

Reducción de la contaminación atmosférica en puertos de entrada terrestres: recomendaciones a Canadá, Estados Unidos y México



2016

Citar como:

CCA (2016), *Reducción de las emisiones a la atmósfera en puertos de entrada terrestres: recomendaciones a Canadá, Estados Unidos y México*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 51 pp.

El presente informe fue elaborado por Juan Carlos Villa, David Galicia y Reza Farzenah del Texas A&M Transportation Institute para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. La información que contiene es responsabilidad de los autores y no necesariamente refleja los puntos de vista de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción de este material sin previa autorización, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso no tenga fines comerciales y se cite debidamente la fuente, con el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo "Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada", de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2016

Particularidades de la publicación

Tipo: informe de proyecto

Fecha: enero de 2016

Idioma original: inglés

Procedimientos de revisión y aseguramiento de calidad: Revisión final de las Partes: enero de 2015

QA230

Available in English – Disponible en français (Sommaire de rapport)

Si desea más información sobre ésta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

Comisión para la Cooperación Ambiental

393 rue St-Jacques Ouest, bureau 200

Montreal (Quebec), Canadá, H2Y 1N9

Tel.: 514.350.4300 fax: 514.350.4314

info@cec.org / www.cec.org



Índice

Acrónimos, siglas y abreviaturas.....	iii
Sinopsis	iv
Resumen ejecutivo	v
Introducción	1
1. Proceso de cruce fronterizo en América del Norte	1
1.1 Proceso de cruce fronterizo de vehículos comerciales	2
1.2 Proceso de cruce fronterizo de vehículos particulares.....	4
1.3 Proceso de cruce fronterizo peatonal.....	5
1.4 Volúmenes de cruce fronterizo en América del Norte	5
2. Requerimientos de datos para estimar la calidad del aire en puertos de entrada terrestres.....	8
2.1 Requerimientos de datos generales.....	8
2.2 Simulador de emisiones vehiculares.....	9
3. Análisis de la revisión de la literatura.....	11
3.1 Resumen de la literatura consultada	11
3.2 Revisión de la literatura: resultados y recomendaciones	11
4. Estrategias para reducir las emisiones atmosféricas del transporte	16
4.1 Tecnologías de motores y vehiculares.....	17
4.2 Optimización del sistema o eficiencia de operación.....	18
4.3 Crecimiento inteligente o sustentable.....	18
5. Prácticas idóneas de reducción de las emisiones a la atmósfera en puertos de entrada.....	19
5.1 Reacondicionamiento de vehículos: estrategias para reducir las partículas sólidas en el cruce fronterizo Laredo-Nuevo Laredo.....	20
5.2 Proyecto demostrativo de reducción de las emisiones de motores diésel en San Diego-Tijuana	21
5.3 SmartWay y Transporte Limpio	22
5.4 Iniciativas del estado de Washington y de Columbia Británica para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el puerto de entrada Cascade, programa de reducción del tiempo de marcha en vacío	23
5.5 Programa de reducción del tiempo de marcha en vacío en los puertos	24
5.6 Electrificación de estacionamientos para camiones.....	25
5.7 Programas fronterizos de viajero confiable	25
5.8 Conducción ecológica (<i>eco-driving</i>).....	26
6. Recomendaciones para la difusión de prácticas idóneas en las fronteras de América del Norte.....	27

Apéndice I: Revisión de la literatura sobre estudios de caso relacionados con el impacto de las emisiones vehiculares en la salud humana y el medio ambiente en puertos de entrada terrestres.....	29
1) Fronteras de América del Norte.....	29
a) Vehículos comerciales y transporte ferroviario.....	29
b) Vehículos particulares, vehículos comerciales, autobuses y transporte ferroviario y aéreo.....	30
c) Peatones.....	31
d) Efectos en la comunidad.....	31
2) Frontera Estados Unidos-México.....	32
a) Vehículos particulares, vehículos comerciales y autobuses.....	32
b) Vehículos particulares y vehículos comerciales.....	34
c) Vehículos particulares, vehículos comerciales, autobuses y transporte ferroviario y aéreo.....	35
3) Frontera Estados Unidos-Canadá.....	37
a) Vehículos particulares, vehículos comerciales y autobuses.....	37
b) Vehículos comerciales.....	38
Bibliografía.....	40

Lista de cuadros

Cuadro 1: Resumen de la revisión de literatura.....	12
Cuadro 2: Prácticas idóneas para la reducción de las emisiones a la atmósfera.....	20
Cuadro 3: Hallazgos y recomendaciones de la iniciativa <i>Greening Transportation at the Border</i> de la FHWA.....	31

Lista de gráficas

Gráfica 1: Ubicación de PDE terrestres de América del Norte (excepto PDE en la frontera Alaska-Canadá).....	2
Gráfica 2: Proceso de cruce fronterizo de un vehículo comercial proveniente de México con destino a Estados Unidos.....	3
Gráfica 3: Cruces de vehículos comerciales (a) y de vehículos privados (b) desde Canadá y México a Estados Unidos.....	6
Gráfica 4: Porcentaje de cruces de vehículos comerciales a Estados Unidos, por PDE, en a) la frontera Canadá-EU (excepto PDE en la frontera Alaska-Canadá) y b) la frontera EU-México, datos de 2012.....	7
Gráfica 5: Número de cruces de vehículos particulares a Estados Unidos en los PDE más concurridos: a) frontera Canadá-EU y b) frontera EU-México, datos de 2012.....	8
Gráfica 6: Pirámide de estrategias de reducción de las emisiones de GEI.....	17

Acrónimos, siglas y abreviaturas

ACAAN	Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte
Aduanas	Servicio de Administración Tributaria (México)
BESTUFS	Red temática de la Unión Europea sobre prácticas óptimas de transporte urbano de mercancías (del inglés: <i>BEST Urban Freight Solutions</i>)
CBP	Dirección de Aduanas y Protección Fronteriza de Estados Unidos (<i>US Customs and Border Protection</i>)
CBSA	Agencia de Servicios Fronterizos de Canadá (<i>Canada Border Services Agency</i>)
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CE	carbono elemental
CH ₄	metano
CN	carbono negro
CO	monóxido de carbono
CO ₂	dióxido de carbono
CO ₂ e	equivalente de dióxido de carbono atmosférico
Cocef	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
COV	compuestos orgánicos volátiles
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (<i>US Environmental Protection Agency</i>)
EU	Estados Unidos
FAST	programa de tránsito para el comercio libre y seguro de embarques de bajo riesgo (del inglés: <i>Free and Secure Trade</i>)
FHWA	Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (<i>Federal Highway Administration</i>)
FRATIS	Programa de sistemas avanzados de información a viajeros operadores de carga (del inglés: <i>Freight Advanced Traveler Information Systems</i>)
GEI	gas de efecto invernadero
GPS	sistema de posicionamiento global (por sus siglas en inglés)
HAP	hidrocarburo aromático policíclico
HAPN	hidrocarburo aromático policíclico nitrogenado
HC	hidrocarburo
HCT	hidrocarburos gaseosos totales
ITS	sistemas inteligentes de transporte (del inglés: <i>intelligent transportation systems</i>)
KRV	kilómetros recorridos por vehículo
manifiesto-e	manifiesto electrónico
MOVES	modelo simulador de emisiones vehiculares (del inglés: <i>Motor Vehicle Emission Simulator</i>)
MSAT	sustancias tóxicas emitidas a la atmósfera por fuentes móviles (en inglés: <i>mobile-source air toxics</i>)
N ₂ O	óxido nitroso
NO _x	óxidos de nitrógeno
NY DEC	Departamento de Conservación Ambiental del Estado de Nueva York (<i>New York State Department of Environmental Conservation</i>)
PDE	puerto de entrada
PM ₁₀	partículas de materia fina, con diámetro inferior a 10 micrómetros (µm)
PM _{2.5}	partículas de materia fina, con diámetro inferior a 2.5 micrómetros (µm)
PS	partículas suspendidas
PUF	partículas ultrafinas
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (de México)
SENTRI	Red Electrónica Segura para la Inspección Rápida de Viajeros (<i>Secure Electronic Network for Travelers Rapid Inspection</i>)
SO ₂	dióxido de azufre
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TTI	Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M (<i>Texas A&M Transportation Institute</i>)
VC	vehículo comercial
VP	vehículo particular
VSP	potencia específica vehicular (del inglés: <i>vehicle-specific power</i>)

Sinopsis

El aumento del número de camiones que transitan con sus mercancías por los puertos de entrada (PDE) terrestres de América del Norte afecta la calidad del aire de las poblaciones fronterizas y zonas aledañas. En su Plan Operativo 2013-2014, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) apoyó la investigación y el desarrollo de opciones viables e integradas para poner en práctica mecanismos para reducir las emisiones vehiculares en PDE terrestres seleccionados. Como parte del proyecto *Mitigación del impacto ambiental del transporte en los puertos de entrada terrestres de América del Norte*, este informe revisa el trabajo previo relacionado con las emisiones a la atmósfera en PDE terrestres en las fronteras Canadá-Estados Unidos y Estados Unidos-México, clasificado por modo de transporte, región geográfica, contaminantes analizados y metodología seguida. El informe también destaca las diversas estrategias que reducen las emisiones a la atmósfera del transporte en general y analiza su factibilidad de aplicación a los PDE terrestres, y además da ejemplos específicos de intervenciones implementadas o recomendadas para reducir las emisiones a la atmósfera del sector transporte en dichos puertos. El informe cierra con recomendaciones para difundir prácticas idóneas sobre el tema de las emisiones a la atmósfera en las fronteras de América del Norte.

Resumen ejecutivo

El aumento del número de camiones que transitan con sus mercancías por los puertos de entrada (PDE) terrestres de América del Norte afecta la calidad del aire de las poblaciones fronterizas y zonas aledañas. En su Plan Operativo 2013-2014, como parte del proyecto *Mitigación del impacto ambiental del transporte en los puertos de entrada terrestres de América del Norte*, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) apoyó la investigación y el desarrollo de opciones viables e integradas para poner en práctica mecanismos para reducir las emisiones vehiculares en PDE terrestres seleccionados.

El paso de vehículos comerciales y particulares por las fronteras crea retos ambientales en algunos de los principales PDE terrestres de América del Norte. El presente informe revisa el trabajo previo relacionado con las emisiones a la atmósfera en PDE terrestres en las fronteras Canadá-Estados Unidos (Canadá-EU) y Estados Unidos-México (EU-México) y describe diversas estrategias de reducción de las emisiones a la atmósfera del sector transporte de las que se puede partir para identificar prácticas idóneas puestas en marcha en el subcontinente y en otros lugares para mejorar la calidad del aire y el flujo de transporte en PDE terrestres.

La revisión de la literatura incluye estudios de caso clasificados por modo de transporte, región geográfica, contaminantes analizados y metodología seguida, en su caso. Dicha revisión arrojó los siguientes resultados destacables:

- La mayoría de los estudios sobre emisiones de los últimos diez años se hicieron en la frontera EU-México, lo que no resulta raro si consideramos que la frontera entre ambos países tiene una tasa de crecimiento en volumen de tráfico más alta que la frontera Canadá-EU y también más problemas de congestión porque las inspecciones que ahí se realizan son más estrictas.
- MOBILE 6.2, de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (*US Environmental Protection Agency*, EPA), fue el modelo oficial empleado hasta diciembre de 2012, de ahí que esta herramienta resultó la más utilizada para analizar las emisiones vehiculares en PDE terrestres. Canadá y México siguen metodologías similares con herramientas adaptadas a las respectivas condiciones de cada país.
- Es más difícil integrar y recabar datos en el lado mexicano de los PDE, y esto afecta la medición apropiada de las emisiones vehiculares.

El informe describe además ocho prácticas idóneas o recomendaciones para reducir las emisiones a la atmósfera, clasificadas como tecnologías vehiculares y optimización del sistema o eficiencias de operación. El siguiente cuadro describe el estado de su implementación, el entorno y el tipo de vehículo asociado a cada práctica.

Tipo de estrategia	Práctica idónea	Estado	Entorno	Tipo de vehículo
Tecnologías de motores y vehiculares	Reacondicionamiento: estrategias para reducir las partículas suspendidas en el cruce fronterizo Laredo-Nuevo Laredo	Recomendación	Frontera	Camiones
	Reacondicionamiento: proyecto demostrativo de reducción de las emisiones de motores diésel en San Diego-Tijuana	Puesta a prueba	Frontera	Camiones
	SmartWay y Transporte Limpio	Implementada y en operación	Transporte urbano y de carga de largas distancias	Camiones

*Reducción de las emisiones a la atmósfera en puertos de entrada terrestres:
recomendaciones a Canadá, Estados Unidos y México*

Optimización del sistema o eficiencias de operación	Iniciativas del estado de Washington y de Columbia Británica para reducir las emisiones de GEI en el puerto de entrada Cascade, programa de reducción del tiempo de marcha en vacío	Puesta a prueba	Frontera	Camiones y vehículos ligeros
	Programa de reducción del tiempo de marcha en vacío en puertos	En operación	Transbordo portuario	Camiones
	Electrificación de estacionamientos para camiones	Implementada y en operación	Transporte urbano y de carga de largas distancias	Camiones
	Programas fronterizos de viajero confiable	Implementada y en operación	Frontera	Camiones y vehículos ligeros
	Conducción ecológica (<i>Eco-driving</i>)	Puesta a prueba	Frontera	Principalmente camiones

Este informe también contiene recomendaciones para difundir prácticas idóneas de reducción de las emisiones a la atmósfera en las fronteras de América del Norte, como la aplicación en el subcontinente, con liderazgo de la CCA, del modelo BEST Urban Freight Solutions (BESTUFS), red internacional de información relacionada con PDE utilizada por la Unión Europea.

Introducción

En 2013-2014, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) apoyó el trabajo relacionado con la reducción de las emisiones vehiculares a la atmósfera en puertos de entrada (PDE) terrestres como parte de su objetivo estratégico Sustentabilidad ambiental de la economía de América del Norte. Este informe resume el trabajo realizado como parte del proyecto *Mitigación del impacto ambiental del transporte en los puertos de entrada terrestres de América del Norte*, cuyo objetivo es investigar y generar opciones viables e integradas para la instrumentación de mecanismos eficaces para reducir las emisiones vehiculares en PDE seleccionados.

El primer producto de esta actividad es la revisión y el resumen de todo el trabajo relacionado con las emisiones a la atmósfera en PDE en las fronteras entre Canadá y Estados Unidos (Canadá-EU) y México y Estados Unidos (EU-México), así como de las prácticas idóneas seguidas en América del Norte y otros lugares para mejorar la calidad del aire, el flujo del transporte y la salud de individuos y poblaciones a lo largo de la frontera. También se identificaron los PDE de cada frontera que se podrían usar como proyectos de demostración, al igual que las fuentes de datos de calidad del aire en PDE de EU-México y Canadá-EU o cercanos a ellos. El segundo producto incluye una descripción de las prácticas idóneas puestas en práctica en América del Norte y otros lugares para reducir las emisiones a la atmósfera y mejorar el flujo del transporte y la salud de la población en PDE terrestres.

Este informe se organizó en siete apartados, a saber: 1) descripción del proceso internacional de cruce fronterizo en América del Norte; 2) requerimientos de datos para medir las emisiones a la atmósfera en PDE terrestres; 3) resultados de la revisión de la literatura; 4) recomendaciones sobre posibles medidas y PDE seleccionados para más análisis; 5) descripción de diversas estrategias para reducir las emisiones a la atmósfera generadas por el transporte; 6) varios estudios de caso de prácticas idóneas para reducir las emisiones a la atmósfera, y 7) un conjunto de recomendaciones para difundir las prácticas idóneas identificadas en las fronteras de América del Norte. La revisión completa de la literatura se puede consultar en el apéndice I.

1. Proceso de cruce fronterizo en América del Norte

El cruce fronterizo en PDE terrestres de América del Norte constituye un proceso en el que intervienen varios participantes, en ocasiones con objetivos diferentes (véase en la gráfica 1 la ubicación de PDE terrestres). El cruce de vehículos comerciales (VC) es todavía más complicado que el de vehículos particulares (VP) porque implica coordinación e interacción de participantes de los sectores público y privado y de dos países diferentes. Los participantes del sector público son las diversas dependencias federales y autoridades estatales o provinciales y locales, en tanto que los del sector privado son los consignadores, transportistas, agentes aduanales y terceros proveedores de logística. En el cruce de VP entre dos países generalmente sólo intervienen las dependencias migratorias y aduanales y las autoridades locales.

La interacción entre participantes, en particular en los procesos de revisión de seguridad, crea demoras y congestión vehicular, y por tanto incremento de las emisiones en los PDE. En este apartado se describen los procesos de cruce de VC y VP por las fronteras terrestres de EU-México y Canadá-EU.

Gráfica 1: Ubicación de PDE terrestres de América del Norte (excepto PDE en la frontera Alaska-Canadá)



Simbología: ● indica un puerto fronterizo

Fuente: US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration, Bureau of Transportation Statistics, Border Crossing/Entry Data; based on data from US Department of Homeland Security, Customs and Border Protection, OMR database.

Nota: Los PDE mostrados son designados por la Dirección de Aduanas y Protección Fronteriza de Estados Unidos (*US Customs and Border Protection*). Un PDE puede incluir más de un cruce.

1.1 Proceso de cruce fronterizo de vehículos comerciales¹

El paso por la frontera EU-México de vehículos comerciales que transportan carga hacia Estados Unidos es más complicado que el paso por la frontera Canadá-EU. El cruce entre Estados Unidos y México se describe primero para contrastarlo con el cruce entre Canadá y Estados Unidos.

Antes de ingresar a Estados Unidos desde México por un PDE terrestre, los transportistas deben enviar un manifiesto electrónico (manifiesto-e) al sistema *Automated Commercial Environment* de la Dirección de Aduanas y Protección Fronteriza (CBP, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos en el caso de embarques internacionales por camión. Los manifiestos deben presentarse por lo menos 30 minutos antes de la hora estimada de llegada tratándose de embarques dentro del programa FAST (del inglés: *Free and Secure Trade* [comercio libre y seguro]) y 60 minutos antes de la hora estimada de llegada para todos los demás embarques. El manifiesto-e permite a la CBP revisar con anticipación la información del consignatario, transportista, conductor, transporte, equipo y embarque antes de la llegada del camión a la frontera; de esta manera, la CBP podrá concentrar sus esfuerzos en los cruces de alto riesgo y reducir al mínimo las demoras innecesarias para los cruces de bajo riesgo.

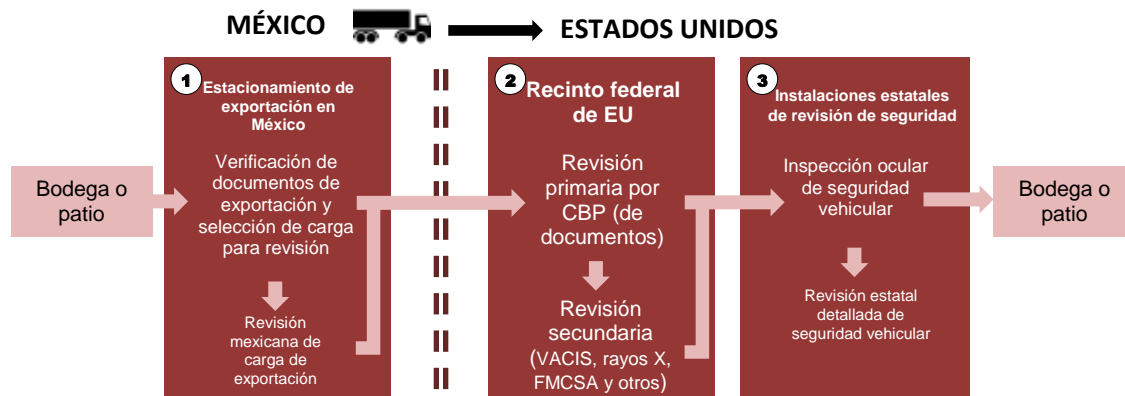
¹ Gran parte del material contenido en los incisos 1.1, 1.2 y 1.3 se tomó de R. Rajat, J. Villa, R. Macías y W. Tate (2012).

