisiones con miras a implementar medidas de mitigación.
- Reducir la mortalidad de especies de fauna en las carreteras y preservarlas para el futuro.
- Aumentar la seguridad de las carreteras.

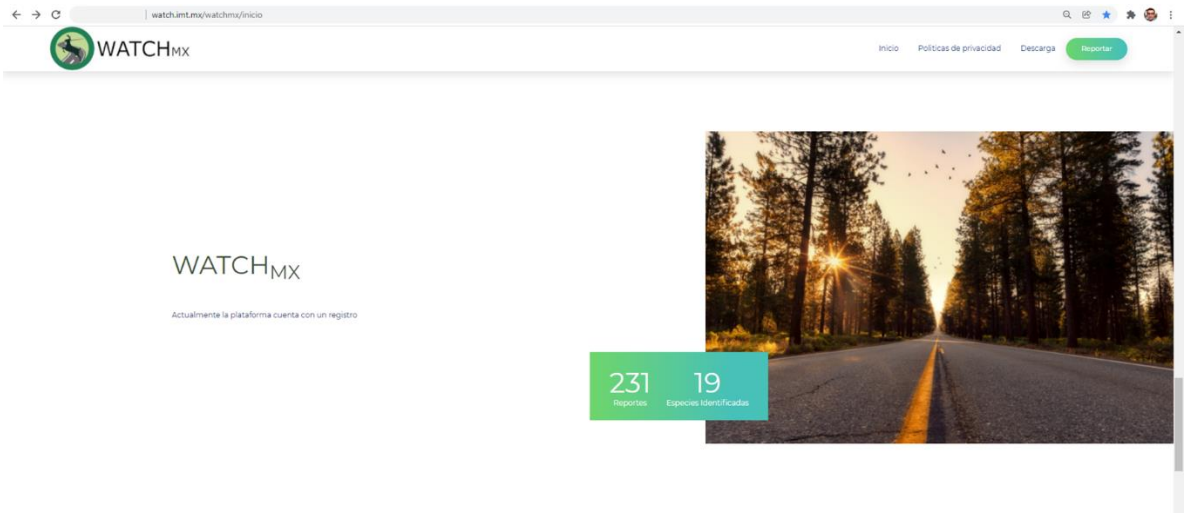
La figura 2.14 muestra la visualización de la página web, donde se muestra el objetivo del monitoreo.

La página web permite también visualizar la cantidad de registros con los que cuenta la base de datos y la cantidad de especies identificadas, que han sido atropelladas, tal y como se muestra en la imagen de la figura 2.15.



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.14 Vista de la página Web del Observatorio – Monitoreo



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.15 Vista de la página Web del Observatorio – Contador de registros y especies

2.4 Reglas de seguridad para WATCHMX

Antes de tomar una fotografía, se debe tener especial precaución y tomar las siguientes medidas:

- Disminuir la velocidad y recordar encender las luces preventivas del vehículo antes de detenerlo.
- Detener el vehículo fuera de la calzada.
- Poner especial atención a la circulación de vehículos para no comprometer la seguridad propia al momento de tomar la fotografía.
- Evitar remover la especie de fauna de la calzada.
- En caso de contar con copiloto, es preferible que éste realice la toma de la fotografía.
- En ningún caso, como conductor, se debe utilizar el teléfono o equipo fotográfico para tomar la imagen sin detener completamente el vehículo en un lugar seguro.

Debe recordarse que la seguridad es primero. Lo indicado se ilustra en la página web de acuerdo a la figura 2.16.

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.16 Vista de la página Web del Observatorio – Reglas de seguridad

2.5 Políticas de privacidad de WATCHMX

Los datos recogidos por el proveedor de la aplicación o del *gadget* estarán sujetos a las políticas de privacidad de dicho proveedor.

El uso de cookies y su dirección IP, tomados por este sitio, se realiza sólo con la finalidad de mantener un sitio de acuerdo con sus preferencias locales (tales como navegador web usado, sistema operativo, ISP, etc.). El IP se almacena únicamente

con fines estadísticos, siendo omitidos todos los datos de tipo personal, tales como el nombre del usuario.

Cuando el usuario envía la fotografía, cede automáticamente los derechos al Instituto Mexicano del Transporte para su explotación, el cual podrá conservarlas para utilizarlas con fines de investigación, generación de reportes, monitoreo y actividades relacionadas con la labor que realiza dicho centro de investigación.

Cuando el usuario envía fotografías, el servidor (*host*) puede recibir información adicional (o metadatos) como la hora, la fecha y el lugar en que se tomó la fotografía. Esto puede ayudar a la aplicación para la gestión de la información.

Cuando se envían mensajes de correo electrónico u otras comunicaciones, el IMT puede conservarlas, a fin de procesar consultas de los usuarios, responder peticiones y mejorar la aplicación.

El sitio web y sus aplicaciones móviles se reservan el derecho de modificar, rectificar, alterar, agregar o eliminar cualquier punto de las presentes políticas, en cualquier momento y sin previo aviso, siendo responsabilidad del usuario mantenerse informado de las mismas.

Lo anterior se muestra en la página web, tal y como aparece en la figura 2.17.

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.17 Vista de la página Web del Observatorio – Políticas de privacidad

2.6 Aplicación Móvil

El Observatorio WATCHMX cuenta con una aplicación para dispositivos móviles con sistema Android, mediante la cual se pueden reportar los incidentes de manera rápida. La aplicación puede ser descargada desde la página web e instalada en el dispositivo, sin costo alguno.

