

# **Efectos Ambientales y Estrategias de Mitigación en los Corredores de Comercio y Transporte de América del Norte**

Preparado para la  
**Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte**

Por  
**ICF Consulting**

21 de febrero de 2001

El presente documento de trabajo fue elaborado para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCAAN) por ICF Consulting. Los puntos de vista en él contenidos no necesariamente reflejan la posición de la CCAAN o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción total o parcial del documento, en cualquier forma o medio, con propósitos educativos y sin fines de lucro, sin que sea necesario obtener autorización especial por parte del Secretariado de la CCAAN, siempre y cuando se cite debidamente la fuente. La CCAAN apreciará se le envíe una copia de cualquier publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>IV</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 METODOLOGÍA .....</b>	<b>2</b>
2.1 Selección de los corredores.....	2
2.2 Flujos de bienes .....	5
2.3 Movimiento de vehículos de carga .....	6
2.4 Escenarios de comercio futuro.....	7
2.5 Factores de emisión.....	8
2.6 Grupo consultivo.....	12
<b>3 COMERCIO ACTUAL E IMPACTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE .....</b>	<b>12</b>
3.1 Corredor Vancouver-Seattle .....	14
3.2 Corredor Winnipeg-Fargo.....	15
3.3 Corredor Toronto-Detroit .....	17
3.4 Corredor San Antonio-Monterrey.....	19
3.5 Corredor Tucson-Hermosillo.....	21
3.6 Otros modos de transporte de carga .....	23
<b>4 FUTUROS ESCENARIOS DEL COMERCIO Y EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE ..</b>	<b>24</b>
4.1 El corredor Vancouver-Seattle .....	25
4.2 Corredor Winnipeg-Fargo.....	27
4.3 Corredor Toronto-Detroit .....	28
4.4 Corredor San Antonio-Monterrey.....	30
4.5 Corredor Tucson-Hermosillo.....	33
<b>5 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN.....</b>	<b>34</b>
5.1 Combustibles alternativos .....	35
5.2 Reducción de la espera en el cruce fronterizo .....	37
5.3 Normas de menores emisiones de los camiones en México .....	41
5.4 Disminución del recorrido de automotores vacíos.....	42
5.5 Combinación de vehículos más largos .....	44
<b>6 OTROS EFECTOS AMBIENTALES.....</b>	<b>47</b>
6.1 Recursos acuíferos .....	47
6.2 Recursos biológicos.....	47
6.3 Ruido y vibraciones terrestres.....	48
6.4 Materiales peligrosos .....	48
6.5 Resumen de otros efectos medioambientales.....	49
<b>7 NECESIDADES DE DATOS Y OPORTUNIDADES DE COOPERACIÓN .....</b>	<b>49</b>
7.1 Necesidades de datos.....	50
7.2 Recopilación de datos e intercambio de oportunidades.....	51
<b>8 RESUMEN .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>56</b>

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El comercio entre Canadá, Estados Unidos y México ha crecido con rapidez desde la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). El presente documento examina los efectos ambientales de ese comercio en cinco segmentos binacionales de los tres principales corredores de comercio del TLCAN, con especial atención en las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Los segmentos de los corredores que se eligieron para el análisis son Vancouver-Seattle, Winnipeg-Fargo, Toronto-Detroit, San Antonio-Monterrey y Tucson-Hermosillo. El estudio calcula los flujos actuales y futuros de mercancías, los volúmenes de tráfico de vehículos de carga y las emisiones en cada uno de estos segmentos de los corredores. También se exploran algunas estrategias de mitigación.

El comercio generado por el TLCAN contribuye de manera importante en la actualidad a la contaminación atmosférica en todos los corredores, en particular de emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10. Entre las fuentes móviles, el transporte de carga interfronterizo es responsable de entre 3 y 11% de todas las emisiones de NO<sub>x</sub> y de entre 5 y 16% de las de PM-10. El autotransporte mueve la mayor parte de la carga en los corredores y contribuye con la parte principal de las emisiones relacionadas con comercio (alrededor de tres cuartas partes de NO<sub>x</sub> y más de 90% de PM-10). La espera de los camiones, relacionada con retrasos en el cruce fronterizo, contribuye de manera importante a las emisiones de CO. Hasta 6% de todas las emisiones de CO relacionadas con el comercio son causadas por ese fenómeno.

Gracias a la gran reducción prevista en las tasas de emisión de los camiones, en 2020 disminuirá o permanecerá constante el total de las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 relacionadas con el comercio, en comparación con los actuales niveles, a pesar de que los volúmenes de comercio tendrán un crecimiento de entre dos y cuatro veces. En los corredores EU-Canadá las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 por tonelada-kilómetro disminuirán hasta un décimo de sus actuales niveles. No serán tan espectaculares las mejorías en los corredores México-EU, en la hipótesis de que el diésel de bajo contenido de azufre no estará ampliamente disponible en México, pero de igual manera se prevé una baja de alrededor de la quinta parte en los niveles de emisiones de NO<sub>x</sub> y de PM-10 por ton-km de los camiones respecto de los actuales niveles.

También para las locomotoras se esperan tasas menores de emisiones, pero la baja no se prevé tan rápida como la de los camiones debido a que las normas no son igual de estrictas y la rotación del equipo es más lenta. Por ello, en los corredores con mayor crecimiento comercial las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 de los ferrocarriles aumentarán entre 50 y 100% para 2020. En el total de corredores, y debido a la baja en las emisiones del transporte carretero, será mucho mayor la participación de los ferrocarriles en el total de emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 derivadas de la actividad comercial.

Las emisiones de gases con efecto invernadero y las de CO debidas al comercio no se reducirán en las nuevas normas, lo que hace suponer un alza considerable para 2020. En el escenario base de crecimiento para 2020, las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al comercio generado por el TLCAN en los cinco corredores aumentarán entre 2.4 y 4 veces sobre los actuales niveles.