Una vez presentado el manifiesto-e en la frontera EU-México, el conductor del vehículo se dirige, con la documentación requerida, al recinto de Aduanas del Servicio de Administración Tributaria en el PDE (véase la gráfica 2, paso 1). Para efectos de comprobación e intercepción, el personal de Aduanas realiza inspecciones que constan de la revisión física aleatoria de embarques de salida antes de la exportación.

Después de pasar la inspección de Aduanas, los camiones se dirigen a la frontera hacia la caseta de inspección primaria de la CBP; ahí los conductores presentan documentación de identificación y embarque a los funcionarios de dicha dependencia (véase la gráfica 2, paso 2), quienes usan terminales de computadora para cotejar la información básica sobre el conductor, el vehículo y la carga con la información enviada previamente por el transportista en el manifiesto-e. Luego de esto los funcionarios de la CBP deciden si remiten camiones, conductores o carga a una inspección secundaria más detallada de todos o cualquiera de estos elementos, o si permiten a los camiones pasar a la puerta de salida. Dentro del recinto federal se encuentran otras autoridades federales estadounidenses, como las de transporte y de agricultura, que también podrían practicar inspecciones en caso necesario.

Al salir del recinto federal de Estados Unidos, los camiones ingresan a las instalaciones de revisión de seguridad del estado, que normalmente se ubican junto al recinto federal (véase la gráfica 2, paso 3). Normalmente, la dependencia de seguridad del estado revisa los camiones para determinar si cumplen con las normas y reglamentos de seguridad de Estados Unidos. Si en la inspección ocular inicial se detectan infracciones a la seguridad o la normatividad, se ordena a los camiones someterse a una revisión secundaria más detallada en un recinto especial. Al salir de las instalaciones estatales, lo más común es que los camiones se dirijan al patio del expedidor de carga o del agente aduanal a dejar el remolque para que después lo recoja un tractor para distancias largas y lo lleve a su destino final. Este proceso se ilustra en la Gráfica 2.

Gráfica 2: Proceso de cruce fronterizo de un vehículo comercial proveniente de México con destino a Estados Unidos



Fuente: Villa (2006).

Para la exportación de mercancías de Estados Unidos a México es necesario presentar documentos de importación a Aduanas; este trámite normalmente lo realiza un agente aduanal mexicano, quien presenta la documentación con las fracciones arancelarias correspondientes y, de ser necesario, paga los impuestos de importación. El conductor del camión porta una copia de la documentación por si acaso se la solicitan las autoridades en la frontera. Una vez que el camión llega a la caseta, sólo hay una garita de inspección en Aduanas. El proceso en México es un mecanismo de selección aleatoria de luz roja y luz verde; si el mecanismo indica luz roja, el VC cargado se remite a revisión secundaria. Los vehículos vacíos cruzan

sin necesidad de detenerse en las casetas de Aduanas. Un algoritmo de Aduanas determina los riesgos relativos y si es necesario enviar un VC a revisión secundaria. Esta probabilidad se procesa cuando el vehículo es detectado y se activa el mecanismo.

En algunos cruces fronterizos, la CBP comenzó hace poco a hacer revisiones manuales aleatorias en el lado estadounidense de la frontera de los VC que cruzan a México, en búsqueda de embarques ilegales de dinero y armas. La infraestructura actual de dichos cruces no está diseñada para hacer inspecciones de carga en dirección al sur y esto ha generado congestionamiento en el PDE e instalaciones cercanas.

Los VC provenientes de Canadá y con rumbo a Estados Unidos también deben presentar el manifiesto-e a la CBP antes de la llegada de los embarques a la frontera Canadá-EU. La diferencia entre los procesos de cruce fronterizo en el sur y el norte de Estados Unidos es que en la frontera norte no se hacen revisiones de seguridad vehicular y la Agencia de Servicios Fronterizos de Canadá (*Canada Border Services Agency*, CBSA) no revisa los productos de exportación.

El proceso de exportación de Estados Unidos a Canadá también prevé la posible inspección de las mercancías en las instalaciones de la CBSA. La Agencia ha propuesto reglamentos para exigir a todos los camiones que introducen carga a Canadá que presenten información anticipada de traslado y embarque a través de un manifiesto-e. La presentación de manifiestos-e voluntarios se inició en octubre de 2012 y la CBSA estima que más de 95 por ciento de los transportistas transfronterizos ya están usando el sistema (*International Trade Compliance Strategies*, 2014).

1.2 Proceso de cruce fronterizo de vehículos particulares

Los vehículos de pasajeros que ingresan a Estados Unidos desde México o Canadá se encaminan al recinto federal de Estados Unidos en donde son sometidos a revisión primaria y en ocasiones secundaria. En las casetas de revisión primaria, funcionarios de CBP deben pedir a los conductores que presenten la documentación pertinente (visa, comprobante de ciudadanía estadounidense o tarjeta de residente permanente de Estados Unidos) y declaren el motivo de su visita al país. En caso necesario, los vehículos son remitidos a revisión secundaria, en donde se hace una investigación minuciosa de la identidad de las personas que desean ingresar a Estados Unidos, así como del motivo de su visita. En esta etapa las personas pagarían impuestos por los artículos que en su caso declaren. Concluido el trámite, se otorga o niega el ingreso a Estados Unidos.

De manera similar al programa FAST para vehículos comerciales, en la frontera EU-México y en la frontera Canadá-EU se pusieron en práctica los programas para viajeros confiables Red Electrónica Segura para la Inspección Rápida de Viajeros (*Secure Electronic Network for Travelers Rapid Inspection*, SENTRI) y NEXUS, respectivamente, que agilizan el trámite a viajeros preaprobados de bajo riesgo en las fronteras de Estados Unidos con Canadá y México. Los solicitantes deben someterse voluntariamente a un cotejo minucioso de sus datos personales contra índices penales, de aplicación de la ley, aduanales, de migración y terrorismo y a una revisión de las diez huellas digitales y acudir a una entrevista personal con un funcionario de CBP. Si se aprueba al solicitante, se le expide una tarjeta o documento con identificación de radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) que identificará sus registros y su estatus en la base de datos de CBP a la llegada al cruce fronterizo. Al momento en que un viajero internacional aprobado se aproxima a la frontera en los carriles destinados a los programas SENTRI o NEXUS, el sistema automáticamente identifica el vehículo y la identidad de sus ocupantes leyendo el número de expediente en la tarjeta o documento con identificación de radio frecuencia. Los participantes en estos programas están sujetos a tiempos de espera para ingresar a Estados Unidos mucho más cortos que los de carriles normales.

Los VP que cruzan de Estados Unidos a México no necesitan presentar documentos en forma anticipada y sólo hay una garita de inspección en Aduanas. El proceso en la frontera EU-México es un mecanismo de selección aleatoria de luz roja y luz verde; si el mecanismo indica luz roja, el vehículo de pasajeros de que

se trate es remitido a revisión secundaria. Un algoritmo de Aduanas determina los riesgos relativos y si es necesario enviar un vehículo de pasajeros a revisión secundaria. Esta probabilidad se procesa cuando el vehículo es detectado y se activa el mecanismo. Aduanas también instaló lectores automáticos de placas para verificar placas individuales y detectar infractores con antecedentes penales.

En el lado estadounidense de la frontera EU-México, la CBP comenzó recientemente a hacer revisiones manuales aleatorias de los VP que cruzan a México, en búsqueda de embarques ilegales de dinero y armas. Los PDE no están diseñados para hacer inspecciones de vehículos en dirección al sur y esto ha generado congestión.

Para ingresar a Estados Unidos por vía terrestre y marítima, los ciudadanos estadounidenses deben presentar ya sea un pasaporte estadounidense, tarjeta pasaporte, tarjeta NEXUS, licencia de conducir ampliada u otro documento que cumpla con la Iniciativa sobre Viajes del Hemisferio Occidental (*Western Hemisphere Travel Initiative*). Los únicos exentos de este requisito son los ciudadanos estadounidenses menores de 16 años (o menores de 19 años si viajan en un grupo escolar, religioso u otro grupo juvenil), quienes sólo necesitan presentar acta de nacimiento, informe consular de nacimiento en el extranjero o carta de naturalización.

Los VP que cruzan de Estados Unidos a Canadá sólo pasan por una garita de revisión en el recinto de la CBSA y el proceso es muy similar al que se realiza al ingresar desde Canadá a Estados Unidos. En la caseta de inspección primaria, un funcionario de CBSA solicita la exhibición del pasaporte y de una visa válida. Los ciudadanos de Estados Unidos no necesitan pasaporte para ingresar a Canadá; sin embargo, sí se requiere comprobante de ciudadanía, como acta de nacimiento, certificado de ciudadanía o naturalización o acreditación de calidad indígena, y una identificación con fotografía. Los PDE de Canadá-EU tienen carriles NEXUS que funcionan de manera similar a los carriles que van a Estados Unidos, reduciendo los tiempos de espera de los usuarios registrados.

1.3 Proceso de cruce fronterizo peatonal

Los peatones que desean ingresar a Estados Unidos desde México se encaminan directamente al recinto federal de Estados Unidos, en donde son sometidos a una revisión primaria y en ocasiones secundaria. En la garita de revisión, funcionarios de CBP deben pedir a las personas que desean ingresar al país que presenten la documentación pertinente, como visa, permiso de residencia o pasaporte, y que declaren el motivo de su visita a Estados Unidos. La gran mayoría de ciudadanos mexicanos que atraviesan cruces fronterizos terrestres para ingresar a Estados Unidos cuentan con tarjetas de cruce fronterizo. Estas tarjetas se pueden emitir en forma de tarjeta plastificada, con gráficos y tecnología mejoradas y de tamaño similar a una tarjeta de crédito, o de visa. Las tarjetas de cruce fronterizo y las visas son válidas para viajar hasta la fecha de expiración que aparece en el frente del documento, generalmente diez años después de la expedición. Los ciudadanos estadounidenses y residentes permanentes legales deben portar pasaportes estadounidenses, “tarjetas verdes” o tarjetas del programa *Global Entry* para ingresar a Estados Unidos por los cruces fronterizos terrestres. En algunos PDE y durante periodos de alta demanda, los peatones que tratan de cruzar a Estados Unidos tienen que permanecer de pie junto a vehículos formados con el motor encendido que esperan para pasar a dicho país.

Los peatones que se dirigen a México y que han declarado ser ciudadanos mexicanos no son revisados en ninguno de los dos lados de la frontera, pero los no mexicanos deben mostrar su visa en la oficina de migración de México. Es poco frecuente que se formen largas filas de peatones para cruzar a México.

1.4 Volúmenes de cruce fronterizo en América del Norte

En 2012, más de 95.5 millones de VP y 10.5 millones de VC cruzaron la frontera de Canadá y México hacia Estados Unidos. En el periodo de 1995 a 2012, el número de vehículos comerciales que cruzaron de México a Estados Unidos registró un crecimiento de 78 por ciento, 58 por ciento del cual ya se había

alcanzado en 1999, mientras que el incremento de los VC que cruzaron de Canadá a Estados Unidos fue más modesto (10 por ciento), como se muestra en la Gráfica 3a. El tránsito transfronterizo de VP mostró ligeras fluctuaciones entre 1995 y 2012, alcanzando su punto máximo en 2000 con cerca de 130 millones de cruces a Estados Unidos desde Canadá y México. A partir de 1995, el número de VP que cruzó de México a Estados Unidos duplicó en promedio el número de los que cruzaron desde Canadá, como se muestra en la Gráfica 3b.

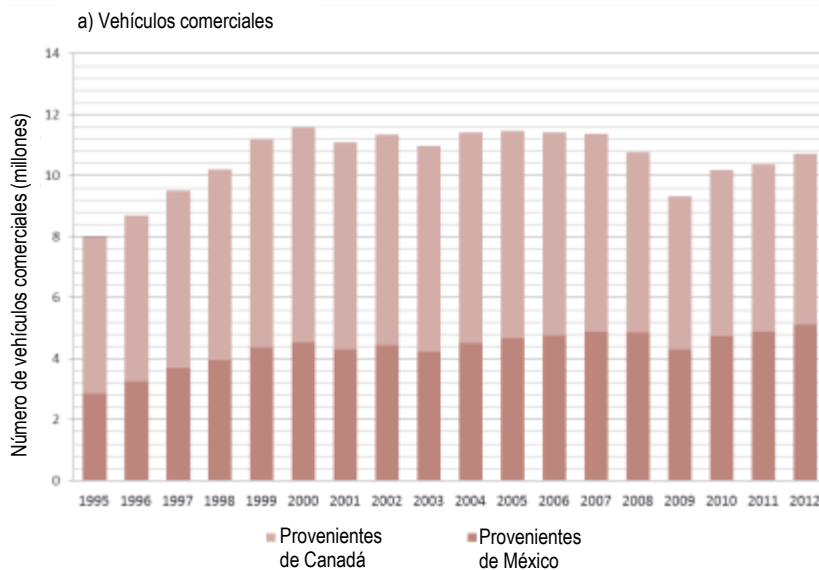
Los datos también muestran que 79 PDE internacionales procesaron camiones en la frontera Canadá-EU, pero que siete de ellos procesaron tres cuartas partes de los cruces totales a Estados Unidos (véase la gráfica 4a). En la frontera EU-México la concentración es todavía mayor, ya que cuatro cruces concentran tres cuartas partes del tráfico comercial total (véase la gráfica 4b).

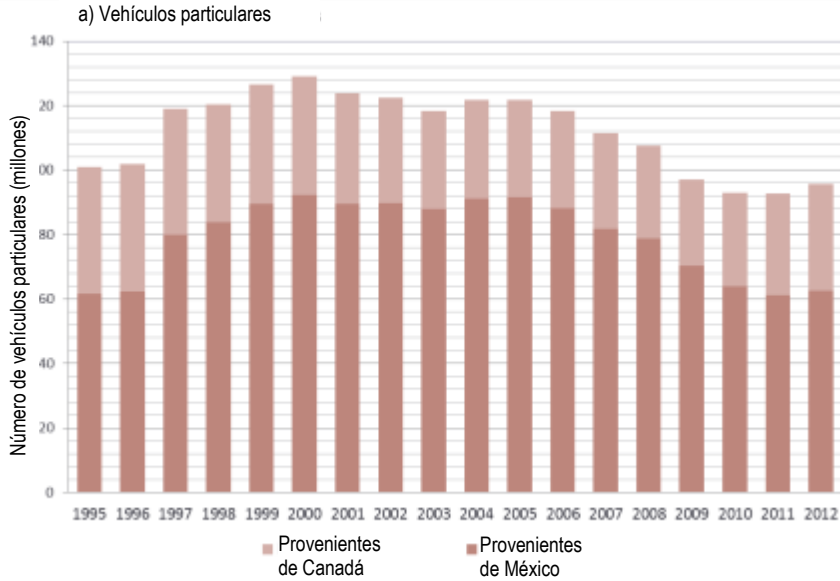
La concentración de cruces de VP a Estados Unidos es similar, ya que doce PDE concentran tres cuartas partes de los cruces totales en la frontera Canadá-EU y doce PDE concentran 90 por ciento de los cruces totales en la frontera EU-México (véase la Gráfica 5).

Las consecuencias de esta concentración de VP y VC en unos pocos PDE son que a pesar de la amplia infraestructura que se tiene a lo largo de las fronteras de América del Norte, son unos cuantos PDE los que manejan la mayor parte del tráfico, lo que crea congestión y demoras. Las demoras vehiculares en la mayoría de los casos generan emisiones adicionales que afectan las regiones de los dos países en donde se asientan los PDE. Los tiempos de cruce fronterizo y de espera varían de un cruce a otro, pero en los PDE de vehículos comerciales más congestionados se han reportado tiempos de cruce de hasta cuatro horas, en tanto que los tiempos de cruce para VP pueden ser de hasta dos horas.

Dependencias federales y locales de América del Norte están empleando tecnología para medir regular y sistemáticamente los volúmenes y tiempos de espera en los cruces fronterizos. Los datos de tiempos de espera darán a los responsables de la toma de decisiones información confiable para identificar soluciones y reducir esos tiempos.

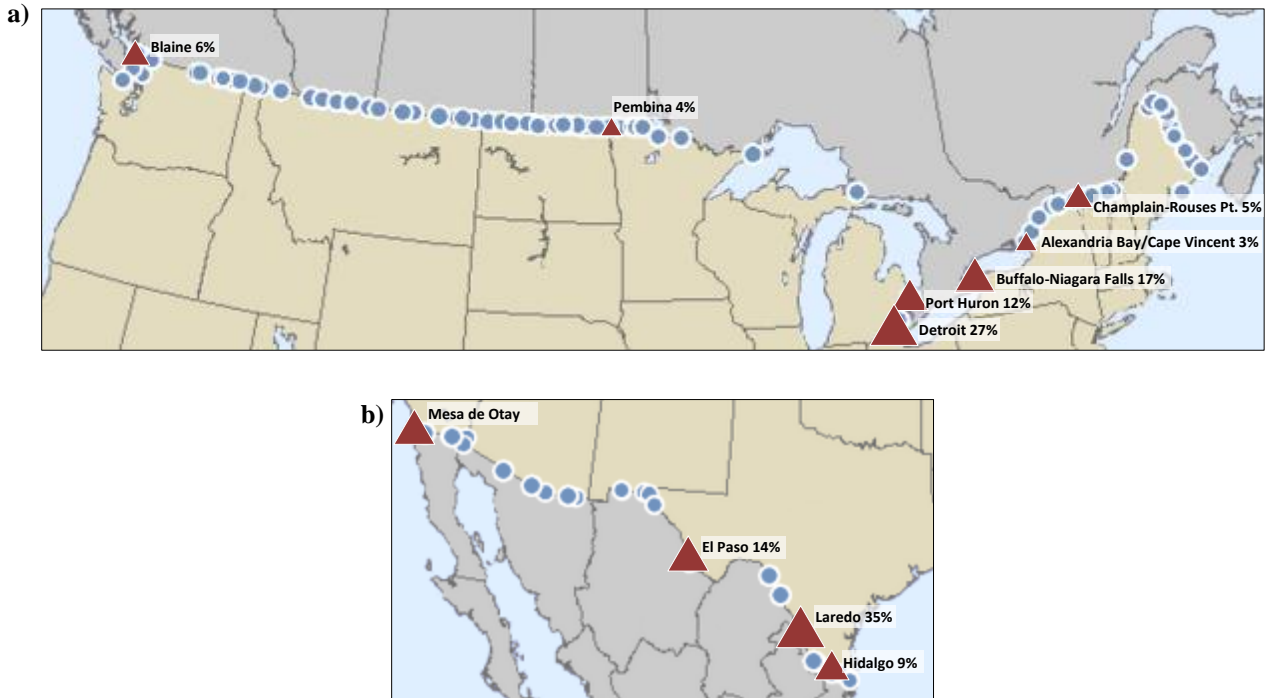
Gráfica 3: Cruces de vehículos comerciales (a) y de vehículos privados (b) desde Canadá y México a Estados Unidos.





Fuente: US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, TransBorder Freight Data.