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

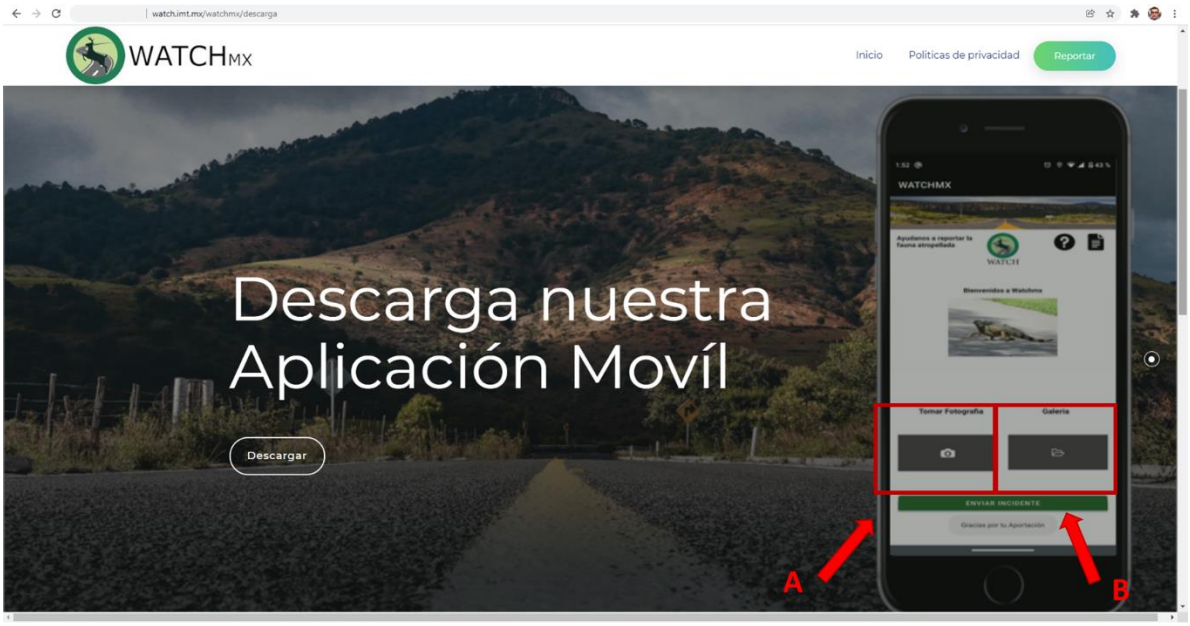
Figura 2.18 Vista de la página Web del Observatorio – Descarga de aplicación móvil

La aplicación solo solicitará permisos para acceder a tus fotografías y a la geolocalización, para que todas las fotografías tomadas cuenten con las coordenadas de longitud y latitud para su ubicación.

Para reportar los incidentes se cuenta con dos opciones (ver figura 2.19):

Opción A: Esta opción permite abrir la cámara del celular, toma la fotografía de la forma habitual de acuerdo al equipo y queda lista para ser enviada, solo se requiere seleccionar el recuadro verde y el reporte se enviará directamente a la base de datos. La fotografía cuenta automáticamente con la georreferenciación y solo se requerirá identificar la especie.

Opción B: Esta opción se recomienda para cuando no existe la posibilidad de enviar la fotografía de acuerdo a lo indicado en la opción “A”, debido principalmente por la cobertura de señal de telefonía celular. Para ello, el usuario únicamente toma la fotografía y la guarda en su teléfono celular; y, posteriormente, cuando tenga conexión a datos o mediante wifi, accede a la aplicación y usa el botón de galería para acceder a su fotografía, selecciona la foto deseada y, una vez cargada, selecciona el recuadro verde para enviarla. De igual manera que la opción A, la fotografía cuenta con la georreferenciación y solo se requerirá identificar la especie.



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.19 Opciones para subir fotografías a través de la aplicación móvil

2.7 Reportar especie a través de la página web

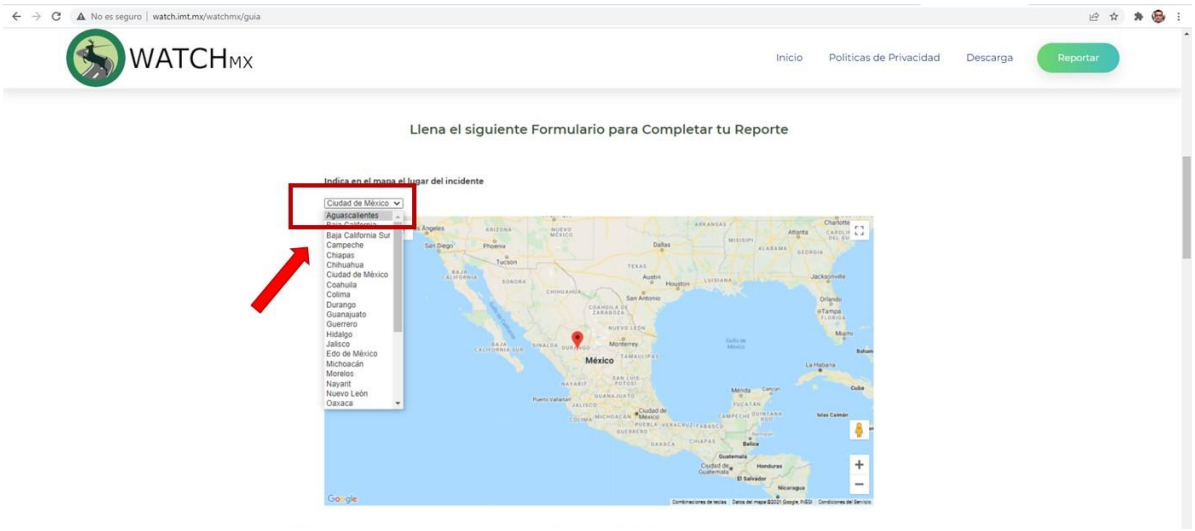
Para reportar un animal en la carretera basta con acceder al ícono “Reportar accidente” (véase figura 2.20), donde se desplegará una pantalla adicional en la cual se podrá proporcionar la información descrita en las siguientes secciones.

Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.20 Opciones para generar un reporte

2.7.1 Seleccionar el sitio del incidente

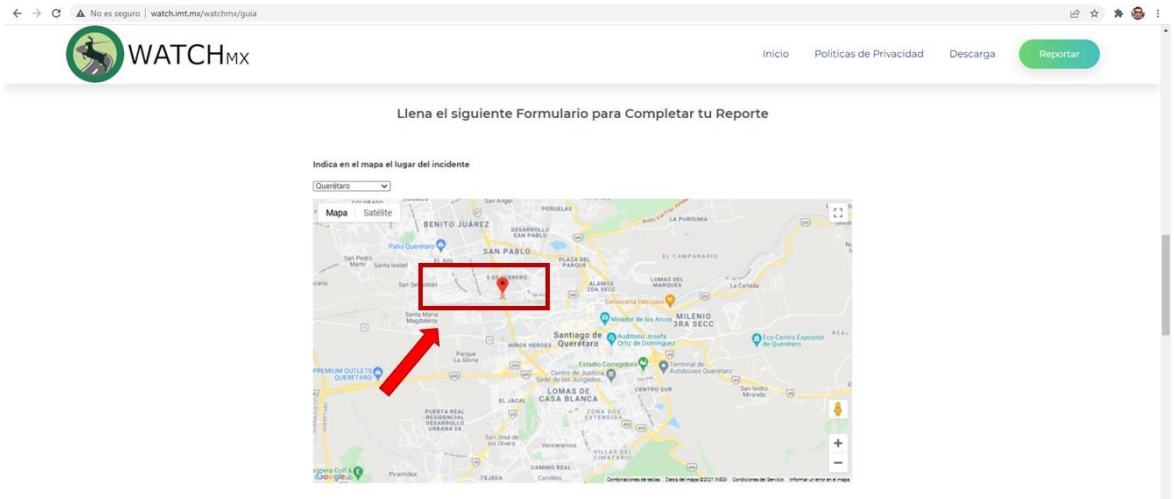
Para seleccionar el sitio del incidente, se muestra un mapa del país, donde aparece un recuadro en el cual se despliega una lista donde es posible seleccionar el estado de la república en donde ocurrió el incidente (véase figura 2.21).



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.21 Opciones para generar un reporte

Una vez seleccionado el estado deseado, la aplicación realizará un acercamiento y posicionará el marcador en la capital del estado. El usuario debe mover el marcador para arrastrarlo a la carretera y ubicación aproximada del incidente (véase figura 2.22).

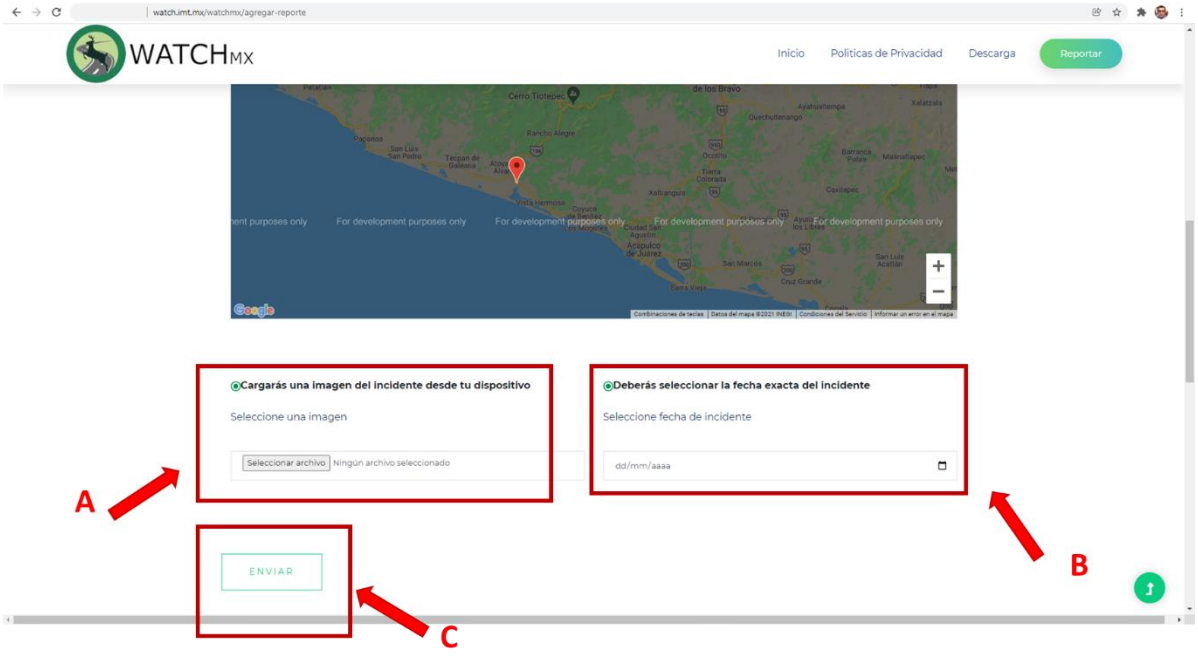


Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.22 Selección de la ubicación del incidente

2.7.2 Seleccionar fotografía y fecha del incidente

Una vez elegido el sitio, se debe cargar la fotografía (paso A) seleccionando la fotografía, luego indicar la fecha en la cual ocurrió la incidencia (paso B) y, finalmente, presionar el botón de enviar (paso C); concluyendo así el reporte de incidentes de especies atropelladas o que están cruzando en las carreteras del país. En la figura 2.23 se ilustra lo descrito en los pasos anteriores.