Cualquier cambio en los supuestos respecto de las tasas de crecimiento del comercio o los modos de transporte tendría un efecto importante en las estimaciones sobre las futuras emisiones. Por ejemplo, si el crecimiento en el tráfico de camiones y ferrocarriles sigue la misma tendencia que en el pasado decenio, las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 debidas al comercio podrían ser hasta 50% más elevadas que las estimadas como niveles de base para 2020. Si ello ocurre, dichas emisiones podrían exceder los niveles de 1999 en algunos corredores. Los cambios en la distribución proporcional tren/camión podrían también afectar las emisiones futuras, aunque en menor cuantía. Puesto que se prevé una gran reducción en las emisiones del autotransporte, un cambio hacia el transporte ferroviario traería un aumento en las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 en la mayoría de los corredores, aunque implicaría también una reducción en las de CO y CO<sub>2</sub>.

Existen oportunidades de reducción de emisiones por medio de la aplicación de estrategias de mitigación. En este estudio se analizan cinco de ellas:

- El uso de gas natural en camiones de carga pesada es una estrategia útil para la reducción de emisiones en el próximo decenio (en particular de PM-10). Para 2020 es posible que el gas no tenga ya esa ventaja comparativa en los corredores Canadá-EU, debido a la mejoría en las emisiones de los motores diésel. En los corredores EU-México, en el supuesto de que no se dispone con facilidad de diésel bajo en azufre, el uso de gas natural por parte de 20% de los camiones mexicanos resultaría en una reducción de 13% en las emisiones de PM-10 por ese concepto.
- Los vehículos comerciales tienen esperas promedio de hasta una hora para cruzar las fronteras Canadá-EU y México-EU. Mediante cambios en las políticas e inversiones en las instalaciones, se podrían recortar estos tiempos a la mitad, lo que traería una reducción de entre 0.2 y 0.6 toneladas métricas por día de las emisiones de CO (entre 1.6 y 2.5% de las emisiones camioneras relacionadas con el comercio en los segmentos de los corredores).
- El uso de combustible diésel bajo en azufre permitiría que los camiones mexicanos alcanzaran las grandes reducciones en emisiones que se prevén para los de EU y Canadá. Si la igualación ocurre para 2020, las emisiones relacionadas con el comercio de NO<sub>x</sub>, COV y PM-10 en el corredor San Antonio-Monterrey se reducirán en más de la mitad.
- Mejorar la eficiencia del transporte de carga por medio de una reducción del kilometraje de vehículos vacíos permitiría disminuir la emisión de contaminantes asociados al comercio. En el corredor Toronto-Detroit una reducción de la tasa de desocupación de los vehículos de 15% a 10% permitiría eliminar más de 0.5 toneladas métricas de NO<sub>x</sub> y 600 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por día en 2020 (5% del total asociado con los camiones comerciales). Los corredores EU-México tienen un potencial de reducción aún mayor, pero no se dispone de la información completa para ese análisis.
- Permitir el uso de una combinación de vehículos más largos (CVL) en los corredores del TLCAN podría reducir el volumen de vehículos y sus emisiones asociadas. Debido a que los CVL reducen el costo de carga por camión, una parte del transporte cambiaría de ferrocarril a camión. El incremento del límite de peso de los vehículos en cinco estados

del medio oeste estadounidense a 47,854 kilogramos y la autorización para que circulen vehículos de doble configuración tipo Rocky Mountain Doubles permitiría una reducción de todos los contaminantes de entre 4 y 7% en relación con la base de 2020.

No se dispone de toda la información necesaria para evaluar los efectos ambientales del comercio en los corredores de transporte y una parte de la que se tiene es muy incierta. Es necesario un esfuerzo coordinado de recopilación y difusión informativa, en particular en las siguientes áreas:

- Volumen del tráfico interfronterizo, con información sobre la proporción entre camiones y vagones vacíos y llenos.
- Tendencias en el origen y destino de la carga en las regiones fronterizas.
- Datos y metodología para estimar las emisiones del transporte ferroviario.
- Medición del retraso promedio de los vehículos comerciales en los cruces fronterizos.

# 1 INTRODUCCIÓN

La entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994 fortaleció las de suyo sólidas relaciones económicas entre Canadá, Estados Unidos y México. A partir de la firma del TLCAN, el comercio de EU con Canadá casi se ha duplicado y ahora totaliza 410 mil millones de dólares estadounidenses (\$EU) anuales. El comercio de EU con México ha crecido a una tasa aun mayor, más que triplicando su monto y alcanzando \$EU252 mil millones anuales. El intercambio entre Canadá y México, aunque todavía relativamente menor en \$EU7.5 miles de millones, se ha más que duplicado en el periodo. Este comercio ha traído sin duda mayor prosperidad a las tres naciones, pero también ha habido consecuencias ambientales en los corredores que han transportado ese comercio.

La apertura comercial en América del Norte puede tener diversos efectos ambientales, tanto positivos como negativos. En términos básicos, el comercio puede afectar al medio ambiente a través de los cambios en la escala de la producción, mayor distribución de productos y alteraciones indirectas en los procesos de producción.<sup>1</sup> En este documentos se analiza un sólo tipo de efectos asociados a la apertura comercial: el movimiento físico de bienes entre las naciones. Aunque dicho flujo se realiza por medios diversos (autopistas, vías férreas, vías marítimas y ductos), el estudio se concentra en el movimiento de carga en autotransporte y ferrocarriles, los modos que más contribuyen a los efectos ambientales adversos.