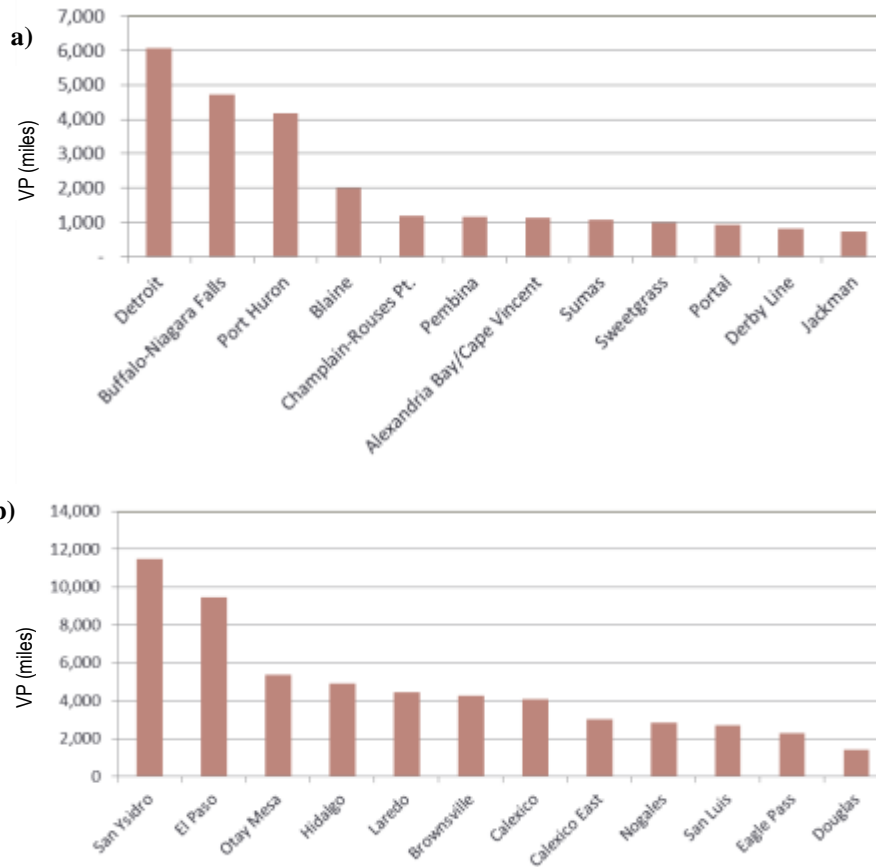
Gráfica 4: Porcentaje de cruces de vehículos comerciales a Estados Unidos, por PDE, en a) la frontera Canadá-EU (excepto PDE en la frontera Alaska-Canadá) y b) la frontera EU-México, datos de 2012



Nota: Los PDE mostrados son designados por la Dirección de Aduanas y Protección Fronteriza de Estados Unidos. Un PDE puede tener más de un cruce.

Fuente: US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, TransBorder Freight Data, 2012.

Gráfica 5: Número de cruces de vehículos particulares a Estados Unidos en los PDE más concurridos: a) frontera Canadá-EU y b) frontera EU-México, datos de 2012



Nota: Los PDE mostrados son designados por la Dirección de Aduanas y Protección Fronteriza de Estados Unidos. Un PDE puede tener más de un cruce.

Fuente: US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, TransBorder Freight Data, 2012.

2. Requerimientos de datos para estimar la calidad del aire en puertos de entrada terrestres

2.1 Requerimientos de datos generales

La medición de las emisiones vehiculares se basa en dos elementos principales: el volumen de actividad vehicular por unidad de tiempo o distancia y los factores de emisiones en términos de masa por tiempo o distancia. Estos dos elementos se estiman a partir de diversos parámetros de entrada como características de la flota, clasificación y categoría de la carretera, formulación y participación de mercado del combustible y meteorología.

Las características de la flota vehicular son parámetros de entrada muy importantes y se determinan con la marca y el modelo de los vehículos que operan en el área objeto de examen. En regiones fronterizas, la información de características de la flota es difícil de estimar si los datos de registro vehicular no están actualizados o no existe información de campo confiable. Incluso si se siguen prácticas correctas de

mantenimiento de registros, es necesario comparar los registros de los dos condados vecinos para estimar la flotilla vehicular que opera en la región fronteriza objeto de análisis. Las características de los vehículos que realizan cruces fronterizos podrían ser diferentes a los de la flotilla vehicular promedio de ambos países; por ejemplo, los vehículos de transbordo fronterizo tienden a ser más viejos que la flotilla promedio, de ahí que se recomienden los datos locales.

En Estados Unidos y Canadá, la actividad vehicular normalmente se obtiene de modelos de demanda de desplazamiento locales. Los modelos producen estimaciones de kilómetros recorridos por vehículo (KRV) en varios segmentos o enlaces carreteros. Para áreas urbanas que no cuentan con modelos de demanda de desplazamiento en Estados Unidos, se usan datos del sistema de monitoreo de desempeño carretero (*Highway Performance Monitoring System*) para determinar los KRV por hora por tipo de carretera para cada condado. Es común que las regiones fronterizas mexicanas no cuenten con dichos modelos, por lo que es difícil estimar los KRV en el lado mexicano de la frontera. La actividad vehicular se podría estimar con base en conteos en carreteras y cuestionarios específicos de origen y destino.

Los factores de emisiones se estiman por tipo de vehículo y para diferentes contaminantes. Las tasas de emisiones de Estados Unidos se calculan con el modelo simulador de emisiones vehiculares (MOVES, por sus siglas en inglés) de la EPA. Dichas tasas se formulan por separado por autopista y enlaces arteriales y se comparan con los KRV por hora, con base en la velocidad de operación por hora promedio. Los datos de entrada para el sistema de modelización MOVES incluyen formulación y participación de mercado del combustible local, temperatura y humedad por hora e inspección y mantenimiento con base en datos observados localmente a partir de periodos de tiempo específicos. Esto produce una caracterización más exacta de las emisiones por los días elegidos para la modelización. En el siguiente apartado se presenta una breve descripción del modelo MOVES.

2.2 Simulador de emisiones vehiculares

La EPA creó un sistema de modelización de emisiones denominado MOVES para estimar las emisiones de fuentes móviles, como automóviles, camiones y motocicletas. El sistema MOVES fue lanzado en 2009 en sustitución de MOBILE6.2, el modelo anterior de la Agencia para fuentes móviles carreteras. En comparación con el modelo anterior, MOVES incorpora un enfoque de modelización más sofisticado que utiliza nuevos datos de pruebas de emisiones, cambios en tecnología y normatividad vehicular y conocimiento más profundo de los niveles de emisiones en uso. Además, el marco de software también incluye muchas características nuevas y es más flexible en cuanto a las opciones de entrada y salida que MOBILE6.2. La versión actual, MOVES 2010b, fue lanzada en junio de 2012.

El modelo MOVES es el que ahora se debe usar en todos los nuevos análisis de emisiones regionales para verificar la conformidad del transporte y en los análisis de puntos críticos a escala de proyecto. Las nuevas opciones de alimentación de MOVES y los cambios en la forma de manejo de la información existente por el sistema exige que el usuario cree información local para producir un análisis exacto (EPA, 2009b). Los usuarios del modelo especifican tipos de vehículo, periodos, áreas geográficas, contaminantes, características de operación de los vehículos y tipos de vialidades que se están modelando. MOVES también incorpora estimaciones de consumo de energía. El modelo fue creado para trabajar con bases de datos, facilitando la incorporación al mismo de datos nuevos y más actualizados. La base de datos por omisión resume la información de las emisiones de todo Estados Unidos y se conformó a partir de estudios de investigación de la EPA, de encuestas vehiculares de la Oficina del Censo (*Census Bureau*), datos de recorrido de la Administración Federal de Carreteras (*Federal Highway Administration*, FHWA) y otras fuentes federales, estatales, locales y de los sectores industrial y académico.

Antes de usar el modelo, el usuario debe preparar las especificaciones de ejecución para definir lugar, hora o fecha, vehículo, vialidad, combustible, proceso de generación de emisiones y parámetros de contaminantes. Estas especificaciones se describen de la siguiente manera:

- *Lugar*: Las opciones de selección son país, estado y condado.
- *Hora o fecha*: El tiempo se puede agregar por hora (por omisión), día, mes o año.
- *Vehículo*: Los tipos de fuentes móviles son motocicleta, vehículo de pasajeros, camión de pasajeros, camión comercial, autobús (interurbano, urbano y escolar) y camión de carga (para distancias cortas y largas).
- *Tipo de vialidad*: El usuario puede seleccionar de una lista de tipos de vialidades incluidos en la base de datos que representan conducción urbana y rural en caminos con acceso vehicular restringido y no restringido.
- *Contaminantes*: El usuario puede seleccionar de una lista de contaminantes, como hidrocarburos gaseosos totales (HCT), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas sólidas (PS) de sulfato, partículas del desgaste de llantas y frenos de menos de 2.5 o 10 µm de diámetro (PM_{2.5} y PM₁₀), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂) atmosférico y el CO₂ equivalente del CO₂ combinado con N₂O y CH₄ (CO₂e).
- *Procesos*: Se refieren a los mecanismos generadores de emisiones, como permeación por evaporación, desahogo de vapores de combustible por evaporación y fugas de combustible por evaporación.

La configuración flexible del sistema MOVES, basada en una estructura centrada en una base de datos, brinda a los usuarios más flexibilidad para controlar los parámetros locales. Y más importante aún, el modelo no especifica una codificación fija para los patrones de manejo que representan las diferentes condiciones de tráfico y las velocidades de tráfico promedio. Los usuarios pueden crear y usar horarios de manejo locales (es decir, ciclos de manejo) para hacer un análisis exacto. Esta característica es especialmente importante para aplicaciones a escala de proyecto y singulares como los cruces fronterizos.

El modelo MOVES usa un algoritmo desagregado de cálculo de las emisiones que le permite hacer estimaciones a diferentes niveles de análisis, como a escala nacional, estatal y local. Está equipado con ciclos de manejo por omisión representativos de patrones de manejo agregados para todos los diferentes tipos de carretera, características de carreteras y comportamientos de manejo en Estados Unidos. Si bien estos ciclos compuestos son efectivos en la modelización de emisiones a gran escala, su efectividad se reduce en los análisis a microescala, como en vialidades específicas (o cruces fronterizos) o clases específicas de vehículos.

MOVES emplea un parámetro desagregado para la actividad vehicular, denominado potencia específica vehicular (*vehicle-specific power*, VSP), que es un parámetro combinado de velocidad instantánea, aceleración, pendiente del camino y resistencia al avance (EPA, 2009a). Las emisiones asociadas a un patrón de manejo en particular se modelan con base en la distribución del tiempo transcurrido en modos de operación (*opMode*) que se definen con base en límites de VSP y velocidades. Además de las emisiones de la combustión y por evaporación, el sistema MOVES también proporciona una estimación de las emisiones por desgaste de frenos y llantas.

Los horarios de manejo que representan estados de operación típicos a diferentes velocidades promedio por cada tipo de vehículo en operación en una vialidad se usan para convertir la información de velocidad promedio en valores VSP y después en una distribución de modos de operación (*opMode*). La VSP se calcula segundo por segundo para un vehículo en operación en estos horarios de manejo.

3. Análisis de la revisión de la literatura

3.1 Resumen de la literatura consultada

El apéndice I contiene una lista de la literatura revisada sobre estudios de caso relacionados con el impacto de las emisiones del transporte en la salud humana y el medio ambiente en PDE terrestres.² La mayor parte de los estudios se refiere a las emisiones vehiculares, y son más bien pocos los que miden las concentraciones en la atmósfera o los efectos en la salud humana cerca de los PDE. Se encontró una cantidad relativamente menor de información sobre el impacto de las emisiones producidas por vehículos automotores en PDE terrestres; además, la búsqueda de literatura no arrojó experiencias fuera de las fronteras EU-México o Canadá-EU. Los documentos encontrados se organizan en tres categorías: fronteras de América del Norte, la frontera EU-México y la frontera Canadá-EU. Los resultados también se clasificaron por categoría de vehículo cuando ello fue posible.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los documentos analizados, que incluye los modos de transporte incluidos en el análisis, la región para la cual se hizo el estudio o programa, los contaminantes analizados, la metodología y comentarios generales. Se encontraron y analizaron 21 documentos en total: cuatro que estudian las emisiones vehiculares a escala de América del Norte, doce la frontera EU-México y cinco la frontera Canadá-EU.

3.2 Revisión de la literatura: resultados y recomendaciones

Este apartado contiene un resumen de los resultados obtenidos de la revisión de la literatura sobre mediciones de la contaminación atmosférica y los métodos en diversas regiones de las fronteras terrestres de América del Norte:

- A pesar de que MOVES es el modelo de emisiones carreteras más reciente de la EPA, en la literatura revisada se encontraron sobre todo análisis de emisiones hechos con MOBILE 6.2. Esto quizá se deba a que el sistema MOVES se lanzó en 2010 y algunos de los análisis se hicieron antes o durante ese año. Lo más probable es que en los futuros análisis de emisiones de GEI y consumo de energía sí se utilice el modelo MOVES.
- Los procedimientos de análisis de las emisiones de la EPA normalmente se originan y se ponen en práctica en Estados Unidos y después son adoptados en primer lugar por Canadá y en segundo lugar por México, de ahí que los enfoques y los métodos o modelos sean idénticos a los creados en Estados Unidos. No obstante, cada país usa sus respectivos datos, como tasas de consumo de combustible y características de la flota vehicular, si los datos están disponibles.
- La integración y recopilación de datos (equipo de monitoreo) en el lado mexicano de los PDE de la frontera EU-México resultó ser una tarea difícil. Además, Estados Unidos y México monitorean contaminantes diferentes, lo que dificulta la integración de datos de toda la frontera.

² El equipo investigador revisó la literatura pertinente creada durante los últimos diez años. Investigadores del Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M (*Texas A&M Transportation Institute*, TTI) utilizaron la biblioteca del Instituto y contactos de la industria en busca de trabajos previos sobre PDE terrestres en América del Norte y otras partes del mundo. La revisión se basó en estudios publicados, presentaciones y otros documentos que contuvieran palabras clave que ayudaran a identificar el estado de la práctica en las emisiones a la atmósfera en cruces fronterizos y su clasificación (tipo de vehículo y PDE).

Cuadro 1: Resumen de la revisión de literatura

Estudio o informe	Modo de transporte	Región	Contaminantes analizados	Metodología y observaciones
<i>Sustentabilidad de los corredores de transporte de carga en América del Norte: retos y oportunidades</i> (TTI, 2010)	VC, ferroviario	América del Norte (Laredo-Nuevo Laredo, Detroit-Windsor, Port Huron-Sarnia)	CO ₂ , CO, NO _x , hidrocarburos (HC) y PS	Datos de MOBILE6.2 con modelización <i>ad hoc</i> . Datos de actividad vehicular extraídos del marco de análisis de carga de la FHWA, estadísticas fronterizas y otras fuentes en Canadá.
“Sustainability and Freight Transportation in North America” (Villa y Protopapas, 2010)	VC, ferroviario	América del Norte (principales PDE terrestres de Canadá-EU-México)	GEI	Métodos directos e indirectos: MOBILE6, National Mobile Inventory Model, EMFAC2007, MOVES, US Inventory of Greenhouse Gases y State Inventory and Projection Tool.
<i>Environmental Assessment of NAFTA by the Commission for Environmental Cooperation: An Assessment of the Practice and Results to Date</i> (Aguilar <i>et al.</i> , 2011)	VP, VC, autobuses, ferroviario, aéreo	América del Norte (principales PDE terrestres de Canadá-EU-México)	<i>No disponible</i>	Evaluación ambiental de los efectos sociales y económicos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN); análisis de impacto en la calidad del aire (no se midió ningún contaminante específico).
<i>Greening Transportation at the Border</i> (FHWA, 2011)	VP, VC, autobuses, ferroviario, aéreo	América del Norte (principales PDE terrestres de Canadá-EU-México)	<i>No disponible</i>	Implementación de opciones de transporte sustentable a fin de reducir los impactos ambientales y al mismo tiempo mejorar la calidad del aire, la salud pública y la conectividad de la vida silvestre y el hábitat; análisis de impacto en la calidad del aire (no se midieron contaminantes específicos).
<i>Developing an Emissions Estimation Tool for El Paso Border Crossings</i> . Draft (Farzaneh <i>et al.</i> , 2013)	VP, VC, autobuses	Estados Unidos-México (región de El Paso)	HCT, CO ₂ , CO, NO _x , PS y PS de carbono elemental (CE)	Metodología de estimación específica de las emisiones generadas en cruces fronterizos usando el modelo MOVES para desarrollar las tasas de emisiones y crear una herramienta.
“United States-Mexico Land Ports of Entry Emissions and Border Wait-Time White Paper and Analysis Template” (Cambridge Systematics, Inc., 2013)	VP, VC, autobuses	Estados Unidos-México (Ysleta-Zaragoza)	NO _x y PS	Modelo de microsimulación VISSIM combinado con MOVES o EMFAC, dependiendo del caso.

Estudio o informe	Modo de transporte	Región	Contaminantes analizados	Metodología y observaciones
<i>US-Mexico Border Region Greenhouse Gas Inventories and Policy</i> (Ross and Associates, 2009)	VP, VC, autobuses	Estados Unidos-México (estados de la región fronteriza: California, Arizona, Nuevo México, Texas, Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas)	GEI	Medición de los niveles de contaminación (GEI) utilizando instalaciones de monitoreo e informes a ambos lados de la frontera.
<i>Greenhouse Gas Emissions Due to Vehicle Delays at the San Diego-Tijuana Border Crossings</i> (Barzee, 2010)	VP, VC, autobuses	Estados Unidos-México (PDE del condado de San Diego: San Ysidro, Mesa de Otay, Tecate)	GEI	Se obtuvieron factores de emisiones por cada categoría de carril (de pasajeros, comercial y de autobuses) corriendo el modelo MOVES2010 de la EPA a escala de proyecto. Los parámetros de entrada fueron perfiles de antigüedad de los vehículos y tres perfiles de velocidad segundo por segundo, entre otros. Los datos de entrada para el modelo MOVES se obtuvieron usando estimaciones de 2009, las que se consideran atípicas debido a la recesión económica y a la intensificación de la violencia en México.
“Black Carbon and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from Vehicles in the United States-Mexico Border Region: Pilot Study” (Kerry <i>et al.</i> , 2006)	VP, VC, autobuses	Estados Unidos-México (PDE Caléxico, Mexicali, El Paso, Ciudad Juárez)	CN, CO ₂ y HAP	Método innovador que emplea sistemas de medición a lo largo de las carreteras, monitorea las emisiones vehiculares y calcula un factor de emisiones con base en el combustible.
<i>Tier II Air Quality Technical Report for Construction Emissions for State Route 11 and the Otay Mesa East Port of Entry</i> (Thompson, 2010)	VP, VC	Estados Unidos-México (Mesa de Otay)	CN, CO y PS	Análisis de concentraciones mediante el uso de estaciones de monitoreo y de directrices de la EPA de Estados Unidos.
<i>Mitigating Cross-Border Air Pollution: The Power of a Network</i> (Cresswell <i>et al.</i> , 2009)	VP, VC	Estados Unidos-México (región de la Cuenca Atmosférica de Ciudad Juárez, Chihuahua; El Paso, Texas, y el Condado de Doña Ana)	<i>No disponible</i>	Exploración de prácticas idóneas para mitigar la contaminación atmosférica; análisis de impacto en la calidad del aire (no se midieron contaminantes específicos).
<i>Mariposa Port of Entry Bottleneck Study (Nogales Sonora-Nogales Arizona)</i> (Golob <i>et al.</i> , 2008)	VP, VC	Estados Unidos-México (PDE Mariposa: Nogales, Arizona-Nogales, Sonora)	<i>No disponible</i>	Identificación de cuellos de botella en áreas aledañas al PDE. Los autores recomendaron una serie de medidas para mejorar las estrategias de mitigación del congestionamiento (no se midieron contaminantes específicos).