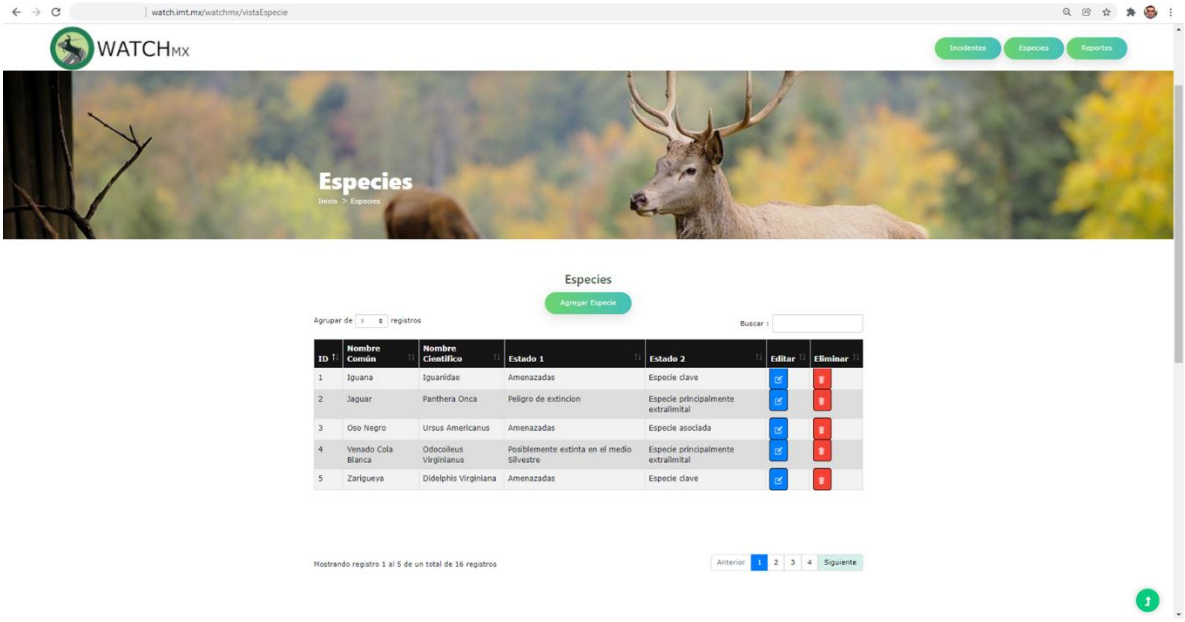
Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.23 Selección de fotografía y fecha del incidente

2.8 Base de datos de WATCHMX

La base de datos almacena la fotografía, con la fecha de ocurrencia del incidente, las coordenadas de la ubicación del sitio, en la cual se puede editar el nombre de la especie (nombre común y científico) y el estado en el que se encuentra la especie.

La figura 2.24 muestra una vista de la base de datos que se encuentra en la página de intranet del Observatorio.



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2021.

Figura 2.24 Vista de la base de datos

3. Resultados alcanzados de WATCHMX

En 2015, a partir del lanzamiento del Observatorio, la difusión ha estado limitada a los recursos de comunicación del IMT y, en enero de 2017, las aplicaciones móviles públicas, para sistemas iOS y Android de la primera versión del Observatorio, fueron bajadas de las plataformas de distribución digital.

Para la difusión y la correcta interpretación del proyecto, el IMT realizó una publicación técnica (informe), donde se muestran los resultados del desarrollo del "Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México", con el objetivo de generar una base de datos a partir de material fotográfico. La publicación muestra la importancia de contar con información sobre las colisiones animal-vehículo mediante la cual se podrá: monitorear las especies que cruzan o son atropelladas en las carreteras; identificar los puntos críticos de la red que ponen en peligro tanto a los usuarios de la red como a las especies; generar reportes para auxiliar en la toma de decisiones, en la búsqueda de implementar medidas de mitigación; reducir la mortalidad de especies de fauna en las carreteras y preservarlas para el futuro; así como aumentar la seguridad de las carreteras. El informe puede descargarse en:
www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt454.pdf.

Con el objeto de proteger los derechos de autor correspondientes, tanto las aplicaciones como la base de datos se inscribieron en el Registro Público del Derecho de Autor, en marzo de 2016.

Adicionalmente, con el objetivo de ampliar la difusión, el "Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México" se dio a conocer en redes sociales mediante mensajes publicados periódicamente en la plataforma Facebook, cuyo dirección es la siguiente: https://www.facebook.com/WATCHMXIMT/

Como parte del proceso de difusión inicial, se enviaron mensajes de correo electrónico a profesionales asociados a la temática, así como a organizaciones que han desarrollado proyectos relacionados con la protección de la fauna que cruza las carreteras, además de las pláticas que se imparten a estudiantes que visitan el IMT.