Hay una gran cantidad de estudios sobre los efectos ambientales del transporte de carga, aunque muy pocos que aíslen, en particular, los de la carga asociada con el comercio internacional, reto importante puesto que el comercio asociado al TLCAN se produce asociado con otra actividad de carga y transporte en jurisdicciones múltiples locales, estatales o nacionales. Además, la información sobre el movimiento de bienes en América del Norte no está por lo general estructurada para medir la forma en que el comercio afecta al medio ambiente a lo largo de los corredores de carga. Una meta de este estudio es destacar las áreas en que los datos técnicos son incompatibles o inadecuados y llamar la atención sobre la necesidad de una mejor coordinación en la planeación ambiental trinacional.

El objetivo principal de este informe es identificar los impactos actuales y potenciales en la calidad del aire producidos por el desarrollo del comercio en América del Norte y los corredores de transporte. Se han seleccionado cinco segmentos para análisis en detalle, según se detalla en la sección 2. En la sección 3 se calculan los actuales niveles de comercio, los movimientos de autotransporte y ferrocarriles y las emisiones de contaminantes. En la sección 4 se presenta un análisis similar para el año 2020, con base en escenarios de crecimiento del comercio. En la sección 5 se evalúa la eficacia de varias estrategias de mitigación para reducir las emisiones relacionadas con el comercio. En la sección 6 se abordan en forma breve otros tipos de repercusiones ambientales asociadas con el autotransporte y los trenes de carga, en tanto que en la sección 7 se identifican áreas en que la información es insuficiente para evaluar con propiedad los efectos ambientales. En la sección 8 se resumen los hallazgos generales del estudio.

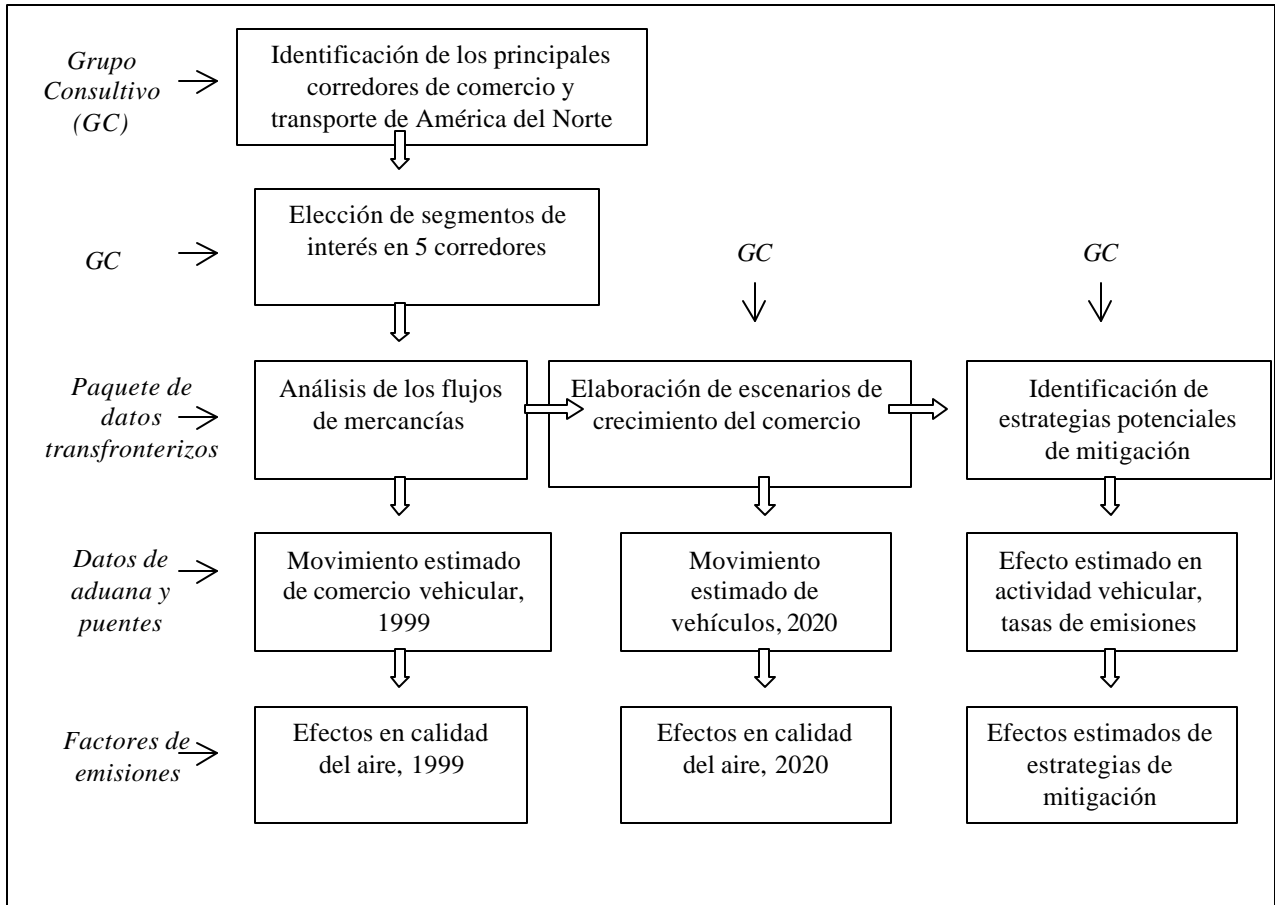
---

<sup>1</sup> *Efectos del TLC– Estudio sobre intentos recientes de modelar los efectos ambientales del comercio.*

## 2 METODOLOGÍA

La metodología del estudio se presenta en la ilustración 1. Cada uno de los elementos se describe de forma más detallada enseguida.