Estudio o informe	Modo de transporte	Región	Contaminantes analizados	Metodología y observaciones
<i>US-Mexico Border 2020</i> (EPA, 2014a)	VP, VC, autobuses, ferroviario, aéreo	Estados Unidos-México (estados de la región fronteriza: California, Arizona, Nuevo México, Texas, Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas)	<i>No disponible</i>	Formulación de principios rectores en apoyo a la misión del programa binacional Frontera 2020; análisis de impacto en la calidad del aire (no se midieron contaminantes específicos).
<i>Developing a Strategy to Reduce Particulate Matter as Part of the "Transporte Limpio" Program</i> (TTI, 2013)	VC	Estados Unidos-México (región Laredo-Nuevo Laredo)	PS	Análisis de características de la flota y recorrido de VC y elaboración de un análisis de costo-beneficio para recomendar tecnologías de reducción de las emisiones de PS. Se recomendaron catalizadores de oxidación para motores diésel y se formuló un plan de instrumentación.
<i>Quantification of Selected Sources for Emission Inventory Improvement in El Paso, Texas</i> (Yang et al., 2012)	VP, VC, autobuses, ferroviario, aéreo	Estados Unidos-México (los cuatro PDE de El Paso-Ciudad Juárez)	CO, NO _x , PS y COV	Se crearon factores de emisiones por hora del día usando MOVES 2010b de la EPA.
<i>Impactos en la salud de los cruces fronterizos en México-Estados Unidos. Puertos de entrada: deficiencias, necesidades y recomendaciones para acciones</i> (EPA-SCERP, 2012)	VP, VC, autobuses, ferroviario, aéreo	Estados Unidos-México	PM ₁₀ , PM _{2.5} , CN, NO ₂ , SO ₂ , COV, CO y partículas ultrafinas (PUF)	Sintetiza recomendaciones y hallazgos sobre los efectos en la salud de la población cercana a los PDE en la frontera EU-México luego de una reunión de dos días celebrada en San Ysidro, California, en mayo de 2012.
<i>Interim Report: Phase 1 of the Air Quality Study of the Impact of the Peace Bridge Plaza on the Surrounding Neighborhood</i> (NY DEC, 2013)	VC	Canadá-Estados Unidos (PDE Peace Bridge Plaza)	PM _{2.5} y CN	Recopilación de datos en dos puntos de monitoreo diferentes cerca de Peace Bridge Plaza y áreas aledañas. Los resultados indicaron que, en promedio, no existe una fuente significativa de PM _{2.5} y que las concentraciones de carbono negro (CN) eran relativamente pequeñas. Se siguió el procedimiento de las Normas Nacionales de Calidad del Aire para Partículas Sólidas para medir las PM _{2.5} .
<i>Greening the Border. Idle Reduction at the Peace Arch Border Crossing</i> (BC Ministry of Transportation and Infrastructure, 2014)	VP, VC	Canadá-Estados Unidos (Columbia Británica-estado de Washington, cruce fronterizo Peace Arch)	GEI	La iniciativa incluye la instalación de semáforos para que los vehículos formados avancen en una serie de pulsos (avance coordinado de un contingente de vehículos), que permitiría a los conductores apagar sus motores mientras esperan a que el tráfico delante de ellos se despeje.

Estudio o informe	Modo de transporte	Región	Contaminantes analizados	Metodología y observaciones
<i>Air Toxics Exposure from Vehicle Emissions at a US Border Crossing: Buffalo Peace Bridge Study</i> (Spengler <i>et al.</i> , 2011)	VP, VC, autobuses	Canadá-Estados Unidos (Peace Bridge en Buffalo)	COV, HAP e hidrocarburos aromáticos policíclicos nitrogenados	Medición de un gran número de compuestos generados por vehículos a diésel y gasolina.
<i>Understanding Pacific Highway Commercial Vehicle Operations to Support Emissions Reduction Programs</i> (Goodchild y Klein, 2011)	VC	Canadá-Estados Unidos (PDE Autopista del Pacífico)	<i>No disponible</i>	El estudio logístico (política, procedimientos de cruce fronterizo y otros factores considerados en la investigación) se basó en recopilación y análisis de datos (incluidos datos estadísticos). No se hizo evaluación directa de la calidad del aire.
<i>Preliminary Air Quality Assessment Related to Traffic Congestion at Windsor's Ambassador Bridge</i> (Diamond y Parker, 2004)	VC	Canadá-Estados Unidos (PDE Puente Ambassador, Windsor, Ontario)	PM ₁₀ , PM _{2.5} y COV	Los investigadores usaron sondeos de calidad del aire a corto plazo empleando un monitor portátil de partículas y un muestreador de cartucho de COV. La recopilación y el análisis de datos se realizaron en 2002 y 2003.

- En términos generales, se encontraron más estudios e informes técnicos de la frontera EU-México que de la frontera Canadá-EU, y el único estudio de salud se hizo en esta última. Esto podría deberse a que los niveles de congestionamiento en la frontera EU-México (por lo menos de VP) son mucho más altos que en la de Canadá-EU debido al volumen de tráfico y a las diferencias en procedimientos de inspección. Como se describe en el apartado 1, el volumen de VP informado en 2012 indica que los PDE de la frontera EU-México informaron casi el doble del volumen que los PDE de la frontera Canadá-EU.
- Las características —estructura, volúmenes de tráfico, categoría vehicular, geografía, etc.— de cada PDE son diferentes y por tanto resulta difícil reproducir las intervenciones sin un análisis detallado de las características específicas de cada uno. Por ejemplo, la iniciativa de acción climática para el mejoramiento ambiental de la frontera (*Greening the Border Climate Action Initiative*) que prevé la instalación de semáforos (para apagar los motores de los vehículos) podría ser sumamente incómoda para los conductores que atraviesan un PDE en una zona desértica cuando las temperaturas son muy altas.

Recomendaciones

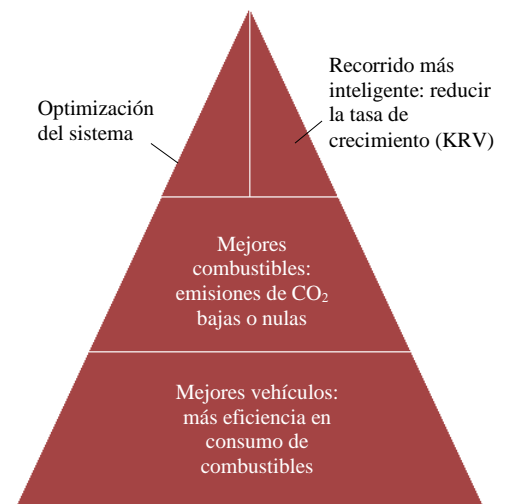
- Asegurar un enfoque subcontinental unificado respecto de los métodos de recopilación y calidad de los datos, y distribuir la información y las directrices necesarias a grupos interesados y autoridades competentes mediante publicaciones en el sitio web de la CCA.
- Llevar a cabo procedimientos de monitoreo, recopilación de datos, inventarios de datos y planeación ambiental en forma conjunta en regiones fronterizas seleccionadas para asegurar la obtención de datos de alta calidad.
- Verificar las características de los PDE con dependencias fronterizas, provincias o estados y grupos interesados de la localidad para confirmar la factibilidad de instrumentación de prácticas y procedimientos idóneos y posibles procesos de adaptación.

4. Estrategias para reducir las emisiones atmosféricas del transporte³

Las estrategias generales para reducir las emisiones a la atmósfera generadas por el transporte se pueden organizar en cuatro amplias categorías, como se aprecia en la Gráfica 6:

- Tecnologías de combustible.
- Tecnologías de motores y vehiculares.
- Optimización del sistema o eficiencia de operación.
- Crecimiento inteligente o sustentable.

Un paso positivo hacia la reducción de las emisiones a la atmósfera sería disminuir la dependencia de combustibles fósiles altamente contaminantes y considerar alternativas menos nocivas para el medio ambiente. Considerando que el CO₂ representa un altísimo porcentaje (95 por ciento) del total de los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por el transporte en sus diferentes modalidades,



Gráfica 6: Pirámide de estrategias de reducción de las emisiones de GEI

³ Gran parte del material de este apartado se tomó del trabajo de los autores publicado en J. C. Villa y A. Protopapas (2010).

una estrategia de mitigación eficaz sería reducir la producción de CO₂ en la propia fuente cambiando a combustibles bajos en carbono (a mayor contenido de carbono de un combustible, mayores las emisiones de CO₂ resultantes de su combustión). La idea es sustituir combustibles existentes por otros con la misma eficiencia térmica, pero con menor contenido de carbono. Una amplia variedad de combustibles alternos tienen posibilidades de sustituir a los fósiles, aunque con grados de éxito variables. Entre los combustibles líquidos alternos podemos mencionar biodiésel, etanol, metanol, gasolina sintética y diésel producidos a partir de gas natural, carbón y otras materias primas. Entre los combustibles gaseosos están gas natural comprimido, propano (gas licuado de petróleo), éter dimetílico (sustituto del diésel) e hidrógeno.

La frontera EU-México ofrece la oportunidad de poner en práctica programas con combustibles alternos, en particular para el autotransporte transfronterizo. La mayor parte del transporte de carga transfronterizo entre Estados Unidos y México se realiza con camiones de transbordo que operan dentro de una región específica bien definida. Se podrían instalar estaciones de recarga de combustibles alternos de bajas emisiones en los principales PDE terrestres; lo ideal sería, si se tienen los recursos necesarios, instalar la infraestructura de recarga a lo largo de los principales corredores de carga que conducen y salen del PDE a ambos lados de la frontera. El concepto es más difícil de aplicar en la frontera Canadá-EU ya que, a diferencia de la mayoría del transporte de carga transfronterizo EU-México, el autotransporte transfronterizo en la frontera Canadá-EU no se circunscribe a una zona fronteriza definida.

Se podría considerar a futuro un “proyecto piloto” de alcance limitado, en el que a un operador de transbordo con una flota pequeña que preste servicios transfronterizos se le equiparía con estaciones de recarga de combustibles alternos en su base de operaciones.

4.1 Tecnologías de motores y vehiculares

Las emisiones a la atmósfera asociadas a VC o VP se pueden reducir con uno solo o con una combinación de los siguientes medios:

- reducción de las cargas (peso, resistencia al rodamiento, resistencia aerodinámica y cargas complementarias) del vehículo, reduciendo de esa manera el trabajo necesario para su funcionamiento
- incremento de la eficiencia para convertir la energía del combustible en trabajo, mediante el mejoramiento de la eficiencia del tren de transmisión y la recuperación de las pérdidas de energía
- reducción de las emisiones generadas por los controles del clima y los gases de combustión del vehículo

Las cargas del vehículo constan de la fuerza necesaria para acelerarlo y vencer la inercia; el peso del vehículo al subir pendientes; la resistencia al rodamiento de las llantas; las fuerzas aerodinámicas, y las cargas complementarias. Hay toda una gama de medidas para mejorar la eficiencia del motor, lo que repercute de manera indirecta en la cantidad de emisiones a la atmósfera del vehículo: incremento de la eficiencia termodinámica, reducción de pérdidas por fricción y reducción de pérdidas de bombeo (estas pérdidas son la energía necesaria para bombear aire y combustible a los cilindros y expulsar los gases de la combustión). Cada una de estas medidas se puede aplicar mediante cambios de diseño, materiales y tecnología.

Asimismo, parte de la energía usada para vencer la inercia y acelerar el vehículo —que normalmente se pierde en forma de calor cuando disminuye la velocidad del vehículo, actúan las fuerzas aerodinámicas, aumenta la resistencia al rodado y se aplican los frenos mecánicos— puede recuperarse como energía eléctrica si se tienen frenos de recuperación.

El entorno de operación fronterizo, en donde VC y VP avanzan a baja velocidad, podría no ser el sitio ideal para reducir las pérdidas por fricción, pero podría ser un buen lugar para el mejoramiento de las pérdidas termodinámicas y de bombeo.

4.2 Optimización del sistema o eficiencia de operación

Es posible lograr la eficiencia del sistema con estrategias operativas que cambien la forma de uso de los vehículos, ya sea dentro de cada sistema modal o en dos o más de dichos sistemas. Las estrategias para promover la eficiencia del sistema dentro de cada modo son, entre otras, reducción del tiempo de marcha en vacío en los puntos de origen, destino e intermedios mediante; por ejemplo, electrificación o generadores auxiliares para vehículos comerciales.

Otras medidas que se han puesto en práctica para reducir las emisiones de los VC son, a manera de ejemplo:

- mejoramiento de prácticas de manejo
- optimización de itinerarios para reducir los retrocesos y los recorridos sin carga
- disminución de la frecuencia de los embarques
- descentralización de los puntos de origen de la cadena de abasto
- mejoramiento de los sistemas de distribución local
- reducción de la carga útil que no genera ingresos, como el empaqueo excesivo
- incremento del uso de camiones más largos o pesados y trenes más largos
- mayor uso de contenedores o trenes de doble altura

Herramientas como sistemas inteligentes de transporte (*Intelligent Transportation Systems*, ITS) y sistemas de posicionamiento global (*global positioning systems*, GPS) pueden ayudar en la realización de cambios operativos y la optimización para lograr la eficiencia del sistema.

El ámbito fronterizo ofrece la oportunidad de implementar eficiencias de operación, tanto para VC como para VP. En algunas regiones fronterizas hay más de un punto por donde cruzar, por lo que en estos casos un sistema de rutas auxiliado por tecnologías GPS o ITS podría indicar a los usuarios la ruta con menor tiempo de espera y así reducir el tiempo de marcha en vacío en las filas.

Los VC representan la principal área de oportunidad para intervenciones de optimización del sistema o de eficiencia operativa en los PDE. El Departamento de Transporte de Estados Unidos ha estado llevando a cabo en puertos marítimos proyectos piloto basados en investigaciones realizadas en el marco del programa FRATIS (*Freight Advanced Traveler Information Systems* [sistemas avanzados de información a viajeros operadores de carga]). La experiencia obtenida con el programa FRATIS en puertos marítimos podría extenderse a los PDE terrestres.

Se han propuesto estacionamientos electrificados para camiones o generadores auxiliares en puntos de origen o destino, e incluso en las propias instalaciones de cruce fronterizo. Los camiones se detendrían en un lugar “electrificado”, en donde podrían apagar sus motores mientras esperan su turno para cruzar la frontera. Se necesitaría la coordinación con diversos grupos interesados de los sectores público y privado (consignadores, transportistas y dependencias de inspección fronteriza) para poder poner en práctica estas iniciativas.

4.3 Crecimiento inteligente o sustentable

“Reducción de la actividad” se refiere a la disminución directa o indirecta de los kilómetros recorridos por vehículo y, como consecuencia, al decremento de las emisiones a la atmósfera. La reducción del congestionamiento general a lo largo de una ruta o en cruces fronterizos mediante, por ejemplo, la planeación integrada del transporte para aprovechar mejor el suelo y agilizar el movimiento vehicular, puede lograr la reducción general de las emisiones a la atmósfera. Estrategias de mitigación de esta clase

son grandes oportunidades y también retos a futuro para el sector público porque exigen reorientar la atención general hacia la planeación del transporte sustentable o “crecimiento inteligente”.

Como se mencionó líneas arriba, en las decisiones sobre planeación transfronteriza participan numerosos interesados de los dos países y diferentes escalas de gobierno. Ha quedado más que demostrado que hacer cambios al proceso de planeación en una región fronteriza es una tarea difícil, y por ende también es difícil poner en práctica iniciativas de crecimiento inteligente y sustentable.

La Estrategia de Aire Limpio para los Puertos del Noroeste (*Northwest Ports Clean Air Strategy*) es un buen ejemplo de colaboración internacional entre dependencias ambientales y puertos marítimos. Además, dependencias atmosféricas del ámbito federal, regional y local colaboran en las regiones del noroeste de Estados Unidos y del suroeste de Canadá para poner en práctica la Estrategia Internacional de la Cuenca Atmosférica Puget Sound-Georgia (*Georgia Basin-Puget Sound International Airshed Strategy*). Éstas son estrategias que bien podrían analizarse para determinar su posible aplicación en PDE terrestres.

5. Prácticas idóneas de reducción de las emisiones a la atmósfera en puertos de entrada

Los PDE son nodos de sistemas de transporte en donde se realiza la inspección internacional de seguridad y migración. Estos procesos de inspección normalmente toman tiempo y pueden variar, dependiendo de elementos como configuración del PDE, demanda vehicular, tipo de vehículo, tipo de recorrido o embarque, hora del día e incluso condiciones atmosféricas, creando cuellos de botella y congestión vehicular que incrementan las emisiones a la atmósfera. Aquí es más difícil la aplicación de estrategias de reducción de las emisiones que en áreas o corredores urbanos, ya que en los PDE interactúan diversos grupos interesados binacionales con prioridades muchas veces diferentes.

Los efectos negativos del congestionamiento y las demoras transfronterizas no sólo afectan el medio ambiente en las regiones de la frontera, sino que también tienen fuertes repercusiones en la economía regional y nacional. La Asociación de Gobiernos de San Diego (*San Diego Association of Governments*) concluyó un estudio exhaustivo para medir los efectos económicos de los tiempos de espera en la frontera en la economía binacional. Las demoras durante el cruce fronterizo dañan la productividad, la competitividad industrial y los ingresos del comercio regional, estatal y nacional tanto de Estados Unidos como de México. El estudio llegó a la conclusión de que “la capacidad de infraestructura inadecuada crea congestión de tráfico y demoras que en 2005 costaron a las economías de Estados Unidos y México alrededor de \$EU6,000 millones de producción bruta” (Sandag, 2006). En el transcurso de este estudio no se encontró información sobre el costo del congestionamiento y las demoras para las economías de Estados Unidos y Canadá; sin embargo, dada la naturaleza y el volumen de carga que cruza esa frontera, lo más probable es que su impacto económico sea considerable.

Los pobladores y la industria local son quienes más resienten los efectos económicos de las demoras y los congestionamientos en los PDE, de ahí que todas o la mayor parte de las iniciativas o intervenciones encontradas en esta investigación se encaminen a la reducción de congestionamientos y demoras en PDE terrestres o al incremento de la seguridad, y no a la reducción de las emisiones a la atmósfera. Sin embargo, la disminución de los tiempos para cruzar la frontera, de los volúmenes de tráfico y de los congestionamientos y demoras reduce por añadidura las emisiones a la atmósfera.

Pocas iniciativas o prácticas idóneas encontradas en esta investigación son específicas de las fronteras y han sido puestas en práctica. La mayor parte de ellas son recomendaciones generales que todavía necesitan implementarse y someterse a prueba en el entorno fronterizo. La mayoría de las medidas encontradas se dirigen tanto a camiones como a vehículos ligeros; sin embargo, las que se han implementado son las correspondientes a camiones.

De los cuatro tipos de medidas para la reducción de las emisiones a la atmósfera descritas en el apartado 5, en todos los casos las prácticas idóneas identificadas se referían a tecnologías vehiculares u optimización del sistema o eficiencias de operación (véase el cuadro 2). Dada la naturaleza de las prácticas del transporte transfronterizo, se detectó un cierto traslape entre prácticas idóneas.