3.1 Vinculación

El Observatorio ha despertado el interés de diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, que sumaron sus esfuerzos para documentar los casos de mortalidad y movilidad de fauna en carreteras, así como diseminar el conocimiento del proyecto, o ampliar las capacidades del mismo. Entre éstas destacan las siguientes:

- Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del Estado de Chiapas, quien han documentado los casos de atropellamiento de vida silvestre en carreteras.
- El IMT y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), con su sede en México, buscarán colaborar en temas referentes a la problemática de atropellamientos de fauna silvestre. Para ello, se buscará establecer un convenio de colaboración entre las dos instituciones. Inicialmente, WWF México tendría interés en enfocar los esfuerzos de la colaboración en la Península de Yucatán, aunque podrán explorarse otras áreas de interés conjunto.
- El CAEF (Cuerpo Académico en Formación) sobre Conservación y Gestión Ambiental, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, donde, desde hace seis años, se realizan muestreos de colisiones de fauna en diferentes carreteras de la Planicie Tabasqueña.
- Ecosfera, empresa de consultoría ambiental, que realiza trabajos en proyectos de señalética y pasos de fauna para el *Macrolibramiento* de Guadalajara.
- Colaboración mediante pláticas para los alumnos de la Licenciatura de Biología Ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana-Lerma.
- Colaboración mediante pláticas para los profesionales del Centro SICT Veracruz.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que ha generado insumos para tener un acercamiento con la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), a fin de implementar acciones encaminadas a abatir los atropellamientos de fauna dentro o cerca de las Áreas Naturales Protegidas (ANP).

En la mayoría de los casos, el apoyo brindado por el IMT se ha dado a través de información sobre el Observatorio y de asesorías para el uso de la plataforma, así como de información compartida por algunas organizaciones a fin de contar con una base única de información.

En el caso de la CONANP, se realizó una búsqueda de los registros con base en la especificación siguiente: … “que se encuentren dentro de los límites de las ANP y las que se localizan hasta (en un *buffer* de) 10 km respecto a éstas”. Debido a que las fotografías están georreferenciadas, no hubo problema en identificar su ubicación, por lo que se entregó una base de datos realizada en Excel. Adicionalmente, se proporcionó información sobre señalética y mecanismos de reducción de velocidad, las cuales son medidas preventivas para reducir los casos de atropellamiento de fauna.

3.2 Resultados de la base de datos de WATCHMX

Como se puede observar en el apartado relativo a la implementación, la difusión ha estado limitada a los recursos de comunicación del IMT y, de enero de 2017 a la fecha, las aplicaciones de captación de datos no se encuentran disponibles en las plataformas de distribución digital para su descarga y uso.

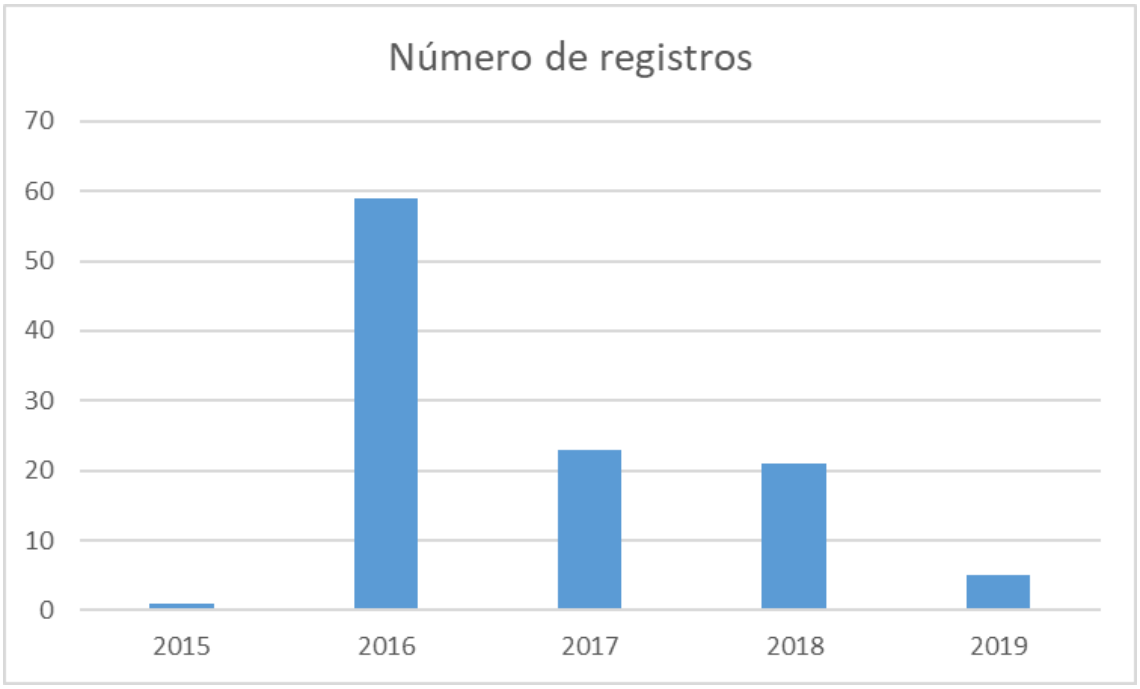
Sin embargo, mediante los meses de operación del Observatorio, se logró captar información relacionada con poco más de 80 incidentes (de diciembre de 2015 a junio de 2017), donde se identificaron especies atropelladas o movilizándose cruzando carreteras del país. El siguiente mapa (Figura 3.1) muestra la ubicación y cantidad de los registros recabados.

Fuente: Observatorio WATCH$_{MX}$, IMT, 2017.

Figura 3.1 Localización de incidentes registrados en WATCH$_{MX}$

La ubicación y el número en el mapa no significan que se hayan identificado puntos críticos en la red; dada su dispersión y cantidad, se refieren más bien a lugares en donde hay mayor participación y reportes de los usuarios. A partir de ello, no es posible aún obtener resultados concluyentes. Es decir, la cantidad de información aún no permite la generación de reportes donde se identifiquen los puntos críticos de la red que ponen en peligro a sus usuarios y a las especies faunísticas, ni respaldan la toma de decisiones en busca de implementar medidas de mitigación.