Ilustración 1: Estructura metodológica del estudio



### 2.1 Selección de los corredores

La primera tarea consistió en seleccionar los corredores de comercio y transporte específicos para este análisis. Ello se logró mediante la identificación inicial de los principales corredores de transporte en los tres países de América del Norte; posteriormente se eligieron los segmentos de los mismos para un análisis más detallado. La mayor parte de los corredores se definen a lo largo de autopistas, aunque entre los seleccionados para este análisis se incluyeron vías férreas y posible servicio de carga por vías fluviales.

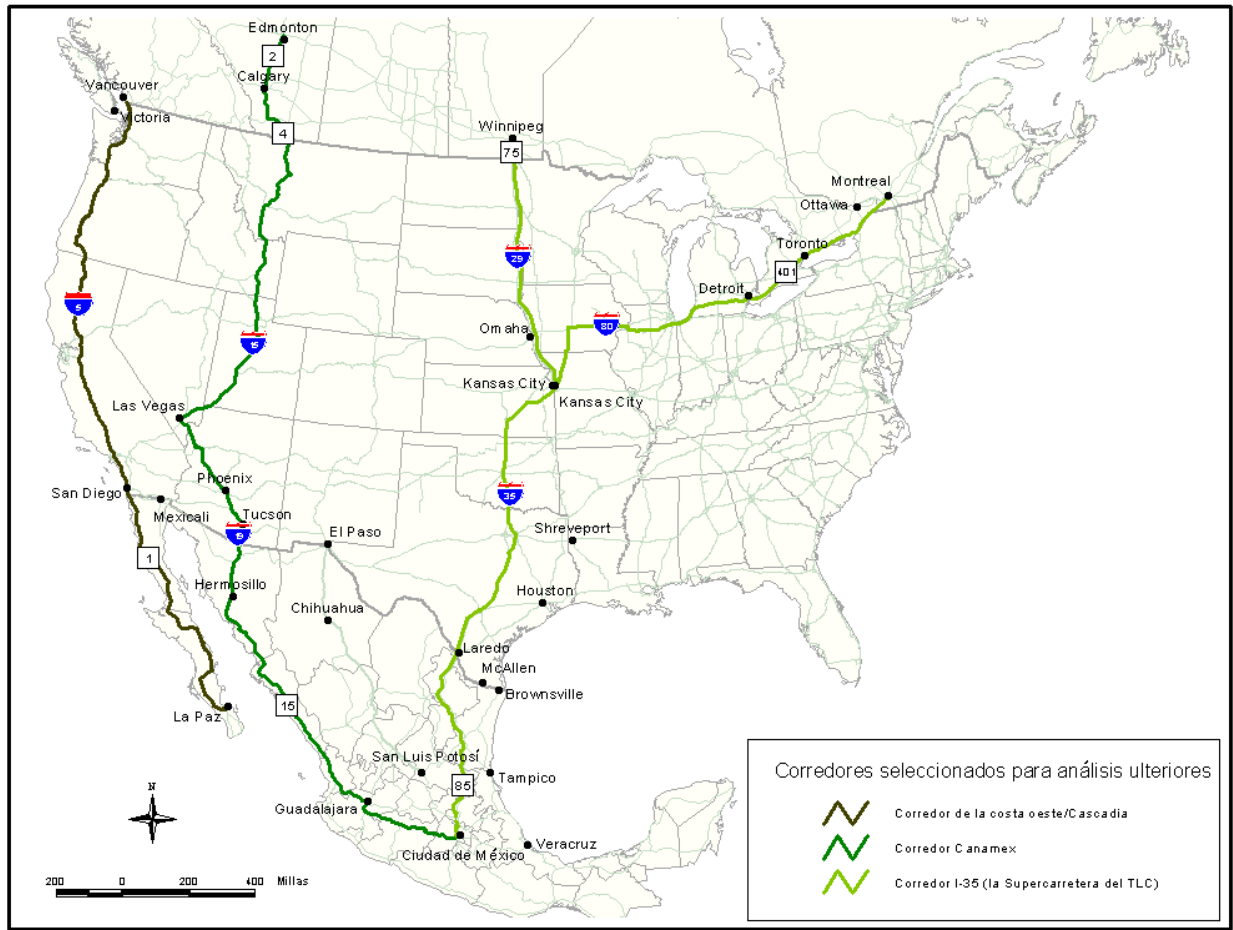
En primera instancia se identificaron siete corredores importantes, con base en la revisión de estudios previos. Tres destacaron como los más importantes en términos del comercio Canadá-EU-México: el de la costa oeste, el corredor Canamex y el de la supercarretera de América del Norte. Solicitamos la asesoría del Grupo Consultor (GC) para verificar lo adecuado de estos tres



corredores e identificar los segmentos que pudieran funcionar como enfoque del presente estudio. Estos corredores se muestran en la gráfica 2 y se describen enseguida.

- El corredor de la costa oeste corre de Vancouver, Columbia Británica, a través de la costa oeste de EU y sigue la autopista Interestatal 5 hacia Tijuana, México, y más al sur hacia Baja California. Se le denomina también el Corredor Cascadia, el I-5, o el del Pacific Highway. La parte de EU se designa en términos federales como el Corredor 30 de Alta Prioridad. Paralela a la autopista corre, en la mayor parte, una ruta de ferrocarril.
- El corredor Canamex corre de Edmonton, Alberta, a lo largo de Calgary y hacia Montana, de donde va a Salt Lake City, Las Vegas y Phoenix antes de cruzar la frontera mexicana hacia Nogales, par continuar hacia Hermosillo y Guadalajara. La porción estadounidense ha sido designada Corredor 26 de alta prioridad. Se le denomina en ocasiones Corredor I-15; paralelo corre al sur el servicio de ferrocarril, desde Tucson.
- El corredor de la supercarretera de América del Norte (North American Superhighway Corridor, Nasco) corre desde Winnipeg, Manitoba, a través de Omaha, Kansas, Dallas y Laredo, Texas, y entra a México, en donde cruza por Monterrey hacia la Ciudad de México. Se le denomina también el Corredor Central o Corredor I-35, aunque la sección norte recibe también el nombre de Corredor de Comercio del Río Rojo. Una de sus ramificaciones va hacia el este de Kansas a través de Chicago, Detroit y hacia y desde Toronto y Montreal. Hay servicio ferroviario paralelo en todo el corredor.