Cuadro 2: Prácticas idóneas para la reducción de las emisiones a la atmósfera

Tipo de estrategia	Práctica idónea	Estado	Entorno	Tipo de vehículo
Tecnologías de motores y vehiculares	Reacondicionamiento: estrategias para reducir las partículas sólidas en el cruce fronterizo Laredo-Nuevo Laredo	Recomendación	Frontera	Camiones
	Reacondicionamiento: proyecto demostrativo de reducción de las emisiones de motores diésel en San Diego-Tijuana	Puesta a prueba	Frontera	Camiones
	SmartWay y Transporte Limpio	Implementada y en operación	Transporte urbano y de carga de largas distancias	Camiones
Optimización del sistema o eficiencias de operación	Iniciativas del estado de Washington y de Columbia Británica para reducir las emisiones de GEI en el puerto de entrada Cascade, programa de reducción del tiempo de marcha en vacío	Puesta a prueba	Frontera	Camiones y vehículos ligeros
	Programa de reducción del tiempo de marcha en vacío en puertos	En operación	Transbordo portuario	Camiones
	Electrificación de estacionamientos para camiones	Implementada y en operación	Transporte urbano y de carga de largas distancias	Camiones
	Programas fronterizos de viajero confiable	Implementada y en operación	Frontera	Camiones y vehículos ligeros
	Conducción ecológica	Puesta a prueba	Frontera	Principalmente camiones

5.1 Reacondicionamiento de vehículos: estrategias para reducir las partículas sólidas en el cruce fronterizo Laredo-Nuevo Laredo

Con financiamiento de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (Cocef) y en coordinación con el programa Transporte Limpio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), similar a SmartWay de Estados Unidos, el Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M (*Texas A&M Transportation Institute*, TTI) analizó diversas tecnologías de reacondicionamiento de camiones para reducir las PS de los camiones de transbordo en la frontera EU-México (Cocef, 2014). El análisis se centró en el PDE Laredo-Nuevo Laredo, el cruce fronterizo de vehículos comerciales más grande de la frontera sur de Estados Unidos. Las dos tecnologías analizadas a detalle fueron catalizadores de oxidación y filtros de partículas, en ambos casos para motores diésel.

Los catalizadores de oxidación para motores diésel utilizan un proceso químico para descomponer los contaminantes contenidos en los gases de combustión del motor, convirtiéndolos en sustancias químicas menos nocivas, similar a lo que sucede en el convertidor catalítico de un automóvil. Dichos catalizadores son normalmente configuraciones en forma de panal revestidas con un catalizador diseñado para desencadenar una reacción química que reduzca las emisiones de gases y las partículas sólidas. Estos catalizadores por lo general reducen las emisiones de PS entre 20 y 40 por ciento, e incluso más, y las emisiones de gases entre 50 y 70 por ciento.

Por su parte, los filtros de partículas para motores diésel son sistemas que filtran los gases del tubo de escape para capturar las PS generadas como subproducto del proceso de combustión interna. Estos filtros se han usado como dispositivos de control de la contaminación para vehículos tanto carreteros como todo terreno desde la década de 1980.

El análisis concluyó que el catalizador de oxidación para motores diésel era la mejor solución para el contexto de la frontera EU-México. Un elemento clave de la recomendación fue que en México no hay diésel con bajo contenido de azufre, a pesar de que la mayoría de los camiones de transbordo fronterizo son vehículos domiciliados en México que utilizan combustible mexicano. Los filtros de partículas para motores diésel requieren que este combustible sea desulfurado. El análisis incluyó una estimación de las posibles reducciones de PS en el área y un plan de ejecución.

La normatividad en Canadá y Estados Unidos exige combustible diésel con bajo contenido de azufre y obliga al cumplimiento de normas de emisiones vehiculares y esto hace que los fabricantes instalen de manera rutinaria tecnologías de control de las emisiones en los vehículos nuevos a diésel. Sin embargo, aun así valdría la pena considerar un enfoque de reacondicionamiento para los vehículos a diésel más viejos de estos países.

El presente análisis estimó que la instalación de catalizadores de oxidación para motores diésel en una flotilla de 1,700 camiones en el área de Laredo-Nuevo Laredo podría reducir las emisiones anuales de PS en aproximadamente doce toneladas.

5.2 Proyecto demostrativo de reducción de las emisiones de motores diésel en San Diego-Tijuana

El PDE Mesa de Otay es el más grande de la frontera California-México y da servicio a la región San Diego-Tijuana. En este puerto, los motores diésel contribuyen a los niveles de ozono (como el smog), de sustancias tóxicas atmosféricas y de PS nocivas para la salud. Estudios a largo plazo sobre salud infantil realizados en California demostraron que la contaminación por partículas puede inhibir de modo significativo el desarrollo de la función pulmonar en niños. Las autoridades de salud pública asocian la exposición a PS con un mayor riesgo de fallecimiento prematuro, aumento en el número de ingresos a los hospitales debido a enfermedades cardíacas y pulmonares e incremento de padecimientos respiratorios, como asma.

La EPA financió un estudio prospectivo para evaluar los costos y la eficacia de tecnologías de reacondicionamiento para controlar las emisiones de vehículos a diésel de trabajo pesado mexicanos que operan en la región fronteriza del condado de San Diego-Tijuana. En la fase de instrumentación de este estudio se reacondicionaron 127 de dichos camiones domiciliados en México que operan en la región fronteriza: 117 con catalizadores de oxidación y diez con sistemas de filtración de partículas a fin de demostrar su viabilidad en las condiciones de operación en México (Iec, 2007; EPA-Semarnat, 2011, p. 59; EPA sin fecha 1, sin fecha 2).

5.3 SmartWay y Transporte Limpio

Los tres países de América del Norte han puesto en práctica su propia versión del programa SmartWay®. En Estados Unidos, la EPA lanzó en 2004 el programa para reducir las emisiones del transporte mediante la creación de incentivos que mejoraran la eficiencia de uso del combustible en la cadena de abasto. El programa es una iniciativa de carácter público y privado entre la EPA, compañías de autotransporte grandes y pequeñas, compañías de logística, fabricantes de productos de consumo, detallistas y otras dependencias federales y estatales. Su propósito es mejorar la eficiencia de uso del combustible y el desempeño ambiental (reducción tanto de emisiones de GEI como de la contaminación atmosférica) de las cadenas de abasto y transporte de bienes (EPA, 2014b).

En Canadá se creó la Alianza de Transporte SmartWay (*SmartWay Transport Partnership*) para ayudar a las empresas a reducir los costos de combustible de sus actividades de transporte mediante trabajo con transportistas y expedidores de carga para establecer parámetros de referencia de sus operaciones, dar seguimiento a su consumo de combustible y mejorar su desempeño anual (NRCan, 2014a). Además de SmartWay, el ministerio de Recursos Naturales de Canadá (*Natural Resources Canada*) inició el programa FleetSmart, que provee a los gerentes de flotilla las herramientas y los recursos para que sus operaciones sean más respetuosas del medio ambiente e incluye un programa de capacitación para conductores (*Smart Driver Training*) (NRCan, 2014b).

La versión mexicana se llama Transporte Limpio y está a cargo de la Semarnat y de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT y Semarnat, 2014).⁴

Los programas tienen un listado de estrategias que pueden ayudar a los transportistas a ahorrar combustible y dinero, reducir la contaminación atmosférica y disminuir las emisiones de dióxido de carbono que contribuyen al cambio climático. Dicha listado incluye, entre otras cosas:

- reducción del tiempo de marcha en vacío
- mejoramiento de la aerodinámica
- mejoramiento de la logística de carga
- sistemas de inflado automático de llantas
- llantas sencillas de base ancha
- capacitación de conductores
- lubricantes de baja viscosidad
- transporte intermodal
- vehículos de doble remolque
- reducción de la velocidad en autopistas
- reducción del peso
- tecnología híbrida del tren motriz
- combustibles renovables

El principal objetivo de las estrategias SmartWay es el transporte terrestre de largas distancias y no las operaciones a corta distancia que realizan los vehículos de transbordo en la frontera. Por ejemplo, el mejoramiento de la aerodinámica no reeditaría beneficios a las operaciones de baja velocidad ni a las

⁴ Véase “Transporte Limpio. Preguntas frecuentes” (en español únicamente):

[<www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/transporte-limpio/preguntas-frecuentes>](http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/transporte-limpio/preguntas-frecuentes).

áreas urbanas y filas en los PDE. Los vehículos de doble remolque no están permitidos en Estados Unidos, mientras que en México y Canadá se utilizan en algunos estados y provincias.

El TTI analizó varias tecnologías SmartWay para los camiones de transbordo fronterizo en el PDE El Paso-Ciudad Juárez (TTI, 2009). El proyecto sometió a prueba la factibilidad de aplicación de tres estrategias SmartWay en las operaciones de transbordo fronterizo:

- uso de tráilers más ligeros
- comportamiento de manejo modificado
- uso de catalizadores de oxidación para motores diésel

Estas estrategias se pusieron a prueba y se evaluaron sus efectos en cuanto a emisiones y consumo de combustible. Los resultados de la investigación demostraron que los catalizadores de oxidación para motores diésel generan importantes beneficios de reducción de HCT y CO en las operaciones de transbordo. También se determinó que los tráilers ligeros y la conducción ecológica disminuyen en forma moderada las emisiones de CO y HCT. Al parecer la conducción ecológica por sí sola redujo las emisiones de CO₂ y NO_x y el consumo de combustible. Todas las estrategias investigadas disminuyeron las emisiones de PS en comparación con el valor de referencia. No se identificaron análisis similares en la frontera Canadá-EU.

5.4 Iniciativas del estado de Washington y de Columbia Británica para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el puerto de entrada Cascade, programa de reducción del tiempo de marcha en vacío

Como parte de una amplia gama de estrategias para mejorar los cruces fronterizos, líderes del estado de Washington y Columbia Británica firmaron un memorando “en pro del mejoramiento ambiental de la frontera” ante la preocupación de los gobiernos regionales por los efectos en el medio ambiente de las largas filas que se formaban en la línea fronteriza. Las metas de esta iniciativa eran reducir el tiempo de marcha en vacío en la frontera y apoyar las actividades de organizaciones transfronterizas y grupos interesados en abatir el congestionamiento y los impactos ambientales. Algunos de los elementos principales que condujeron a la firma del memorando tienen que ver con la contaminación atmosférica, la salud y el ahorro de combustible:

Contaminación atmosférica

- Un vehículo con el motor en marcha lenta emite a la atmósfera sustancias tóxicas, sustancias químicas, gases y PS, con lo que contribuye a la niebla regional.
- Un vehículo con el motor en marcha lenta emite 20 veces más contaminación que uno que viaja a 50 km/hora.
- El consumo de un galón (3.785 litros) de gasolina produce más de 20 lb (9 kg) de gases de efecto invernadero.

Salud

- La aspiración de gases de la combustión puede agravar asma, alergias y enfermedades cardiovasculares.
- Las emisiones de gases de la combustión incrementan el riesgo de fallecimiento prematuro en niños.

- Las emisiones no desaparecen y siguen siendo nocivas, aun cuando los gases de la combustión no se vean.

Ahorro de combustible

- Por cada hora de marcha en vacío, un camión normal gasta casi cuatro litros de combustible diésel, en tanto que un automóvil normal desperdicia $\frac{3}{4}$ de litro de gasolina.
- Con diez segundos de marcha en vacío se consume más combustible que si se apaga y vuelve a encender el motor.

“Marcha en vacío” [también denominada “marcha en ralentí”] significa que el motor de un vehículo está trabajando pero el vehículo no avanza. En los PDE, los conductores normalmente mantienen el motor encendido para que funcione el aire acondicionado o la calefacción, o para alimentar otros dispositivos mientras esperan la inspección. La reducción de la marcha en vacío se ha convertido en una iniciativa popular para disminuir el volumen de las emisiones, en especial de vehículos grandes con motor diésel (camiones).

Se han tomado algunas medidas para reducir la marcha en vacío en PDE terrestres. Por ejemplo, la iniciativa para la reducción del tiempo de marcha en vacío del cruce fronterizo Peace Arch fue propuesta por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Columbia Británica (*British Columbia Ministry of Transportation and Infrastructure*) y tiene como meta reducir en una tercera parte las emisiones en el PDE para 2010 sin incrementar los tiempos de espera en la frontera. De acuerdo con el gobierno de Columbia Británica, alrededor de tres millones de vehículos atraviesan cada año este cruce y el tiempo de espera promedio para los conductores que van hacia el sur es de aproximadamente media hora. Esto significa que el programa puede reducir las emisiones de GEI del tráfico en dirección sur y ahorrar alrededor de medio litro de combustible por vehículo por viaje.

Se instaló un semáforo justo al norte de la caseta de la aduana de Estados Unidos y durante periodos de tráfico intenso los conductores se detienen al ponerse la luz roja y apagan sus motores. Una vez que los conductores que ya pasaron el semáforo salen de la aduana, el semáforo cambia a verde y otro grupo de vehículos avanza. A pesar de que no cambia el tiempo total para llegar a la caseta aduanal, se estima que con esta simple operación se reducirán 639,000 millones de kilogramos de GEI al año (BC Ministry of Transportation and Infrastructure, 2014).

Esta iniciativa podría aplicarse a otras regiones de la frontera Canadá-EU e incluso a la región de EU-México con algunos cambios y adaptaciones. Antes de implementar esta práctica idónea se necesitaría hacer un análisis de las operaciones y la infraestructura en un PDE en particular para determinar la ubicación de los semáforos y la coordinación con sectores del ámbito federal interesados.

5.5 Programa de reducción del tiempo de marcha en vacío en los puertos

La EPA, a través de la iniciativa SmartWay, lanzó el sistema para el transbordo en comunidades portuarias EModal (*EModal Port Community System for Drayage*). EModal reduce el tiempo que los camiones esperan en fila en las terminales mediante la asignación de citas en terminales y la eliminación de las demoras ocasionadas por el pago de derechos e información incompleta. De esta manera se ahorra combustible, se disminuye la contaminación y se pueden abatir las emisiones de GEI en más de 200 toneladas al año en un puerto ordinario, al tiempo que se incrementan las utilidades para conductores u operadores de camiones y operadores de terminales (EPA, sin fecha 3).

Se tiene considerado un sistema de citas justo antes de la hora de apertura con la intención de aliviar el congestionamiento en las terminales en los puertos de Los Ángeles y Long Beach, que complementa el por lo demás muy exitoso programa de tarificación en horas pico de PierPass.

PierPass es una empresa sin fines de lucro creada en 2005 por operadores de terminales marítimas en los puertos de Los Ángeles y Long Beach para la resolución de problemas de múltiples terminales, como congestión, seguridad y calidad del aire. En conformidad con este programa, las terminales internacionales de contenedores de los dos puertos abrieron cinco nuevos turnos de trabajo a la semana. Como incentivo para el uso de los nuevos turnos en horas no pico y para cubrir el costo adicional de los turnos, la mayoría de los movimientos de carga que se realicen en horas pico (de lunes a viernes de 3:00 a 18:00 horas) deben pagar derechos de mitigación del tráfico (PierPass, 2014).

A pesar de que estas dos iniciativas —sistema de citas y programa PierPass— no se han puesto en práctica en PDE terrestres, se podría analizar la posibilidad de implementar estrategias similares. Para esto sería necesario trabajar con los grupos interesados de los sectores público y privado a efecto de definir la estrategia específica para cada PDE, como configuración de carriles y horario de funcionamiento, que varían de un PDE a otro. El sistema de citas necesitaría coordinarse con las dependencias a cargo de la inspección de seguridad en los PDE para garantizar que el servicio se pueda prestar a la hora de la cita.

5.6 Electrificación de estacionamientos para camiones

La iniciativa conocida como estacionamientos electrificados permite a los conductores de camiones alimentar los sistemas necesarios, como calefacción, aire acondicionado o dispositivos, sin tener el motor encendido. Este enfoque busca alentar a los conductores de camiones a apagar el motor de sus unidades en vez de tenerlo encendido mientras están detenidos o avanzan a baja velocidad.

Las reglas sobre horas de servicio de Estados Unidos disponen que los conductores deben detenerse y descansar un número designado de horas al día. Los conductores muchas veces optan por dejar sus motores trabajando mientras están estacionados en las paradas de camiones para que funcionen los sistemas de aire acondicionado o calefacción, así como el equipo de comunicaciones y de entretenimiento. Un tráiler estadounidense común pasa entre 1,800 y 2,400 horas de marcha en vacío al año (consumiendo casi cuatro litros de combustible diésel por hora). Los sistemas de electrificación de estacionamientos para camiones proveen a los conductores un entorno apropiado para el reposo, los ayuda a ahorrar combustible y también a cumplir con las reglas de reducción del tiempo de marcha en vacío en los lugares en donde aplican.

En PDE terrestres, la combinación de diversas iniciativas como el sistema de citas más la electrificación de estacionamientos para camiones podría lograr una reducción considerable de las emisiones a la atmósfera. Transportistas y consignadores pueden hacer una cita, dirigirse al PDE y detenerse en las instalaciones electrificadas mientras esperan para pasar a las casetas de inspección. El problema principal de esta propuesta es encontrar terreno adicional cerca de las casetas, ya que la mayoría de los PDE existentes en América del Norte tienen limitaciones de espacio, lo que hace que esta iniciativa sea más apropiada para PDE nuevos.

5.7 Programas fronterizos de viajero confiable

El Departamento de Seguridad Nacional de Estados Unidos (*US Department of Homeland Security*) cuenta con varios programas de viajero confiable que facilitan el trámite a los pasajeros y al mismo tiempo fomentan la seguridad e incrementan la eficiencia de todo el sistema (DHS, 2014). Entre dichos programas cabe mencionar:

- **Global Entry.** Programa de la CBP que permite el paso expedito a viajeros preaprobados de bajo riesgo. Los solicitantes deben someterse a una rigurosa investigación de antecedentes y a una entrevista para poder afiliarse. El objetivo del programa es agilizar el trámite a los viajeros.

- NEXUS. Los miembros del programa usan tarjetas NEXUS en carriles designados para ingresar a Canadá o a Estados Unidos. También gozan de privilegios al cruzar puertos de entrada aéreos, terrestres y marítimos.
- SENTRI. Similar al programa NEXUS, la Red Electrónica Segura para la Inspección Rápida de Viajeros (*Secure Electronic Network for Travelers Rapid Inspection*, SENTRI) permite a vehículos que van y vienen de México cruzar la frontera de Estados Unidos por carriles de cruce fronterizo designados.
- FAST. El programa FAST (*Free and Secure Trade* [comercio libre y seguro]) es un programa de tránsito para embarques comerciales de bajo riesgo comprobado que ingresan a Estados Unidos desde Canadá y México. Los carriles vehiculares FAST procesan la carga en PDE terrestres fronterizos que prestan servicio a la carga comercial, con 17 puertos participantes en la frontera norte y 17 en la frontera sur (CBP, 2014).

A pesar de que estos programas no se concibieron para reducir las emisiones a la atmósfera, la agilización del trámite en los PDE terrestres podría disminuir el congestionamiento vehicular y el tiempo de marcha en vacío. Otra ventaja de la disminución de las demoras en PDE es que usuarios y personal de inspección están menos expuestos a las emisiones tóxicas de los vehículos. Aunque la meta de estos programas de viajero confiable es agilizar el trámite a los viajeros, aun así los miembros pueden ser seleccionados para otra revisión al ingresar a Estados Unidos, Canadá o México. A los miembros de estos programas se les expide una tarjeta de identificación de radiofrecuencia que les permite acceder a un carril especial en cruces fronterizos participantes. Con un menor número de vehículos que atender y la tarjeta de identificación de radiofrecuencia, los inspectores pueden procesar los vehículos con más rapidez y el tiempo de recorrido para los participantes en programas de viajero confiable es menor que para quienes utilizan los carriles generales.