Posterior al reporte anterior, se realizó un segundo análisis de los datos, con corte en enero del 2021, donde el acumulado fue de 109 registros, los cuales se distribuyeron anualmente, tal y como se presenta en el gráfico de la figura 3.2.



Fuente: Observatorio WATCHMX, IMT, 2017.

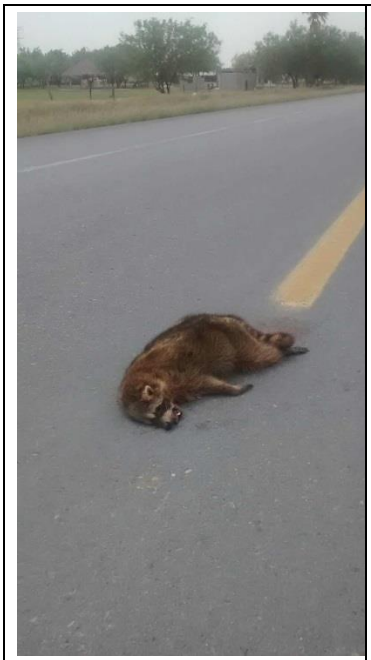
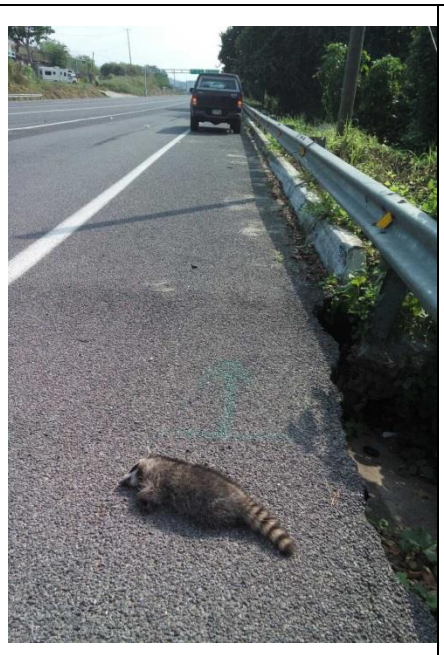
Figura 3.2 Evolución de los incidentes registrados en WATCH$_{MX}$

El principal reto de la plataforma continúa siendo la identificación de especies, dado que el IMT no cuenta con personal para realizar tal tarea; sin embargo, se están explorando opciones con otras organizaciones, las cuales puedan brindar el apoyo para realizar dicho procesamiento de información.

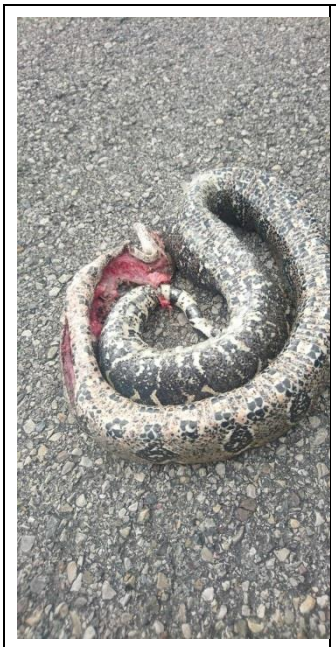
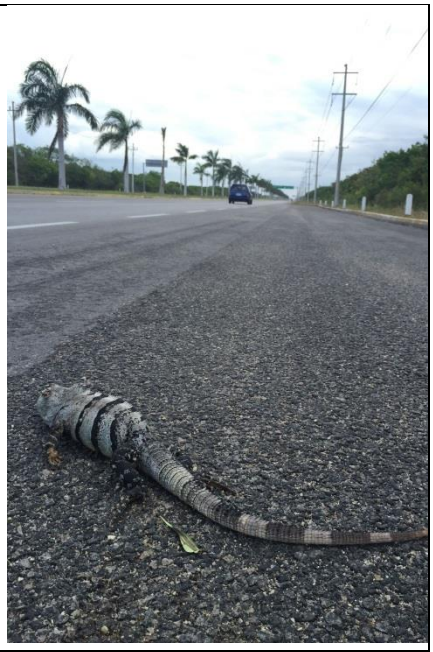
A continuación, se muestran algunas fotografías recabadas por las aplicaciones de WATCHMX, con las que se está construyendo el "Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México".

Oso negro – Coahuila (Carretera 53)	Armadillo – Jalisco (Carretera 70)

Comadreja cola larga – Tamaulipas (Carretera 101)	Zarigüeya – Querétaro (Carretera 431)	Oso hormiguero – Chiapas (Carretera 200)

		
Mapache – Tamaulipas (Carretera 2)	Mapache – Colima (Carretera 200)	Mapache – Campeche (Carretera 186)

Oso hormiguero – Chiapas (Carretera 200)	Lince – Tamaulipas (Carretera 85)

		
Serpiente – Tamaulipas (Carretera 52)	Pato – Quintana Roo (Cozumel)	Iguana – Quintana Roo (Carretera 307)