Ilustración 2: Selección de corredores de comercio y transporte en América del Norte



Estos tres corredores se tipificaron según: 1) sistema de transporte (carretero y ferroviario), 2) características socioeconómicas de las principales zonas urbanas y 3) identificación de segmentos críticos a lo largo del corredor completo. Cinco de dichos segmentos se eligieron para un análisis detallado del comercio, el transporte y los efectos ambientales. Se buscó definir segmentos que fueran suficientemente largos como para permitir evaluar los efectos del comercio más allá de la zona fronteriza pero suficientemente cortos como para que la actividad de carga del corredor estuviera todavía determinada por el comercio del TLCAN. En la selección de los segmentos se tomó en cuenta: la opinión del Grupo Consultivo, que cruzaran una frontera internacional y que contaran tanto con opciones carreteras como de ferrocarril. Los segmentos son:

- Zona norte del corredor de la costa oeste (Vancouver, Columbia Británica, a Seattle/Olympia, estado de Washington).
- Noroeste del Corredor de la Supercarretera de América del Norte (Winnipeg, Manitoba, hacia Fargo, Dakota del Norte).
- Noreste del Corredor de la Supercarretera de América del Norte (Toronto, Ontario, hacia Detroit/Ann Arbor, Michigan).
- Sur del Corredor de la Supercarretera de América del Norte (San Antonio, Texas, hacia Monterrey, Nuevo León).

- Sur del Corredor Canamex (Tucson, Arizona, hacia Hermosillo, Sonora).

## 2.2 Flujos de bienes

Los datos sobre flujo de mercancías se utilizaron para analizar el comercio y el transporte en cada segmento de corredor. Al establecer como base del análisis el monto del flujo de bienes en lugar del simple conteo de vehículos es posible explorar cuestiones como los patrones de origen y destino, los cambios en los niveles de comercio de determinadas industrias, cambios en el tamaño y peso de los vehículos y modificaciones en la proporción del modo de transporte.

La información sobre el flujo de bienes se elaboró con base en el análisis del Paquete de Datos sobre Carga Transfronteriza de Superficie (Transborder Surface Freight Dataset), que mantiene la Oficina de Estadísticas sobre Transporte de EU (U.S. Bureau of Transportation Statistics). Este paquete de datos se alimenta de forma electrónica con los informes de aduanas y se considera que contiene información correcta sobre los cruces fronterizos de los modos de transporte de superficie. El paquete incluye información sobre peso y valor de los embarques, modo de transporte, mercancía, puerto de entrada (PE) y estado o provincia de origen y destino. La base de datos, sin embargo, no contiene un único expediente con toda esta información en detalle de manera simultánea. No hay archivo, en particular, que contenga tanto la mercancía en detalle como el PE. Por ello se estiman los flujos de bienes en un PE en particular por medio de la multiplicación de la mezcla de mercancías entre cada par de estados o provincias por la proporción del flujo de dicho par que usa ese PE en particular. Además, se hicieron los ajustes necesarios a la base de datos para tomar en cuenta que las exportaciones de EU se registran sólo en términos de valor de embarque. Para convertir estos valores en peso se usaron los archivos estadounidenses de importaciones para calcular las tasas peso/valor de cada mercancía (y en el caso de los flujos Canadá-EU, para cada provincia).

Debido a que el análisis del flujo de bienes se hizo con datos del servicio de aduanas de EU, los envíos entre Canadá y México no están representados. Dichos flujos son actualmente menores en comparación con los de ambos países con EU y se puede decir que no tienen gran efecto en el análisis sobre transporte y medio ambiente. Los flujos totales de mercancías entre Canadá y México llegaron a \$EU7.5 miles de millones en 1999, apenas 2% del valor de los bienes comerciados entre Canadá y EU y 4% del intercambio de EU con México. Estos montos se consideran, por tanto, como dentro del margen de precisión de los datos y el análisis de este informe.

El cuadro 1 resume los flujos de bienes por camión y tren a través de los cinco segmentos de corredor.<sup>2</sup> El Corredor Toronto-Detroit (que incluye los cruces fronterizos de Detroit-Windsor y Port-Huron) concentra por mucho la mayor parte del tonelaje de carga, más que los otros cuatro corredores sumados. En todos los casos hay flujos importantes por ferrocarril, pero sólo en uno (Winnipeg-Fargo) el tonelaje ferroviario sobrepasa al carretero.

---

<sup>2</sup> Debe tomarse nota de que los cuadros del flujo completo de mercancías incluyen información sobre origen y destino de 50 estados de EU y de 98 productos (dos dígitos del Sistema Armonizado de Tarifas) y, por lo tanto, no son fáciles desplegar en el formato de este informe.

**Cuadro 1: Resumen de los flujos transfronterizos de productos, 1999 (millones de kg)**

Segmento de corredor	Por camión			Por tren			Por camión y tren		
	Rumbo N	Rumbo S	Subtotal	Rumbo N	Rumbo S	Subtotal	Rumbo N	Rumbo S	Total
Vancouver-Seattle	3,112	3,711	6,822	840	3,557	4,398	3,952	7,268	11,220
Winnipeg-Fargo	2,098	2,358	4,456	652	4,132	4,784	2,750	6,490	9,240
Toronto-Detroit *	22,355	21,677	44,032	5,466	12,104	17,569	27,821	33,780	61,601
San Antonio-Monterrey	7,281	10,345	17,626	2,994	5,950	8,944	10,275	16,295	26,571
Tucson-Hermosillo	2,385	1,390	3,775	981	579	1,560	3,366	1,969	5,335

\* Rumbo norte significa de EU hacia Canadá, rumbo sur implica Canadá hacia EU.