En el cruce fronterizo Peace Arch, los automovilistas inscritos en NEXUS representaron 36 por ciento del tráfico transfronterizo en 2012 y cerca de 40 por ciento en 2013. Analizando el ahorro en tiempo de espera de los conductores afiliados a NEXUS en la iniciativa para reducir el tiempo de marcha en vacío en Peace Arch, el Consejo de Gobiernos del Condado de Whatcom (*Whatcom Council of Governments*) calculó que se habían evitado más de 4,800 toneladas de emisiones de CO₂e, superando en más de diez veces el impacto del programa de reducción del tiempo de marcha en vacío de Cascade (Farzaneh *et al.*, 2013).

5.8 Conducción ecológica (*eco-driving*)

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2014):

La conducción ecológica es un estilo de manejo que reduce de manera considerable el consumo de combustible y por ende las emisiones. La palabra “ecológica” se refiere a que este estilo de manejo toma en consideración beneficios ambientales y económicos, reduciendo así de manera significativa y simultánea el consumo de combustible y las emisiones de GEI. La conducción ecológica puede generar beneficios muy diversos, por ejemplo:

- **Beneficios para la salud:** La conducción ecológica reduce las emisiones que causan contaminación atmosférica, lo que repercute de modo positivo en la salud humana y reduce los costos de cuidado de la salud.
- **Beneficios ambientales:** Los vehículos generan emisiones que afectan la salud humana y contribuyen al cambio climático; entre éstas figuran el carbono negro —un componente del hollín, cuyos efectos están vinculados a fallecimiento prematuro, enfermedades cardíacas y problemas respiratorios— y el CO₂, que contribuye al cambio climático.

- **Beneficios económicos:** Con sólo cambiar los hábitos de manejo es posible reducir el consumo de combustible en hasta 25 por ciento. Además de menor consumo de combustible, que es sustancial si se le considera a lo largo de un año, el ahorro en mantenimiento del vehículo puede ser significativo. La conducción ecológica puede disminuir sustancialmente el desgaste de un vehículo, reduciendo el daño al vehículo y los gastos de reparación.

En América del Norte, varias dependencias y organizaciones han establecido programas de capacitación y certificación de conductores; por ejemplo, SmartWay en Estados Unidos y SmartDriver en Canadá. En la frontera EU-México, la Cocef, en colaboración con la Semarnat y el Clean Air Institute, coordinó en septiembre de 2013 un programa de capacitación en técnicas de conducción eficiente para instructores en VC como parte del programa Transporte Limpio. Según la Semarnat, los resultados obtenidos por medio del programa muestran un ahorro promedio de 17 por ciento en el consumo de combustible y en algunos casos ciertas empresas de transporte lograron reducir entre 44 y 49 por ciento su gasto en combustible y sus emisiones a la atmósfera (Cocef, 2013). Por desgracia, hay poca información de la penetración del programa, pero se tiene la percepción de que los transportistas de transbordo casi no participan, ya que no existen incentivos para tomar los cursos.

El seguimiento del desempeño de los conductores después de la capacitación en conducción ecológica y el otorgamiento de incentivos para aquellos conductores que reduzcan el consumo de combustible ayudarían a apuntalar el programa. Los instructores pueden revisar datos detallados sobre los patrones de operación de los conductores mediante monitoreo electrónico de los motores y parámetros de desempeño a lo largo del tiempo. Se ha comprobado que si se elaboran y aplican de forma apropiada, los programas de incentivos pueden ser sumamente eficaces para cambiar el comportamiento de los conductores.

6. Recomendaciones para la difusión de prácticas idóneas en las fronteras de América del Norte

El objetivo de esta investigación fue identificar prácticas idóneas seguidas en América del Norte para mejorar la calidad del aire, los flujos de transporte y la salud humana y comunitaria en las fronteras. Como se mencionó en el apartado anterior, se encontró que son pocas las prácticas idóneas que se han implementado en los PDE del subcontinente. La mayoría de las iniciativas encontradas son meras recomendaciones generales y algunas de ellas lo que buscan en primer lugar es mejorar las inspecciones de seguridad en los PDE terrestres y en segundo lugar dar fluidez al transporte.

Es posible que otras iniciativas para mejorar las operaciones en las fronteras terrestres se hayan puesto en práctica pero no se documentaran. Como modelo a seguir para difundir las prácticas idóneas en las fronteras de América del Norte se podría crear una red similar a la del transporte urbano de mercancías (BEST Urban Freight Solutions o BESTUFS) de la Unión Europea.

La BESTUFS se fundó en el año 2000 con financiamiento de la en ese entonces Dirección General de Energía y Transportes, de la Comisión Europea, con el objetivo de identificar, describir y difundir prácticas idóneas, criterios de éxito y soluciones a los problemas originados por el transporte urbano de mercancías. Además, la BESTUFS mantiene y expande una red europea abierta entre los expertos en transporte urbano de mercancías, grupos y asociaciones de usuarios, proyectos en curso, representantes tanto de las Direcciones Generales de la Unión Europea pertinentes como de administraciones de transporte nacionales, regionales y locales y conductores (BESTUFS, sin fecha).

El equipo de trabajo del proyecto BESTUFS organiza talleres y conferencias por toda Europa y elabora informes sobre sucesos, exposiciones y eventos relacionados con el transporte comercial urbano a escala local, regional, nacional y continental. La red BESTUFS es objeto de considerable atención por parte de investigadores y de practicantes y toda la información es pública y está disponible en la página web <www.bestufs.net>.

Ahora en su segunda fase, la BESTUFS II busca fortalecer y ampliar la promoción y difusión de soluciones logísticas ciudadanas en Europa e incluso fuera del continente estableciendo nuevos vínculos con otras redes, grupos y otros expertos internacionales relacionados con la problemática del transporte urbano de mercancías, entre otras soluciones.

Una recomendación es usar el modelo BESTUFS para difundir prácticas idóneas que reduzcan las emisiones a la atmósfera en los cruces fronterizos de América del Norte, bajo el liderazgo de la CCA. La CCA podría llevar a cabo las siguientes actividades:

- Trabajar con grupos de planeación del transporte de América del Norte ya integrados (como el Comité Conjunto de Trabajo México-EU y el US-Canada Transportation Working Group) para crear una red de intercambio de información de prácticas idóneas en PDE terrestres que se albergaría en el sitio web de la CCA.
- Difundir y organizar seminarios o talleres sobre prácticas idóneas en los tres idiomas oficiales de América del Norte: español, francés e inglés. Cuantificar la contribución de las iniciativas de reducción de las emisiones a la atmósfera en fronteras terrestres para que sirva como fundamento de políticas.
- Difundir datos de cruce de fronteras terrestres a través de la red.
- Reunir una lista de grupos de trabajo, iniciativas y proyectos bilaterales o trilaterales existentes, así como de las cuentas activas en medios sociales de dichos grupos o autoridades, y proporcionar enlaces a sus respectivos sitios web.

Apéndice I: Revisión de la literatura sobre estudios de caso relacionados con el impacto de las emisiones vehiculares en la salud humana y el medio ambiente en puertos de entrada terrestres

1) Fronteras de América del Norte

a) Vehículos comerciales y transporte ferroviario

***Sustentabilidad de los corredores de transporte de carga en América del Norte: retos y oportunidades*, elaborado por el Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M para la Comisión para la Cooperación Ambiental, diciembre de 2010, disponible en: <www3.cec.org/islandora/en/item/4093-greening-north-american-transportation-corridors>.**

En este documento, un estudio de caso del corredor Ciudad de México-Montreal, se presenta una evaluación de las emisiones del transporte ferroviario y carretero con un caso base (2010) y un escenario futuro (2035). El informe menciona que la falta de datos sigue siendo un problema y demanda acciones y políticas coordinadas entre Canadá, Estados Unidos y México. Los resultados muestran que el movimiento de carga seguirá generando grandes cantidades de emisiones de CO₂. Aunque el informe no menciona de manera particular el impacto de las emisiones de camiones y ferrocarriles en los PDE, sí implica un impacto general en los PDE Laredo-Nuevo Laredo, Detroit-Windsor y Port Huron-Sarnia causado por demora y congestión. El informe señala que hay una correlación positiva entre los cuellos de botella y la demanda de transporte de carga: es decir, conforme aumenta la demanda crecen el número y la duración de los cuellos de botella. El informe se centra en cinco diferentes contaminantes: CO₂, CO, NO_x, HC y PS.

***Sustainability and Freight Transportation in North America (Foundation Paper)* [Sustentabilidad del transporte de carga en América del Norte. Documento base], Texas Transportation Institute (TTI) (Texas A&M University System) para la Comisión para la Cooperación Ambiental, marzo de 2010, disponible en: <www3.cec.org/islandora/en/item/4094-sustainability-and-freight-transportation-in-north-america>.**

Los objetivos del documento base fueron presentar una sinopsis del sistema de transporte de carga en América del Norte y su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); investigar cómo se miden o estiman los GEI de camiones y trenes (como enfoque general únicamente, no en PDE terrestres); examinar el espectro de estrategias disponibles para la mitigación de los GEI de camiones y trenes; revisar programas y políticas federales, regionales, estatales y locales promulgadas para mitigar los GEI, y desarrollar un conjunto de áreas de oportunidad a corto y a largo plazo para que los gobiernos de América del Norte emprendan acciones para frenar el aumento en las emisiones de GEI del transporte carretero y ferroviario. Este documento señala que los prolongados procedimientos de migración y seguridad son una de las causas de congestión, demoras y marcha en vacío de camiones y en consecuencia de las emisiones excesivas. Como recomendación para reducir congestión y demoras, los investigadores proponen incrementar el uso de equipo electrónico previo al despacho de aduana y ampliar la capacidad física en ciertos cruces fronterizos.

La conclusión del estudio es que la combinación coherente de políticas integradas por subsidios, normatividad y asignación de precio a las emisiones es el enfoque más promisorio para la mitigación de los GEI del transporte de carga carretero y ferroviario. Se identificaron numerosas áreas de oportunidad: inversión pública más rigurosa, normatividad sobre GEI específica del transporte de carga, cooperación dinámica con el sector privado, mejoramiento de la transferencia de tecnología y experiencia técnica, desarrollo de fuentes de energía alternas y posibles mecanismos de fijación de precio a las emisiones y el carbono.

b) Vehículos particulares, vehículos comerciales, autobuses y transporte ferroviario y aéreo

Environmental Assessment of NAFTA by the Commission for Environmental Cooperation: An Assessment of the Practice and Results to Date, International Institute for Sustainable Development (Aguilar et al., octubre de 2011, disponible en: <www3.cec.org/islandora/en/item/11047-environmental-assessment-nafta-commission-environmental-cooperation>).

Este informe de la CCA evalúa los efectos ambientales y, por ende, sociales y económicos de la liberalización del comercio en la región del TLCAN y explora el contexto de la normatividad del Tratado vigente en el campo ambiental. Asimismo, incluye recomendaciones basadas en prácticas idóneas y las respuestas a entrevistas a un amplio conjunto de interesados. También evalúa la efectividad de las prácticas actuales e históricas, para lo cual comienza por catalogar las acciones vigentes a la fecha e incluye pequeños cuestionarios de las principales lecciones aprendidas sobre comercio y medio ambiente. En un apartado muy útil del informe se evalúan tanto los puntos fuertes como los débiles de los enfoques actuales, destacándose como punto fuerte en términos de comercio e impacto ambiental la organización de simposios y la promoción de amplias actividades de investigación para profesionistas, encargados de la formulación de políticas y expertos en el campo (incluidas emisiones generadas por el transporte de carga). Sin embargo, uno de los puntos débiles fue que muchos de los trabajos adolecen de graves problemas metodológicos y analíticos y falta de seguimiento de los resultados de los simposios. Otro punto débil de carácter general fue que la investigación y el análisis no se tradujeron en impacto en materia de políticas. Por último, el documento concluye con algunas recomendaciones para cumplir mejor con el mandato de la CCA de examinar los efectos ambientales del TLCAN.

Greening Transportation at the Border, Federal Highway Administration (FHWA), febrero de 2011, disponible en: <<http://trid.trb.org/view.aspx?id=1250041>>.

Derivado del taller trilateral sobre la sustentabilidad ambiental del transporte en la frontera (*Green Transportation at the Border Workshop*) organizado por la FHWA en San Diego, California, en febrero de 2011, este informe y el sitio web relacionado examinan la implementación de opciones de transporte sustentable que pueden reducir los impactos ambientales y al mismo tiempo mejorar la calidad del aire, la salud pública y la conectividad entre vida silvestre y hábitat. La iniciativa *Green Transportation at the Border* busca promover la adopción de diversas prácticas de transporte ambientalmente sustentables a lo largo de las fronteras. El informe se centra en cuatro temas de transporte fronterizo: sustentabilidad y calidad de vida, financiamiento e industria respetuosos del medio ambiente, tecnología verde e indicadores de desempeño. Este informe es un referente para las dependencias a cargo de la planeación del transporte fronterizo, incluidos gobiernos nacionales, estatales o provinciales y locales. Además, resume los hallazgos generales del taller, así como las posibles soluciones recomendadas.

A manera de ejemplo, uno de los hallazgos es que las emisiones y las PS de los vehículos que cruzan las fronteras afectan de modo significativo la calidad del aire y contribuyen al cambio climático, por lo que la acción recomendada para este problema en particular fue que las autoridades gubernamentales de Canadá, Estados Unidos y México deben poner en marcha programas específicos y mejoras tecnológicas a lo largo de sus fronteras. El informe también menciona soluciones innovadoras, tecnología actual y estrategias vigentes y propuestas en los PDE y recalca que congestiones y demoras son los principales problemas para la salud humana y ambiental a lo largo de las regiones de cruce fronterizo de EU-México y Canadá-EU. En el Cuadro 3 se resume una lista de hallazgos y recomendaciones relacionadas con las emisiones del transporte.

Cuadro 3: Hallazgos y recomendaciones de la iniciativa *Greening Transportation at the Border* de la FHWA

Hallazgo	Recomendación
Los efectos ambientales negativos no se circunscriben al PDE y se extienden a las poblaciones fronterizas.	La planeación debe tener una perspectiva completa de las regiones fronterizas e incluir calidad de vida y sustentabilidad entre las metas de las soluciones de transporte.
No se ha hecho pleno uso de técnicas de financiamiento verde para proyectos fronterizos.	Se deben poner a prueba y emplear técnicas de financiamiento innovadoras en proyectos de transporte sustentable en la frontera.
Las emisiones y PS de los vehículos afectan la calidad del aire.	Canadá, Estados Unidos y México deben buscar mejoras a programas y tecnologías.
Las emisiones vehiculares y otras fuentes de PS afectan gravemente la salud pública.	Financiar y promover investigaciones sobre la exposición actual a emisiones y PS. Desarrollar y aplicar nuevas tecnologías y políticas para limitar la exposición.
A la fecha, cada país hace su propia planeación ambiental y de transporte en la frontera, independiente de la del país vecino.	La planeación ambiental y de transporte debe hacerse en forma conjunta para asegurar la obtención de mejores resultados ambientales y de calidad de vida.

c) Peatones

Dada la importancia de las operaciones transfronterizas para la economía tanto local como regional y nacional, ya se han estudiado las características conductuales de los movimientos transfronterizos de peatones. Documentos como *San Ysidro Pedestrian Crossing Report* (Cruz y Gompper Graves, 2010) y *Toward Understanding the Pedestrian Travel on the Paso Del Norte Bridge* (Sener *et al.*, 2012) arrojan resultados generalmente sobre tiempos de recorrido transfronterizo a pie, comportamiento de los usuarios e impacto económico de los peatones a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México. Sin embargo, en términos de exposición a la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud de los peatones transfronterizos, la literatura es muy limitada. Por ejemplo, algunos de los estudios sobre exposición, salud y calidad del aire a lo largo de las fronteras en la región del TLCAN son:

- *Evaluation of Exposures to Diesel Particulate Matter Utilizing Ambient Air Monitoring and Urinary Biomarkers among Pedestrian Commuters Who Cross the US-Mexico Border at San Ysidro, CA* (Galaviz *et al.*, 2013).
- *Ultrafine Particle Levels at an International Port of Entry between the US and Mexico: Exposure Implications for Users, Workers, and Neighbors* (Olvera *et al.*, 2013).

Aunque estos estudios analizan más a fondo los efectos en la salud humana (sobre todo de peatones formados para cruzar un PDE), este documento supone que los impactos ocasionados por las emisiones vehiculares y la mala calidad del aire afectarán a los usuarios de PDE que están expuestos a contaminantes por largos periodos de tiempo y permanecen cerca de tráfico muy denso, específicamente de autobuses a diésel.

d) Efectos en la comunidad

En los últimos diez años se han publicado estudios que demuestran que las personas que padecen afecciones graves, como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer pulmonar, son especialmente vulnerables a las emanaciones de los vehículos automotores (Wargo *et al.*, 2006).

Con referencia específica a los PDE de la región del TLCAN, varios estudios han informado que las personas que viven a lo largo de cruces fronterizos y áreas circundantes de la frontera Canadá-Estados Unidos corren más riesgo de padecer asma. Por ejemplo, dos encuestas domiciliarias determinaron que las

tasas de prevalencia de asma en hogares cercanos al PDE Peace Bridge Complex duplicaban las de hogares ubicados en el lado este de Buffalo (Lwebuga Mukasa *et al.*, 2004). Estas observaciones indican que el tráfico más denso del lado oeste de Buffalo puede estar asociado no sólo a la exacerbación del asma sino también a su mayor prevalencia en la comunidad (Oyana *et al.*, 2004). En el caso de los habitantes a lo largo del cruce fronterizo EU-México, un estudio de investigación publicado en 2014 examinó el posible efecto en las poblaciones alrededor del PDE San Ysidro ocasionado sobre todo por las prolongadas demoras del tráfico hacia el norte (Quintana *et al.*, 2014). Los investigadores hicieron un muestreo en cuatro puntos elevados (techos) en 2010: un establecimiento comercial cerca del PDE, dos escuelas primarias en San Ysidro y un sitio de referencia en un estuario de la costa. Los resultados de estas muestras arrojaron concentraciones de partículas ultrafinas de carbono negro invariablemente más elevadas durante el día cerca del PDE. Además, los investigadores observaron concentraciones más altas de la contaminación cuando el viento soplabo a baja velocidad o soplabo del PDE a San Ysidro.

2) Frontera Estados Unidos-México

a) Vehículos particulares, vehículos comerciales y autobuses

Developing an Emissions Estimation Tool for El Paso Border Crossings, Texas Transportation Institute (TTI) (Texas A&M University System), realizado en colaboración con la Comisión de Texas sobre Calidad Ambiental y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Región 6, Informe preliminar (Farzaneh *et al.*, 2013)

El Instituto de Transporte de Texas (*Texas Transportation Institute, TTI*) creó una metodología para la estimación de las emisiones generadas específicamente en cruces fronterizos utilizando el modelo MOVES de la EPA para formular las tasas de emisiones y construir la herramienta. La EPA creó MOVES para estimar las emisiones de fuentes móviles; sin embargo, dado que los patrones de manejo promedio nacionales usados en este sistema no representan los patrones de manejo especiales de los vehículos que cruzan la frontera, los investigadores idearon una metodología para estimar las emisiones específicas de las condiciones de los cruces fronterizos. Se utilizaron unidades GPS para reunir datos de actividad vehicular segundo por segundo. Estos datos, junto con otra información pertinente obtenida de una serie de actividades de recolección de datos realizadas en puntos del cruce fronterizo El Paso-Juárez, se incorporaron a la herramienta de estimación de las emisiones.