4. Estrategias y uso potencial de WATCHMX

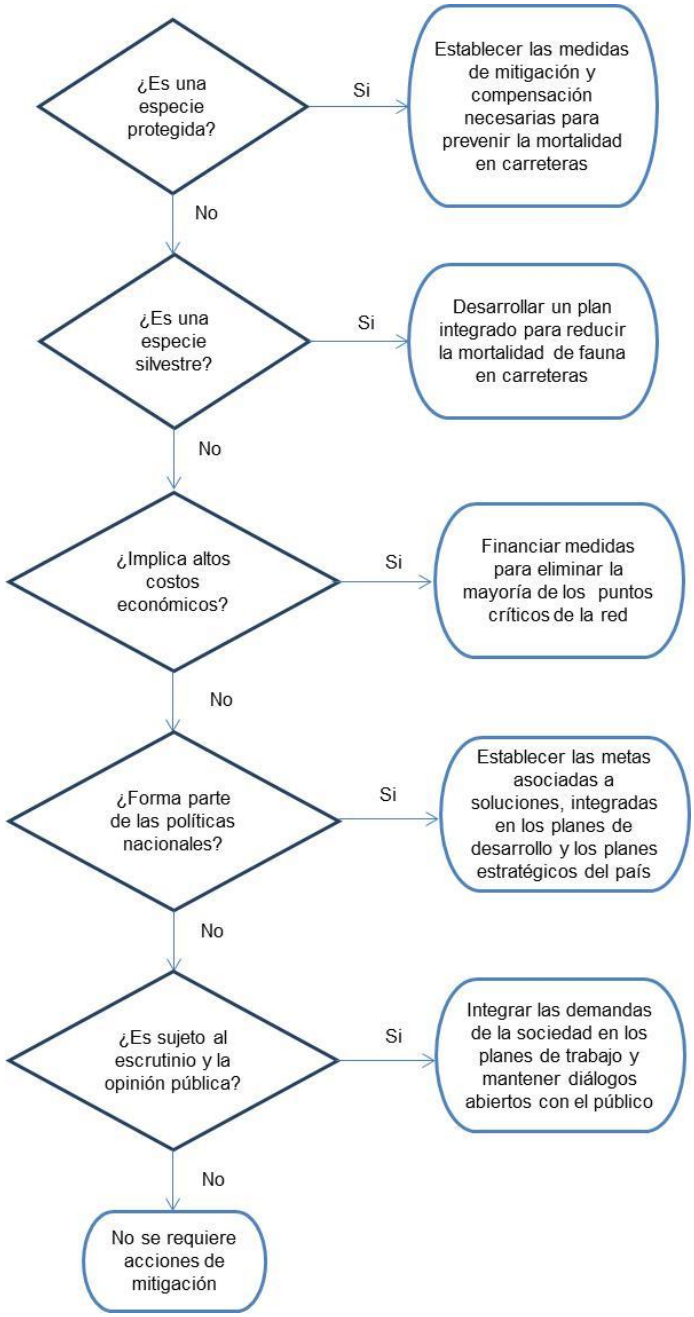
Con el objetivo de alcanzar una mejor efectividad de la herramienta WATCHMX en su versión 2.0, se requiere de una amplia difusión de la misma al interior del sector transporte, entre los usuarios de la red, las instituciones universitarias y de investigación, así como entre organizaciones no gubernamentales dedicadas a apoyar este tipo de causas.

La información sobre la movilidad y la mortalidad de fauna en carreteras, será de vital importancia para abordar diferentes aspectos, tales como:

- **Mejora de la seguridad vial**. La seguridad vial y las pérdidas económicas asociadas a las colisiones animal-vehículo son las fuerzas impulsoras detrás de los esfuerzos de mitigación, en la actualidad. Sin embargo, se carece de información fidedigna de los accidentes de tránsito, para que mediante un análisis costo-beneficio se puedan formular estrategias efectivas de mitigación en las carreteras, y se apliquen sin remordimientos.
- **Mejora de las políticas nacionales**. Las políticas nacionales se preocupan por la protección y preservación de la fauna, pero aún existen deficiencias legales, de aplicación de las normas, leyes y reglamentos en todos los sectores, para lograr el bienestar de la vida silvestre.
- **Mejora de la conservación de la biodiversidad**. La conservación de especies y su gestión con la perspectiva ambiental, que, a pesar de una gran cantidad de muertes de fauna, atropelladas en las carreteras, no se ha evaluado el efecto sobre las poblaciones de especies de vida silvestre en los ecosistemas junto a la carretera; aunque ya se han desarrollado algunos esfuerzos en México para reducir, en algunos puntos negros, la mortalidad de especies.
- **Desarrollo sostenible**. El contar con más y mejores infraestructuras para el transporte, particularmente el carretero, es parte del desarrollo económico y permite la movilidad de miles y millones de personas, sin embargo, debemos hacer frente a los problemas que, actualmente, representan las colisiones animal-vehículo.

4.1 Mitigación del impacto en la biodiversidad

Una vez restablecido el acceso a las herramientas de captación de información del Observatorio, y obteniendo datos suficientes para determinar segmentos críticos de la red nacional de caminos, el esquema que se propone para evaluar las colisiones animal-vehículo se muestra a continuación (ver Figura 4.1).



Fuente: Mendoza & Marcos, 2016.

Figura 4.1. Esquema de análisis de colisión animal-vehículo

Se trata de un proceso de evaluación simple para la toma de decisiones, a efectos de encauzar acciones, con base en las estadísticas generadas a partir de WATCH$_{MX}$.

Asimismo, el IMT dispone de información proveniente de diferentes países, donde ya se han implementado medidas encaminadas a contrarrestar las colisiones de vehículos con animales y, a través de los años de implementación y monitoreo, éstas han probado su efectividad. La mayoría de estas medidas buscan evitar que

los animales crucen un camino a nivel o reducir su presencia en el corredor carretero, para lo cual se instalan cercas, barrancos, reflectores y repelentes (olfatorios o acústicos).