## 2.3 Movimiento de vehículos de carga

Para determinar los efectos ambientales es necesario contar con información sobre los movimientos de vehículos de carga en el corredor, tanto cargados como vacíos. Los flujos de productos pueden no ser proporcionales con el tráfico de vehículos de carga debido a que muchos de los vehículos viajan vacíos o llevan menos de su carga máxima. Se recolectó información sobre los movimientos de camiones y trenes tanto de las aduanas de Estados Unidos y Canadá como de las autoridades que operan puentes y túneles.<sup>3</sup> Estas dependencias informan de los cruces de todos los vehículos comerciales, incluidos los más pequeños de dos y tres ejes que pueden no participar en comercio internacional. Puesto que el objeto de este estudio es el comercio relacionado con el TLCAN, se calculó el número de camiones de mayor tamaño (cuatro o más ejes) en cada cruce y se supuso que el mismo representaba el de los camiones relacionados con el comercio. Los vehículos de menor tamaño son normalmente de servicio y no participan en el movimiento a gran distancia de mercancía comercializada. La información sobre el tamaño de los camiones en los cruces fronterizos se obtiene de diversos sondeos en cruces fronterizos, pero no se informa de manera uniforme.<sup>4</sup> En los corredores en que las regiones fronterizas están escasamente pobladas, como en Winnipeg-Fargo, casi todo el tráfico de carga fronterizo está asociado con comercio de gran distancia y los camiones de gran tamaño son más de 95% del total. Cuando hay centros de población en cada lado de la frontera es mayor el porcentaje de vehículos de servicio que cruza diario la frontera, lo que tiende a influir en el conteo de vehículos comerciales.

Para algunos corredores se obtuvo información sobre el cruce de carros de ferrocarril. Algunos puestos fronterizos no recopilan estadísticas sobre el tráfico ferroviario o no distinguen entre vagones llenos o vacíos. En otros cruces, como los túneles férreos entre Ontario y Michigan, la información se considera privada. Como se describe más adelante, esta falta de información no impide los cálculos sobre emisiones, puesto que las correspondientes a los trenes se determinan por tonelaje de carga y consumo de combustible.

<sup>3</sup> No se dispuso del volumen de camiones hacia el sur en Nogales y se supuso igual al de dirección norte.

<sup>4</sup> Véase *1995 Commercial Vehicle Survey: Station Summary Report; Bi-National Border Transportation Planning and Programming Study*; Leidy 1995; *Lower Mainland Truck Freight Study*; and *Prairie Provinces Transportation System Study*.

También se utilizaron los flujos de productos para estimar los movimientos de los vehículos de carga. El tonelaje del flujo de productos se convirtió al número de vehículos de carga llenos (trailers o carros de ferrocarril) utilizando información sobre carga promedio. Para el caso de los camiones, la carga pagada promedio se derivó de la densidad de producto del código de dos dígitos del Sistema Armonizado de Tarifas (SAT), mientras que para los vagones, la carga pagada promedio se calculó a partir de la Muestra de Factura Ferroviaria de 1992.<sup>5 6</sup> Estos datos se utilizaron posteriormente para calcular el número de vehículos de carga llenos. Para la carga carretera se derivó un factor de escala para cada corredor y dirección, que relacionara el tonelaje del flujo de productos con el total de conteo de vehículos. Este factor de escala se usó para estimar la forma en que los cambios en flujos de productos podrían afectar el movimiento de vehículos.

El cuadro 2 ilustra los volúmenes de cruces fronterizos de vehículos de carga. Los volúmenes de comercio por carretera están basados en el conteo en las estaciones fronterizas e incluyen tanto vehículos llenos como vacíos. Los volúmenes por tren representan sólo los vagones llenos, calculados a partir de los datos sobre flujo de productos.

**Cuadro 2: Volúmenes de tráfico de carga en cruces fronterizos, 1999**

Segmento del corredor	Camiones comerciales (con carga y vacíos)			Carros de ferrocarril (con carga)		
	Rumbo N	Rumbo S	Total	Rumbo N	Rumbo S	Total
Vancouver-Seattle	396,586	426,464	823,050	12,156	51,429	63,585
Winnipeg-Fargo	172,295	190,433	362,728	10,478	53,638	64,116
Toronto-Detroit *	2,337,266	2,340,007	4,677,273	78,869	202,947	281,816
San Antonio-Monterrey	1,189,209	1,045,324	2,234,533	56,451	87,200	143,651
Tucson-Hermosillo	219,471	219,471	438,942	13,792	8,831	22,623

\* Rumbo norte significa de EU hacia Canadá, rumbo sur implica Canadá hacia EU.

## 2.4 Escenarios de comercio futuro

Para investigar los efectos ambientales en 2020 en condiciones alternas, se elaboraron escenarios de crecimiento del comercio. Con base en tendencias históricas y pronósticos de otros estudios, se preparó un Escenario de Base 2020 para cada segmento de corredor binacional. Debido a que el pasado decenio fue de alto crecimiento histórico del comercio entre los países del TLCAN, así como un periodo de relativamente sólido crecimiento económico en general, los cinco escenarios de base prevén un crecimiento económico algo menor que el que se ha visto en años recientes. No se pretende que los escenarios sean pronósticos sobre comercio, sino más bien que ilustren el rango de las posibles condiciones futuras. Los impactos de cada escenario de base se comparan entonces con uno o más escenarios alternativos, cada uno con supuestos diferentes sobre cambios

<sup>5</sup> Figliozi, 2001.