Los investigadores corrieron MOVES 2010b para 400 conjuntos de condiciones diferentes, como las siguientes:

- dos lugares: El Paso y Ciudad Juárez
- dos estaciones: verano e invierno
- dos tipos de combustible: gasolina y diésel
- tres tipos de vehículos: vehículos de pasajeros, camiones de pasajeros y camiones de doble remolque para viajes cortos
- cuatro periodos de tiempo: hora pico diurna, medio día, hora pico vespertina y noche
- siete contaminantes: HCT, CO, NO_x, CO₂, PM₁₀, PM_{2.5} y PS de CE
- 25 años de análisis: 2010 a 2035
- 31 años de modelo de los vehículos: 0 a 30 o más años de antigüedad

Una serie de corridas de validación que compararon los resultados de la herramienta con los resultados de MOVES indica que hay discrepancias en cuanto a las emisiones de NO_x, CO y HCT de los vehículos

ligeros. El equipo de investigación trabaja con personal de la EPA para determinar la causa de estas discrepancias. No se recomienda la versión actual de la herramienta para estimar las emisiones de NO_x, CO y HCT de los tipos de fuentes 21 y 31.

La herramienta resultante de estimación de las emisiones en cruces fronterizos permite a los usuarios preparar y ejecutar con toda rapidez corridas de estimación de emisiones para diversas condiciones y casos. Aunque la herramienta se basa en los datos de campo recabados en el área de El Paso-Juárez, la estructura del proceso de estimación es independiente de los datos y es fácil de actualizar usando tasas de emisiones locales y datos de actividad vehicular de otros lugares.

United States-Mexico Land Ports of Entry Emissions and Border Wait-Time White Paper and Analysis Template, Federal Highway Administration (Cambridge Systematics, Inc., 2013)

Éste es quizás uno de los estudios más importantes para examinar la correlación entre congestiónamiento y emisiones a lo largo de la frontera Estados Unidos-México. El informe elabora un esquema de análisis (guía) que enseña cómo analizar las emisiones en PDE terrestres EU-México. El documento presenta dos diferentes estudios de caso, o supuestos, en el puente internacional Ysleta-Zaragoza ubicado al este de El Paso, Texas. En ambos casos se hicieron microsimulaciones y análisis mediante la formulación de tasas de emisión representativas para luego combinarlas con la actividad vehicular correspondiente. El primer estudio de caso supone la incorporación de 1,000 vehículos particulares al programa SENTRI para reducir los kilómetros recorridos por vehículo (KRV) de filas de vehículos que avanzan lentamente. El segundo caso combina inspecciones de VC en Estados Unidos y México para reducir el número de encendido de motores y el tiempo de marcha en vacío. El estudio se concentra en dos contaminantes, NO_x y PM_{2.5}, en condiciones diarias promedio. Los resultados de este estudio indican que aun cuando el tráfico comercial es mucho menos denso que el de vehículos particulares, los VC son responsables de la mayor parte de las emisiones de PM_{2.5} y NO_x. Algunas de las prácticas idóneas recomendadas para reducir al mínimo la demora y el congestiónamiento en los PDE son:

- Reducir al mínimo el número de casetas y combinar inspecciones.
- Reducir al mínimo los KRV de las filas de vehículos o minimizar las demoras.
- Estacionar en vez de hacinar los vehículos.
- Combinar inspecciones redundantes de carga y vehículos (por ejemplo, inspecciones vehiculares y revisiones de seguridad por parte de México, Estados Unidos y el estado respectivo).

US-Mexico Border Region Greenhouse Gas Inventories and Policy, preparado para la EPA de EU (Ross and Associates, 2009)

Este informe identifica y describe las actividades en curso relativas a la medición y mitigación de los GEI en la región fronteriza y esboza un marco de estrategias de colaboración regional para reducir estos gases (el transporte es responsable de 28 por ciento de todas las emisiones de GEI en América del Norte). El estudio se concentra en la región fronteriza EU-México y parte de actividades a escalas nacional, estatal y local, pero las examina en términos de sus implicaciones para la región fronteriza y lo que suponen para los enfoques regionales. Los métodos de investigación de este estudio se basan en pláticas con expertos en política climática a lo largo de la frontera, así como en inventarios de GEI, planes de acción y otros documentos.

Greenhouse Gas Emissions due to Vehicle Delays at the San Diego-Tijuana Border Crossings (Barzee, 2010)

Esta investigación estima las emisiones de GEI en los tres PDE terrestres del condado de San Diego, California (localizados en San Ysidro, Mesa de Otay y Tecate). Las emisiones se calcularon usando MOVES 2010b a partir de información de tráfico con dirección norte. Las emisiones de CO₂, N₂O y tetróxido de carbono (CO₄) se cuantificaron y expresaron todas ellas como CO₂e. El resultado de este

estudio de investigación indica que las emisiones estimadas totales de los tres cruces fronterizos fueron del orden aproximado de 80,000 toneladas de CO₂e por los tres PDE por el modelo del año base (2009). De este total, el PDE San Ysidro fue el que más contribuyó a las emisiones de GEI (68 por ciento), Mesa de Otay contribuyó mucho menos (30 por ciento) y Tecate fue el que menos contribuyó (2 por ciento). Los camiones pesados a diésel en el cruce comercial Mesa de Otay fueron los vehículos que más contribuyeron (15.3 kg CO₂e/cruce), mientras que los que menos contribuyeron en general fueron los vehículos que usan los carriles SENTRI (1.1 kg CO₂e/cruce). Tomando en cuenta el escenario del año de referencia sujeto a modelización en esta investigación (2009) más la recesión económica y la intensificación de la violencia en México, podría considerarse que los resultados de la investigación son atípicos y subestiman el volumen real de las emisiones totales de gases de efecto invernadero.

Black Carbon and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from Vehicles in the United States-Mexico Border Region: Pilot Study, Journal of Air and Waste Management Association (Kelly et al., 2006)

Este artículo describe la creación de un sistema para medir factores de emisiones de CN y HAP aglomerados en partículas. Los investigadores que participaron en este estudio experimental obtuvieron datos de muestra reunidos con sistemas de medición empleados a lo largo de las carreteras de cuatro ciudades fronterizas: Caléxico, Mexicali, El Paso y Ciudad Juárez. Mediante monitoreo de las emisiones vehiculares, los investigadores calcularon un factor de emisiones basado en el combustible capaz de medir BC, CO₂ y HAP. De acuerdo con los resultados, se determinó que la mayoría de las veces los autobuses mexicanos y todos los camiones de trabajo mediano emiten más CN y HAP que los camiones de trabajo pesado o los vehículos de pasajeros. El estudio también reveló que camiones y autobuses mexicanos tenían factores de emisiones promedio más altos que sus contrapartes estadounidenses, pero las diferencias eran irrelevantes para efectos estadísticos. Los investigadores recomendaron que una de las próximas etapas de las nuevas investigaciones incluya monitoreo de autobuses mexicanos (sistema de tránsito y trabajadores de maquiladoras que se trasladan en ellos) dadas las condiciones de los vehículos y el elevado número de kilómetros que recorren a diario.

b) Vehículos particulares y vehículos comerciales

Tier II Air Quality Technical Report for Construction Emissions for State Route 11 and the Otay Mesa East Port of Entry, Departamento de Transporte de California (Thompson, 2010)

Este proyecto se implementó en la cuenca atmosférica de San Diego. El estudio analiza tres diferentes alternativas de construcción para conectar la ruta estatal 11 y el PDE Mesa de Otay. El análisis examina el impacto en la demora vehicular y sus posibles consecuencias en la calidad del aire causadas por las emisiones de vehículos comerciales y particulares en el área (CO, ozono, óxido nitroso, PS respirables y finas, dióxido de azufre, plomo y contaminantes atmosféricos tóxicos).

Mitigating Cross-Border Air Pollution: The Power of a Network, Center for Technology in Government (Cresswell et al., 2009)

Los autores de este informe examinan las dificultades y los posibles beneficios de las medidas transfronterizas para mitigar la contaminación atmosférica. Los investigadores se centraron en el Comité Consultivo Conjunto para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Ciudad Juárez (Chihuahua), El Paso (Texas) y el Condado de Doña Ana (Nuevo México). El estudio explora las prácticas idóneas en dicha región y describe las ventajas de medidas emprendidas en esta región que lograron excelentes resultados en el mejoramiento de la calidad del aire y otras cuestiones atmosféricas transfronterizas. La herramienta principal del estudio es la aplicación de entrevistas de nueve miembros en funciones y anteriores del Comité. Las conclusiones de los autores sugieren que las características del entorno físico y el contexto organizacional y político fueron los verdaderos conformadores de las estrategias y métodos del Comité. Además, los autores señalan que las acciones futuras exigirán mucho más que el mero retiro de las carreteras de los vehículos con altas emisiones y que en vez de ello ambos

gobiernos deben atacar aquellas dificultades que entrañan estrategias más caras y complejas como los “altos niveles de pobreza en Ciudad Juárez y las desigualdades relativas en la riqueza entre Estados Unidos y México”.

Mariposa Port of Entry Bottleneck Study (Nogales Sonora-Nogales Arizona), Universidad de Arizona (Centro de Investigación ATLAS) y Tecnológico de Monterrey (campus Sonora), patrocinado por el Departamento de Transporte de Arizona (Arizona Department of Transportation) (Golob et al., 2008)

Este informe identifica áreas de embotellamiento a la llegada y la salida del PDE Mariposa y su efecto en los movimientos transfronterizos. También explora y recomienda soluciones de bajo costo para incrementar la eficacia y aliviar el congestionamiento del puerto. El equipo de investigación utilizó recopilación y análisis de datos de tráfico para determinar la ubicación y las posibles causas de los embotellamientos que obstaculizan el libre paso de personas y productos por el PDE Mariposa, ya que se trata de uno de los principales PDE de frutas y vegetales del país.

c) Vehículos particulares, vehículos comerciales, autobuses y transporte ferroviario y aéreo

Programa Ambiental México-Estados Unidos Frontera 2020, Agencia de Protección Ambiental (EU) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México) (EPA, 2014)

Este documento y el sitio web relacionado contienen los principios rectores que apoyan la misión del programa binacional Frontera 2020. Documento y sitio señalan las cinco metas estratégicas que las autoridades de ambos países han convenido en alcanzar para el año 2020 (consistente con el TLCAN). El programa Frontera 2020 es una medida binacional con alcance de ocho años que busca “proteger el medio ambiente y la salud pública en la región fronteriza México-Estados Unidos, de manera consistente con los principios de desarrollo sustentable”. La meta número uno, y quizá la de máxima prioridad de este acuerdo, es reducir la contaminación del aire mediante el alcance de los siguientes objetivos:

- Limitar el número de vehículos que se introducen al país que no cumplen con las normas de emisiones vehiculares respectivas, y reducir el tiempo de espera con el motor encendido en los cruces fronterizos y otras posibles medidas de reducción.
- Reducir emisiones de contaminantes para apoyar el cumplimiento de las normas nacionales de calidad del aire en las siguientes cuencas atmosféricas: San Diego-Tijuana, Imperial County-Mexicali, ambos Nogales y Paso del Norte (El Paso-Juárez-Sunland Park).
- Para el año 2018, mantener satisfactoriamente las redes de monitoreo de la calidad del aire y permitir el acceso a los datos de calidad del aire en tiempo real.
- Para el año 2015, complementar los planes estatales de acción ante el cambio climático de los seis estados mexicanos fronterizos.
- Reducir las emisiones de contaminantes y sus impactos asociados mediante proyectos para la eficiencia energética o proyectos de energías renovables o alternas.

El programa abarca las regiones de Baja California-California, Sonora-Arizona, Chihuahua-Texas-Nuevo México y Nuevo León-Tamaulipas-Texas-Coahuila. Al igual que con el programa de 2012 anterior, la EPA promoverá la plena instrumentación del programa asegurando al mismo tiempo cooperación, coordinación y comunicación binacionales y apalancamiento de recursos de los sectores gubernamentales, no gubernamentales, académicos y privado a ambos lados de la frontera.

Diseño de una estrategia para reducir partículas como parte de Transporte Limpio, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (TTI, 2013)

Este informe analiza las características del cruce de los VC en la región Laredo-Nuevo Laredo. El equipo de investigación reunió información de flotas de camiones con encuestas de campo, de propietarios de flotillas de camiones y de bases de datos locales y formuló características de ciclo de manejo usando dispositivos GPS. La información se utilizó para determinar posibles tecnologías de reducción de las emisiones de PS. Se analizaron tecnologías de catalizadores de oxidación y filtros de partículas para motores diésel como posibles alternativas para reducir dichas emisiones en los cruces fronterizos Laredo-Nuevo Laredo. Se hizo un análisis costo-beneficio para generar recomendaciones, que incluyó la estimación de la posible reducción de las emisiones con base en características de la flotilla y ciclo de manejo, equipo y costos de instalación. Se formuló un plan de instrumentación preliminar para el reacondicionamiento de camiones de transbordo con catalizadores de oxidación para motores diésel.

Quantification of Selected Sources for Emission Inventory Improvement in El Paso, Texas, Universidad de Texas en El Paso, preparado para El Paso Metropolitan Planning Organization (Yang et al., 2012)

Este informe contiene estimaciones de las emisiones para cinco lugares distintos de El Paso, incluidos vehículos ligeros y pesados en los PDE internacionales El Paso-Juárez, así como el aeropuerto internacional de El Paso. De los cuatro PDE internacionales, el estudio se concentra sobre todo en el Puente de las Américas, ya que este puerto tiene el mayor número de cruces fronterizos en dirección norte y la menor actividad peatonal. Se crearon factores de emisiones por hora del día utilizando del sistema de modelización MOVES 2010b de la EPA. Los resultados indican que las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en el PDE El Paso-Juárez representan aproximadamente 2.0 por ciento del total de las emisiones de COV de El Paso, Texas. Los autores no incluyeron conclusiones o recomendaciones en el informe.

Impactos en la salud de los cruces fronterizos en México-Estados Unidos. Puertos de entrada: deficiencias, necesidades y recomendaciones para acciones (EPA-SCERP, 2012)

Este informe analiza los posibles efectos de las emisiones vehiculares en la salud de la población cercana a la frontera EU-México. El documento resume las recomendaciones y resultados obtenidos luego de una reunión de dos días celebrada en mayo de 2012 en San Ysidro, California. El informe destaca los problemas de justicia ambiental y el congestionamiento que presentan retos en los ámbitos económicos, sociales y de salud pública en varias comunidades a ambos lados de la frontera EU-México. En términos de exposición a las emisiones del tráfico, el informe describe como “afectados” a las personas que cruzan la frontera (ya sea en un vehículo o a pie) y a las que trabajan o realizan actividades cerca de los PDE o en poblaciones cerca de la frontera. La comunidad investigadora que participó en esta reunión binacional estuvo de acuerdo en que la exposición a las emisiones derivadas del tráfico se relaciona con una serie de impactos negativos en la salud de niños, mujeres embarazadas y personas de edad avanzada, como problemas respiratorios, cardiovasculares —incremento en el riesgo de sufrir infartos, por ejemplo—, cáncer y complicaciones prenatales.

Algunas de las carencias, necesidades y recomendaciones mencionadas en esta reunión binacional son:

- Disminuir el tiempo de espera en los cruces fronterizos.
- Mejorar la infraestructura carretera y de los PDE, así como diseñar o rediseñar los PDE para reducir el impacto económico y de salud.
- Mejorar la coordinación entre dependencias federales, estatales y locales, así como la planeación, para reducir el impacto negativo de los PDE y áreas aledañas.
- Estudiar cambios en la infraestructura y alternativas viables que reduzcan la contaminación del aire.

- Investigar indicadores de desarrollo en comunidades fronterizas.

3) Frontera Estados Unidos-Canadá

a) Vehículos particulares, vehículos comerciales y autobuses

Interim Report: Phase 1 of the Air Quality Study of the Impact of the Peace Bridge Plaza on the Surrounding Neighborhood (NY DEC, 2013)

Como parte de una campaña de monitoreo atmosférico con alcance de un año que inició en agosto de 2012, el Departamento de Conservación Ambiental del Estado de Nueva York (*New York State Department of Environmental Conservation, NY DEC*) elaboró un programa para evaluar los cambios en la calidad del aire local producidos por el rediseño del Peace Bridge Plaza y comunidades circunvecinas. La meta final de este estudio era hacer un análisis del impacto en la calidad del aire de la configuración de esta plaza (PDE) relativamente nueva. La fase uno del estudio fue un proceso de recolección de datos de seis meses de duración. Los investigadores monitorearon $PM_{2.5}$ y carbono negro y llegaron a la conclusión de que los datos recabados en la fase uno coincidían bastante con los dos monitores de las estaciones Buffalo y cataratas del Niágara, indicando que no había fuentes significativas de $PM_{2.5}$ que afectaran las poblaciones alrededor de Peace Bridge que no afectaran también los sitios en las cataratas del Niágara y Buffalo. Además, los investigadores observaron que de lunes a viernes por las tardes las concentraciones de CN se elevaban ligeramente en el sitio ubicado en la dirección del viento, debido quizás a la actividad de autotransporte en la Peace Bridge Plaza. Los investigadores usaron modelos idénticos de instrumentos de $PM_{2.5}$ de una hora y 24 horas, así como instrumentos de CN en cada estación monitoreada.

Green the Border. Climate Action at the Peace Arch Border Crossing (British Columbia Ministry of Transportation and Infrastructure, 2013)

Esta iniciativa tuvo como objetivo reducir las emisiones de GEI y mejorar la calidad del aire en el cruce fronterizo Peace Arch. El proyecto piloto incluyó la instalación de semáforos para que el tráfico en espera avance en una serie de pulsos (avance coordinado de un contingente de vehículos), que permite a los conductores apagar sus motores mientras el tráfico delante de ellos se despeja. Las autoridades de transporte de Columbia Británica esperan que esta iniciativa reduzca en una tercera parte las emisiones en el PDE para 2020 sin aumentar los tiempos de espera en la frontera. La meta final de la iniciativa es reducir las emisiones de GEI en 80 por ciento en comparación con las emisiones del año base 2007. Además, el sitio web del Ministerio de Transporte e Infraestructura de Columbia Británica permite dar seguimiento a través de Internet a diferentes iniciativas, planes y acciones en curso relacionadas con la contaminación atmosférica, como transporte limpio, reducción del tiempo de marcha en vacío, comunidades limpias y sustentabilidad ambiental de la frontera, entre otras. Algunas de estas medidas podrían aplicarse a otras regiones de la frontera Canadá-EU e incluso a la región de EU-México, aunque con algunos cambios y adaptaciones ya que por ejemplo, en este último caso, apagar el motor en un día soleado con temperaturas superiores a 30 °C sería extremadamente incómodo para los conductores que esperan dentro de sus vehículos.