Adicionalmente, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Servicios Técnicos, cuenta con el Manual de Diseño de Pasos para Fauna Silvestre en Carreteras, el cual se puede descargar en la siguiente liga:
https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_de_Fauna/ManualPasosparaFauna.pdf

Este documento es una guía para la planeación y diseño de pasos de fauna, con el objetivo de minimizar el impacto que la infraestructura lineal genera en los corredores biológicos del país, mediante la construcción de corredores artificiales que permitan el cruce seguro de la fauna silvestre.

5. Conclusiones

La fragmentación de los ecosistemas, como consecuencia del desarrollo de la infraestructura carretera, es un impacto significativo que afecta la movilidad de la fauna y sus procesos naturales.

Las estadísticas, de los registros de accidentes animal-vehículo, denotan la falta de información sobre este tipo de siniestros, es decir, existe subregistro de estos incidentes carreteros. Esto se debe, principalmente, a que al no existir daños al vehículo o a los ocupantes, los causantes del atropellamiento se retiran del sitio. El cadáver del animal es retirado por el personal responsable del mantenimiento rutinario del camino, el cual solo registra en su bitácora los trabajos realizados, pero no se genera una base de datos específica.

Esta deficiencia de información fue el origen del Observatorio, para que, a través de las tecnologías, con el personal de conservación de las carreteras y la participación de la sociedad en general, se pudiera obtener información del avistamiento de especies o, en su caso, de reportes de especies atropelladas en las carreteras; con el objeto de identificar los puntos críticos y tomar las medidas adecuadas.

WATCH$_{MX}$ será, sin duda, una herramienta vital para conformar una base de datos en pro de la preservación de la fauna mexicana, que con la ayuda invaluable de la sociedad en general y de los encargados de la supervisión rutinaria de las carreteras, aportará información de las especies atropelladas o en movimiento, que se aproximan a las carreteras.

La información sobre la movilidad y la mortalidad de fauna en carreteras será muy significativa, no sólo para conocer el número y el tipo de especies involucradas en los accidentes, sino que también será el insumo base para evaluar las colisiones animal-vehículo, desde una perspectiva que considere aspectos económicos, ecológicos, sociales, técnicos, etc.

Con base en la información recabada a la fecha de este informe, aún no es posible determinar acciones para reducir la mortalidad de especies de fauna silvestre en las carreteras, y aumentar la seguridad vial para los usuarios de la red de caminos.

El uso potencial de WATCH$_{MX}$ sugiere que, a través de fotografías tomadas por los usuarios de la red de carreteras y enviadas al Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras, en México del Instituto Mexicano del Transporte, se podrá integrar un sistema para:

- Monitorear las especies que cruzan o que son atropelladas en las carreteras.

- Identificar los puntos críticos de la red, que ponen en peligro a los usuarios de la red y a especies.
- Generar reportes que faciliten la toma de decisiones en busca de implementar medidas de mitigación.
- Reducir la mortalidad de especies de fauna en las carreteras y preservarlas para el futuro.
- Aumentar la seguridad de las carreteras.

Para que la herramienta WATCH$_{MX}$ pueda resultar efectiva, se requiere de una amplia difusión de la misma al interior del sector transporte, de los usuarios de la red, de las instituciones universitarias y de investigación, así como entre organizaciones no gubernamentales que apoyan este tipo de iniciativas.

Las investigaciones futuras en esta línea de trabajo serán en torno de la generación de reportes sobre movilidad y mortalidad de fauna, en las carreteras del país, para que con base en ellos la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes pueda incluir acciones de mitigación en sus planes de trabajo.

Bibliografía

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] (1998). *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México.

Canales, J., Pérez Ceballosa, R., Zaldívar, A., Gómez Ponce, M., Vázquez Pérez, N., De la Rosa, M.; Potenciano, L. (2020). Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo? *Revista Mexicana de Biodiversidad, 91*, 1-10. e913189. Epub 01 de marzo de 2021. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3189

Diario Oficial de la Federación (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México.

Diario Oficial de la Federación (2021). *Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México.

Federal Highway Agency [FHWA] (2008). *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Making America´s Highways Safer for Drivers and Wildlife*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Washington, DC, USA.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Presenta INEGI la Georreferenciación de Accidentes de Tránsito en Zonas Urbanas.* [Comunicado de Prensa] Núm. 653/21. Ciudad de México, México.

Instituto Mexicano del Transporte [IMT] (2017). *Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras (Observatorio WATCH$_{MX}$)*. Querétaro, México.

Mendoza Sánchez, J. y Marcos, O. (2016). *Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras*. Publicación Técnica No. 454. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México.

Ontario Road Ecology Group (2010). *A Guide to Road Ecology in Ontario, Environment Canada Habitat Stewardship Program for Species at Risk*. [Programa para la Protección de Hábitats, del ministerio Medio Ambiente de Canadá]. Ontario, Canadá.

Organización de las Naciones Unidas (1992). *Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro, Brasil.

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (2021). *Manual para el Diseño de Pasos de Fauna Silvestre en Carreteras*. Dirección de Servicio Técnicos. Ciudad de México, México.

Traffic Injury Research Foundation (2012). *Wildlife-vehicle collisions in Canada: A review of the literature and a compendium of existing data sources*. Ottawa, Canadá.

Transportation Research Board [TRB] (2007). *Animal-Vehicle Collision Data Collection: A synthesis of highway practice*. National Cooperative Highway Research Program. Washington DC, USA.

World Road Association [PIARC] (2012). *Monitoring of environmental impacts of roads*. ISBN 2-84060-245-8. Paris, France.

Ligas de interés:

Observatorio de Movilidad y Mortalidad de Fauna en Carreteras. http://watch.imt.mx/watchmx/inicio

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,
Querétaro, México. C.P. 76703
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610
Fax: +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

http://www.imt.mx/