<sup>6</sup> Hancock, 2001.

en la industria del transporte o en la infraestructura del corredor. En algunos casos, las alternativas incluyen crecimiento más rápido del comercio ya sea por camión o tren. Otras alternativas asumen un cambio en los costos de embarque por modo, lo que resulta en cambios en los modos de transporte. La magnitud de los cambios de modo se calculó utilizando las elasticidades cruzadas que se muestran en el cuadro 3.<sup>7</sup> Estas cifras describen el porcentaje de la carga por tren que se pierde dado un cambio en los costos relativos del envío por camión o por tren. Una baja de uno por ciento en los costos del transporte camionero, por ejemplo, haría que 3.6% del tonelaje de tráfico por tren de productos agrícolas terminados cambiara al camión. Estas elasticidades tomaron en cuenta el hecho de que algunos productos se adaptan mejor a cierto medio de transporte y no es factible que cambien ante ningún cambio en costos.

**Cuadro 3: Elasticidad cruzada del transporte férreo de mercancía ton/milla por producto**

Producto	Elasticidad cruzada Ton/milla
Productos farmacéuticos a granel	0.03
Productos farmacéuticos terminados	3.60
Alimentos a granel	0.73
Alimentos terminados	2.10
Madera y leña	0.65
Muebles	0.44
Pulpa y papel	0.82
Productos químicos a granel	0.58
Productos químicos terminados	3.35
Metales básicos	1.35
Metales acabados	6.25
Maquinaria	4.25
Maquinaria eléctrica	4.45
Vehículos de motor	0.25
Partes de vehículos de motor	1.25
Chatarra y desechos	0.19
Otros productos a granel	0.18
Otros productos terminados	4.20

## 2.5 Factores de emisión

Para cada corredor se calculó el impacto del comercio transfronterizo en las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), materia particulada de menos de 10 micras de diámetro (PM-10), y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las emisiones contaminantes atmosféricas se calcularon aplicando los datos de actividad de carga del vehículo a los factores de emisión. Determinar de forma adecuada estos factores de emisión resulta pues crucial para el proceso del análisis y sus conclusiones. Enseguida se detalla ese proceso.

<sup>7</sup> Tomado de *A Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand*.

### ***Factores de emisión del transporte carretero, 1999***

Los factores de emisión de los camiones de servicio pesado para NO<sub>x</sub>, VOC y CO se calcularon utilizando el modelo Mobile5 de la EPA; los de PM-10 con el modelo Part5 de la misma dependencia y los de CO<sub>2</sub> se estimaron según las características de combustión del combustible diésel.<sup>8</sup> Se supuso que todos los camiones relacionados con comercio utilizaban motores diésel. Se prepararon dos paquetes de factores de emisión, uno en autopista, basado en el movimiento a una velocidad promedio de 55 millas por hora, y otro factor de emisión en espera en punto muerto. Los datos sobre consumo de combustible se basaron en estadísticas de rendimiento promedio anual de combustible publicadas por el Departamento de Energía de EU.<sup>9</sup>

Los factores de emisión dependen de la antigüedad promedio de la flota y de la tasa de acumulación de kilometraje. La distribución de antigüedad para los camiones de EU y Canadá se basó en los datos de registro de los vehículos de servicio de transporte. Se supuso que los camiones tenían un nivel promedio de alteración y que no habían sido objeto de programas de revisión o mantenimiento. Los factores de PM-10 reflejan sólo las emisiones de los escapes y no las partículas de los caminos que son removidas por los camiones. Se supuso que la flota mexicana de autotransporte de carga tenía la misma distribución de antigüedad que la de Canadá y EU. Sin embargo, los camiones mexicanos anteriores a 1993 se consideraron como sin regulación de emisiones (flota de EU anterior a 1988 con el kilometraje suficiente), puesto que México no tenía normas respecto de emisiones diésel antes de ese modelo. Se supuso también que la flota mexicana de transbordo (para movimientos de cruce fronterizo) era en promedio cinco años más antigua que las flotas de autotransporte de EU y Canadá, con el resultado neto que sólo 10% de la flota resultó de camiones posteriores a 1993. Se supuso también que el combustible diésel en México tenía, al igual que el de EU, 500 partes por millón (ppm) de azufre.

### ***Factores de emisión del autotransporte carretero en 2020***

Los cálculos sobre las emisiones en 2020 dependen en gran medida de los supuestos sobre los factores de emisión en años futuros. En diciembre de 2000 la EPA de EU aprobó normas de emisiones muy estrictas para emisiones de motores diésel de servicio pesado en autopista de modelo 2007 y posteriores. Con las nuevas normas, las emisiones de NO<sub>x</sub> serán 20 veces menores que las actuales, las de COV y PM-10 serán diez veces más bajas. Las normas entrarán en vigor por etapas en tres años, para permitir que los nuevos motores tengan cumplimiento pleno en 2010. Estas drásticas reducciones son posibles en buena medida gracias a las reglas de la EPA sobre contenido de azufre en el combustible diésel. Las tecnologías de control de emisiones para motores diésel de trabajo pesado —por ejemplo los filtros catalíticos de partículas y la catálisis de NO<sub>x</sub>— no funcionan si el combustible tiene alto contenido de azufre. La decisión de la EPA de diciembre de 2000 requiere que, para 2006, el contenido de azufre en el diésel se reduzca a 15 ppm, a partir de su actual nivel de 500 ppm, norma similar a la de Canadá. En este estudio se dio por sentado que las nuevas normas sobre emisiones de camiones de servicio pesado entrarán en vigor en la fecha prevista tanto en EU como en Canadá. Es posible, sin embargo, que esa aplicación se retrase, lo que resultaría en factores de emisión considerablemente más altos en 2020 para los camiones estadounidenses y canadienses.