Air Toxics Exposure from Vehicle Emissions at a US Border Crossing: Buffalo Peace Bridge Study. Health Effects Institute (Spengler et al., 2011)

También conocido como el “informe de investigación 158”, este estudio presenta los resultados de las mediciones de un gran número de compuestos producidos por vehículos a diésel y gasolina, como COV, HAP y HAPN. El equipo de investigación centró su análisis en la comparación de los niveles de contaminantes atmosféricos medidos en una plaza contigua a Peace Bridge (en la frontera Canadá-EU), incluidos compuestos que la EPA clasifica como ‘sustancias tóxicas emitidas a la atmósfera por fuentes móviles’ (en inglés: *mobile-source air toxics, MSAT*). El estudio se hizo para evaluar diferencias en las

concentraciones de MSAT en dirección del viento y contra el viento. Los resultados demostraron que una concentración de vehículos automotores generaba niveles elevados de emisiones relacionadas con fuentes móviles en dirección del viento, a distancias entre 300 m y 600 m. Este estudio ofrece un conjunto de datos completo para evaluar las interrelaciones entre MSAT y determinar el impacto de vehículos pesados a diésel.

b) Vehículos comerciales

Understanding Pacific Highway Commercial Vehicle Operations to Support Emissions Reduction Programs (Goodchild y Klein, 2011)

Como parte de las soluciones para la administración de fronteras regionales, investigadores de la Universidad de Washington analizaron datos de VC recabados en 2009 en el cruce de la autopista del Pacífico entre Columbia Británica (Canadá) y Washington para estudiar soluciones para reducir el tiempo de marcha en vacío de los camiones y en consecuencia las emisiones a la atmósfera. Los investigadores tenían particular interés en: a) las características singulares de las operaciones fronterizas que no se pueden captar con herramientas de simulación estándar en el PDE Blaine, b) las ineficiencias de logística en la frontera que pueden incrementar las emisiones y el tiempo de traslado y c) el efecto de la presentación de manifiestos-e en los tiempos de inspección. A uno de los investigadores le llamaba especialmente la atención el gran número de camiones vacíos que cruzaban en dirección al sur (a un destino en Estados Unidos) en la autopista del Pacífico y la poca utilización del programa FAST de tarjetas para el comercio libre y seguro de embarques comerciales de bajo riesgo. Los resultados de este estudio indican que el impacto logístico de la frontera contribuye a emisiones innecesarias a la atmósfera, como resultado directo de la ineficiencia en las operaciones. La mayoría de las actividades del autotransporte cerca de la frontera se realizan en instalaciones de autotransporte, que indican la existencia de demanda de estacionamientos creada por la frontera. Otro hallazgo interesante revela que los camiones que no transportan, pero podrían transportar, carga de retorno contribuyen a las emisiones. Con base en las encuestas y en los datos reunidos, los investigadores llegaron a la conclusión de que los transportistas canadienses transportan más productos y con más eficiencia que los estadounidenses, produciendo de esta manera un porcentaje menor de las emisiones innecesarias. Con respecto a la eficiencia logística ambiental, las estadísticas revelaron que los traslados que usan el carril destinado al programa FAST son ineficientes en muy alto grado y son responsables de una proporción relativamente alta de emisiones innecesarias.

Preliminary Air Quality Assessment Related to Traffic Congestion at Windsor's Ambassador Bridge (Diamond y Parker, 2004)

Este informe presenta una evaluación preliminar de los impactos en la calidad del aire ocasionados sobre todo por las emisiones de vehículos a diésel. La investigación se hizo monitoreando la calidad del aire en periodos de medición cortos a lo largo del corredor Huron Church. Los resultados de este estudio indican que:

- El incremento en PS fue mínimo cuando no hubo demoras de tráfico en el corredor.
- El Índice de Calidad del Aire aumentó un nivel completo para $PM_{2.5}$ cuando la demora por inspección del tráfico de camiones fue superior al promedio.
- Con base en observaciones y mediciones de monitoreo, los investigadores concluyeron que el incremento en PS depende del volumen de tráfico, la duración de la demora y el clima.
- Se midió un incremento en las PS por arriba de las condiciones ambientales a una distancia de hasta 300 m (984 pies) de la carretera. Las PS de mayor tamaño aumentaban cerca de las carreteras y disminuían a medida que se alejaban de ellas.

- Los resultados del muestreo de COV no indicaron concentración significativa (incremento mínimo).

Bibliografía

- Aguilar, S., R. Constantino, A. Cosby y S. Shaw (2011), *Environmental Assessment of NAFTA by the Commission for Environmental Cooperation: An Assessment of the Practice and Results to Date*, International Institute for Sustainable Development (IISD), disponible en: <www3.cec.org/islandora/en/item/11047-environmental-assessment-nafta-commission-environmental-cooperation>.
- Barzee, S. L. (2010), *Greenhouse Gas Emissions due to Vehicle Delays at the San Diego-Tijuana Border Crossings*, tesis de maestría, disponible en: <http://sdsu-dspace.calstate.edu/bitstream/handle/10211.10/262/Barzee_Suzanne.pdf?sequence=1>.
- BC Ministry of Transportation and Infrastructure (2014), *Greening the Border: Idle Reduction at the Peace Arch Border Crossing*, Ministerio de Transporte e Infraestructura de Columbia Británica, disponible en: <www.th.gov.bc.ca/greening_the_border/greening.htm> (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- BESTUFS (s/f), *Good Practice Guide on Urban Freight Transport*, disponible en: <www.bestufs.net/download/BESTUFS_II/good_practice/English_BESTUFS_Guide.pdf>.
- Cambridge Systematics, Inc. (2013), *United States-Mexico Land Ports of Entry Emissions and Border Wait-Time White Paper and Analysis Template*, Federal Highway Administration, Cambridge, MA, disponible en: <www.borderplanning.fhwa.dot.gov/waittime/emsbrdr.pdf>.
- CBP (2014), *FAST: Free and Secure Trade for Commercial Vehicles* [Programa FAST de comercio libre y seguro para embarques de bajo riesgo], US Customs and Border Protection, disponible en: <www.cbp.gov/travel/trusted-traveler-programs/fast> (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- Cresswell, A. M., G. B. Burke y C. Navarrete (2009), *Mitigating Cross-Border Air Pollution: The Power of a Network*, Albany, NY, Center for Technology in Government, Research Foundation of State University of New York, disponible en: <www.ctg.albany.edu/publications/reports/...mitigating/jac_mitigating.pdf>.
- Cocef (2013), Programa de Capacitación Masiva en Conducción Eficiente, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, publicado el 13 de septiembre de 2013, disponible en: <www.cocef.org/noticias/noticias-de-la-cocef/programa-de-capacitacion-masiva-en-conduccion-eficiente#.VA3ULk10wus> (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- Cocef (2014), *Diseño de una estrategia para reducir partículas como parte del Programa Transporte Limpio*, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, disponible en: <www.cocef.org/proyectos/proyectos-de-frontera-2012/diseño-de-una-estrategia-para-reducir-particulas-como-parte-del-programa-transporte-limpio> (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- Cruz, T. y C. Gompper Graves (2010), *San Ysidro Pedestrian Crossing Report*, South County Economic Development Council, disponible en: <www.utsandiego.com/news/2010/aug/21/survey-sentri-border-crossing-program-suffers-misc/>.
- DHS (2014), Trusted-Traveler Program, US Department of Homeland Security, disponible en: <www.dhs.gov/trusted-traveler-programs> (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- Diamond, G. y M. Parker (2004), *Preliminary Air Quality Assessment Related to Traffic Congestion at Windsor's Ambassador Bridge*, Ontario Ministry of the Environment, Southwestern Region, disponible en: <<https://archive.org/details/preliminaryairqu00ontauoft>>.
- EPA (2009a), *Draft Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES) 2009: Software Design and Reference Manual*, EPA-420-B-09-007, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: <<http://www.epa.gov/otaq/models/moves/420b09007.pdf>> (consulta realizada el 22 de abril de 2014).
- EPA (2009b), *Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES) 2010: User Guide*, EPA-420-B-09-041, Assessment and Standards Division, Office of Transportation and Air Quality [Oficina de Transporte y Calidad del Aire, División de Normas y Evaluación], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: <www.epa.gov/otaq/models/moves/420b09041.pdf>.

- EPA (2014a), *US-Mexico Border 2020 Program*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: www2.epa.gov/border2020 (consulta realizada el 14 de abril de 2014).
- EPA (2014b), *About SmartWay*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: www.epa.gov/smartway/about/index.htm (consulta realizada el 28 de agosto de 2014).
- EPA (s/f 1), *San Diego-Tijuana Diesel Emissions Reduction Demonstration Project*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: www.epa.gov/region9/wcc/files/grants/SanDiegoFactSheet.pdf.
- EPA (s/f 2), *San Diego/Tijuana Clean Diesel Demonstration Project*, Domingo Vigil, Air Pollution Control District, County of San Diego, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: www.epa.gov/region9/wcc/files/meetings/2007-03-28/Partners/Vigil.pdf.
- EPA (s/f 3), *A Glance at Clean Freight Strategies: EModal Port Community System for Drayage*, SmartWay Transport Partnerships, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: www.epa.gov/smartway/forpartners/documents/drayage/420f06008.pdf.
- EPA-SCERP (2012), *Impactos en la salud de los cruces fronterizos en México-Estados Unidos. Puertos de entrada: deficiencias, necesidades y recomendaciones para acciones*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y Consorcio del Suroeste para la Investigación y Política Ambiental (SCERP), San Ysidro, California, disponible en: www.colef.mx/wp-content/uploads/2013/05/Impactos-en-Salud-de-Cruces-Fronterizos_Libro-Blanco_FINAL.pdf.
- EPA-Semarnat (2011), *Frontera 2012: Programa ambiental Estados Unidos-México: situación de la región fronteriza. Reporte de Indicadores 2010*, disponible en: www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/07_frontera/frontera_2010_ingles.pdf.
- Fanucci, M. (2014), *WA & BC Initiatives to reduce GHG emissions in the Cascade Gateway*, ponencia presentada en la Conferencia 2014 de NAFTANext durante la Sesión de grupo 4: “Borders of the Future: Challenges of Today”, 23 de abril de 2014, disponible en: www.naftanext.com/wordpress/wp-content/uploads/2014/04/Melissa-Fanucci-Greening-the-Border-WA-BC-Initiatives-to-Reduce-Greenhouse-Gas-Emissions-in-the-Cascade-Gateway.pdf?37b9ce.
- Farzaneh, M., J. Zietsman, T. Fossett, J. Williams y N. Wood (2013), *Developing an Emission Estimation Tool for El Paso Border Crossings*, preparado para la Comisión de Texas sobre Calidad Ambiental por el Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M, disponible en: http://pdnaq.org/PDN-ARP/TTI/Emissions_Border%20Crossings_Final%20Report_draft.pdf.
- FHWA (2011), *Greening Transportation at the Border*, San Diego, CA, Federal Highway Administration, Departamento de Transporte de Estados Unidos, disponible en: www.borderplanning.fhwa.dot.gov/GreenBorderRpt/page03.asp (consulta realizada el 14 de abril de 2014).
- Galaviz, V. E. (2013), *Evaluation of Exposures to Diesel Particulate Matter Utilizing Ambient Air Monitoring and Urinary Biomarkers among Pedestrian Commuters Who Cross the US-Mexico Border at San Ysidro, CA*, tesis de doctorado, University of Washington School of Public Health, Department of Environmental and Occupational Health Sciences, extraída de ProQuest Dissertations and Theses.
- Golob, E., Y. Chiu, P. B. Mirchandani, G. Agraz y Y. Jang (2008), *Mariposa Port of Entry Bottleneck Study. Nogales Sonora-Nogales Arizona*, Arizona Department of Transportation, Tucson, Arizona, disponible en: www.borderplanning.fhwa.dot.gov/documents/MariposaBottleneckStudy.pdf.
- Goodchild, A. y M. Klein (2011), *Understanding Pacific Highway Commercial Vehicle Operations to Support Emissions Reduction Programs*, Transportation Northwest (TransNow), Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington, disponible en: <http://ntl.bts.gov/lib/36000/36000/36096/TNW2010-11.pdf>.

- IEc (2007), *Analysis of Diesel Emissions in the U.S.-Mexico Border Region*, preparado para la Oficina de Asuntos Internacionales de la EPA por Industrial Economics, Inc. y Ross and Associates Environmental Consulting, Ltd, marzo de 2007, Cambridge (MA) y Seattle (WA).
- International Trade Compliance Strategies (2014), *CBSA Moves Closer to Mandatory Compliance Date for eManifest*, 25 de febrero de 2014, disponible en: <<http://tradecompliance.ghy.com/2014/02/cbsa-moves-closer-mandatory-compliance-date-emanifest/>> (consulta realizada el 16 de septiembre de 2014).
- Kelly, K., D. A. Wagner, J. Lighty, M. Quintero Nunez, F. A. Vazquez, K. Collins y A. Barud Zubillaga (2006), “Black carbon and polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from vehicles in the United States-Mexico border region: Pilot study”, *Journal of Air and Waste Management Association*, núm. 56(3), pp. 285-293, disponible en: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16573191>.
- Lwebuga Mukasa, J. S., T. Oyana, A. Thenappan y S. J. Ayirookuzhi (2004), “Association between traffic volume and health care use for asthma among residents at a US-Canadian border crossing point”, *The Journal of Asthma*, núm. 41, pp. 289-304, disponible en: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15260462>.
- NRCan (2014a), *SmartWay Program*, Natural Resources Canada, disponible en: <www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/transportation/commercial-vehicles/smartway/15541> (consulta realizada el 28 de agosto de 2014).
- NRCan (2014b), *Fleetsmart*, Natural Resources Canada, disponible en: <<http://fleetsmart.nrcan.gc.ca/index.cfm?>> (consulta realizada el 28 de agosto de 2014).
- NY DEC (2013), *Interim Report: Phase I of the Air Quality Study of the Impact of the Peace Bridge Plaza on the Surrounding Neighborhood*, New York State Department of Environmental Conservation, Division of Air Resources, Bureau of Air Quality Surveillance, disponible en: <www.dec.ny.gov/docs/air_pdf/pbsept2013.pdf>.
- Olvera, H. A., M. Lopez, V. Guerrero, H. Garcia y W. W. Li (2013), “Ultrafine particle levels at an international port of entry between the US and Mexico: Exposure implications for users, workers, and neighbors”, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, núm. 23(3), pp. 289-298, disponible en: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23321858>.
- Oyana, T. J., P. Rogerson y J. S. Lwebuga Mukasa (2004), “Geographic clustering of adult asthma hospitalization and residential exposure to pollution at a United States-Canada border crossing”, *American Journal of Public Health*, núm. 94(7), p. 1250, disponible en: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1448429/>.
- PierPass (2014), *About PierPass*, disponible en: <www.pierpass.org/about-2/> (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- Quintana, P. J. E., J. J. Dumbauld, L. Garnica, M. Z. Chowdhury, C. Tran, J. Velascosoltero, A. Mota Raigoza, D. Flores, E. Rodríguez, N. Panagon, J. Gamble, J. Irby, J. Elder, V. E. Galaviz, L. Hoffman, M. Zavala y L. T. Molina (2014), “Traffic-related air pollution in the community of San Ysidro, CA, in relation to northbound vehicle wait times at the US-Mexico border port of entry”, *Atmospheric Environment*, vol. 88, pp. 362-369, disponible en: <<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014AtmEn..88..353Q>>.
- Ross and Associates (2009), *US-Mexico Border Region Greenhouse Gas Inventories and Policy*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: <www.epa.gov/region9/climatechange/pdfs/Border-Greenhouse-Report.pdf>.
- SANDAG (2006), *Economic Impacts of Wait Times at the San Diego-Baja California Border, Final Report*, San Diego Association of Governments, California Department of Transportation, District 11, disponible en: <www.sandag.org/programs/borders/binational/projects/2006_border_wait_impacts_execsum.pdf>.
- SCT-Semarnat (2014), *Competitividad del autotransporte federal. Programa Transporte Limpio SCT-Semarnat*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, disponible en: <www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-

- [federal/competitividad-del-autotransporte/programa-transporte-limpio-sct-semarnat/](#) (consulta realizada el 28 de agosto de 2014).
- Sener, I. N., M. Karen, L. D. Galicia Lorenzini y R. M. Aldrete (2012), *Toward Understanding the Pedestrian Travel on the Paso del Norte Bridge: Phase I—Development of a Conceptual Data Inventory Framework*, Texas A&M Transportation Institute, Center for International Intelligent Transportation Research, College Station, Texas, disponible en: [<www.hcmpo.org/files/6313/5722/2963/Sener_PedestrianStudy_B2B_Nov12.pdf>](#).
- Spengler, J., J. Lwebuga Mukasa, J. Vallarino, S. Melly, S. Chillrud, J. Baker y T. Minegishi (2011), *Air Toxics Exposure from Vehicle Emissions at a US Border Crossing: Buffalo Peace Bridge Study*, Health Effects Institute, Boston, Massachusetts, disponible en: [<www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21913504>](#).
- Thompson, V. J. (2010), *TIER II Air Quality Technical Report for Construction Emissions for State Route 11 and the Otay Mesa East Port of Entry*, California Department of Transportation, San Diego, California, disponible en: [<www.dot.ca.gov/dist11/Env_docs/SR11/tech_reports/Air%20Quality%20Analysis%20\(Inc.%20AQ%20Construction%20Report\)/Air%20Quality%20Technical%20Report%2011-2010.pdf>](#).
- TTI (2009), *SmartWay Applications for Drayage Trucks*, Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, disponible en: [<http://d2dtl5nnlpr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/TTI-2009-5.pdf>](#).
- TTI (2010), *Sustentabilidad de los corredores de transporte de carga en América del Norte: retos y oportunidades*, preparado por el Texas A&M Transportation Institute para la Comisión para la Cooperación Ambiental, disponible en: [<www3.cec.org/islandora/en/item/4093-greening-north-american-transportation-corridors-en.pdf>](#).
- TTI (2013), *Diseño de una estrategia para reducir partículas como parte del Programa Transporte Limpio*, Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M y Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, disponible (únicamente resumen) en: [<www.cocof.org/proyectos/proyectos-de-frontera-2012/disen-de-una-estrategia-para-reducir-particulas-como-parte-del-programa-transporte-limpio>](#).
- PNUMA (2014), *Eco-driving*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, disponible en: [<www.unep.org/tnt-unep/toolkit/Actions/Tool8/index.html>](#) (consulta realizada el 8 de septiembre de 2014).
- Rajat, R., J. Villa, R. Macías y W. Tate (2012), *Border-Wide Assessment of Intelligent Transportation System (ITS) Technology—Current and Future Concepts – Final Report*, preparado por el Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M y el Battelle Memorial Institute para el Departamento de Transporte de Estados Unidos, Administración Federal de Carreteras, disponible en: [<http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop12015/fhwahop12015.pdf>](#)
- Villa, J. C. (2006), *Status of US-Mexico Commercial Border Crossing Process: Analysis of Recent Studies and Research. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1966, pp. 10-15, disponible en: [<trid.trb.org/view.aspx?id=777441>](#).
- Villa, J. C. y A. Protopapas (2010), *Sustainability and Freight Transportation in North America (Foundation Paper)*, preparado por el Instituto de Transporte de la Universidad Texas A&M y la Cocof para la Comisión para la Cooperación Ambiental, disponible en: [<www3.cec.org/islandora/en/item/4094-sustainability-and-freight-transportation-in-north-america-en.pdf>](#).
- Wargo, J., L. Wargo, N. Alderman y D. Brown (2006), *The Harmful Effects of Vehicle Exhaust: A Case for Policy Change*, Environment and Human Health, Inc., disponible en: [<www.ehhi.org/reports/exhaust/exhaust06.pdf>](#).
- Yang, H., R. L. Cheu, T. S. Montoya, R. Fitzgerald y W. W. Li (2012), *Quantification of Selected Sources for Emission Inventory Improvement in El Paso, Texas*, El Paso, Texas, El Paso Metropolitan Planning Organization, disponible en: [<rider8ep.org/downloads/Final_EIIR.pdf>](#).