---

<sup>8</sup> Stodolsky, 2000

<sup>9</sup> *Annual Energy Outlook*.

Los factores de emisión para 2020 se determinaron de la misma manera que los de 1999, pero tomando en cuenta las reglas sobre diésel de 2004 y las nuevas de EU de 2007. Se dio por sentado que Canadá adoptará las nuevas normas de EU y que entrarán en vigor de manera simultánea. Se corrió una versión del modelo Mobile5 que incorporó las normas de 2004 (que no afectan la emisión de PM). Puesto que ni el modelo Mobile5 ni el Part5 incluyen las normas de 2007, éstas fueron incorporadas desde fuera asumiendo que no había deterioración y con un factor de conversión corriente de freno-capacidad contra consumo de combustible. En 2020 sólo 8.4% de la flota de transporte comercial será de camiones modelo 2006 o anteriores.

Para los factores de emisión de la flota mexicana de transporte de carga en 2020 se asumió la adopción de las normas estadounidenses de 2004, pero no las más estrictas de 2007. Se supuso también que la flota mexicana tendría la misma antigüedad y distribución que las flotas de EU y Canadá. No se usaron en 2020 factores separados para la flota más antigua de tractocamiones de servicio fronterizo porque se supuso que estos vehículos que se usan para movimientos transfronterizos saldrán de la circulación. Se supuso que el combustible diésel de México seguirá con el nivel actual de 500 ppm de azufre. Los cuadros 4 y 5 muestran los factores de emisión para todos los camiones.

**Cuadro 4: Factores de emisión para camiones en autopista**

		Factores de emisión para camiones en autopista (g/milla)				
		NOx	COV	CO	PM10	CO <sub>2</sub>
1999	EU/Canadá	12.8	1.06	6.50	0.75	1612
	Flota de México	19.3	1.50	7.28	1.13	1612
2020	EU/Canadá	1.38	0.32	6.21	0.051	1612
	México	4.73	0.96	6.21	0.262	1612

**Cuadro 5: Factores de emisión para camiones en espera**

		Factores de emisión para camiones en espera (g/minuto)				
		NOx	COV	CO	PM10	CO <sub>2</sub>
1999	EU/Canadá	0.78	0.21	1.76	0.036	173
	Trans. México	1.72	0.39	2.44	0.082	173
2020	EU/Canadá	0.08	0.05	1.68	0.003	173
	México	0.32	0.19	1.95	0.017	173

Un resultado de las nuevas normas sobre emisiones es que para 2020 las emisiones de los camiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 por ton-km resultan considerablemente más bajas que las de ferrocarril en los corredores EU-Canadá. En los tres corredores EU-Canadá objeto de este estudio las emisiones del transporte por tren de NO<sub>x</sub> y PM-10 por ton-km son entre dos y tres veces más altas que las de transporte carretero. (Las variaciones dependen del tiempo que los camiones tienen que esperar en la frontera.) En los corredores EU-México, las emisiones por ton-



km de NO<sub>x</sub> y PM-10 de los ferrocarriles siguen siendo ligeramente más bajas que las de los camiones. En todos los corredores las emisiones ferroviarias de CO y CO<sub>2</sub> por ton-km son de apenas un décimo de la tasa de los camiones.

### **Factores de emisión del transporte ferroviario**

Las emisiones de las locomotoras por lo general se calculan con base en el combustible, más que en el kilometraje. En abril de 1998 la EPA dio a conocer normas sobre emisiones de NO<sub>x</sub>, hidrocarburos (HC), CO, PM-10 y humo para locomotoras diésel nuevas o reconstruidas, mismas que hasta entonces estaban al margen de regulación. Las normas prevén una reducción de 45% en las emisiones de NO<sub>x</sub> para las locomotoras construidas entre 2002 y 2004, y una baja de 59% en NO<sub>x</sub> para las que se construyan en 2005 y posteriores. Para emisiones de HC y PM-10 se prevé una disminución de 40% en locomotoras a construir a partir de 2005. Debido a la larga vida útil de las locomotoras, los beneficios de estas nuevas normas se concretarán sólo de manera parcial para 2020. Se asume que Canadá y México adoptarán normas similares. El azufre en el combustible contribuye a la emisión de partículas, por lo que la introducción de diésel bajo en azufre en EU y Canadá reducirá las emisiones de PM-10 de las locomotoras incluso sin nuevas tecnologías de control. Hay a la fecha muy poca información sobre este efecto pero un estudio sugiere que la reducción de PM-10 podría ser de alrededor de 19%.<sup>10</sup> Hemos incorporado esta reducción en las estimaciones para 2020 de las emisiones canadienses y estadounidenses para 2020 que se ilustran en el cuadro 6.

**Cuadro 6: Factores de emisión de locomotoras**

	Factores de emisión de locomotoras (g/gal)				
	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM10	CO <sub>2</sub>
1999	269.4	10.0	26.5	6.69	21.68
2020	140.0	7.9	26.5	3.96 (4.89)*	21.68

\* Locomotoras mexicanas.

Para calcular el consumo de combustible en los ferrocarriles se estimó un promedio de tasa de consumo por ingreso-ton-milla de carga transportada.<sup>11</sup> Esta cifra (386 ton-milla por galón) se aplica a todas las operaciones ferrocarrileras de primera clase en EU. Los ferrocarriles están logrando mayor eficiencia en consumo de combustible debido a diversos factores, entre ellos la introducción de más locomotoras de generación AC, la construcción de motores diésel más eficientes y carros más ligeros. Para calcular la tasa de consumo para 2020 se elaboró una curva con los datos históricos y se hizo la proyección. La tasa de eficiencia de combustible para 2020 se proyectó en 456 de ingreso por ton-milla por galón.<sup>12</sup> Esas tasas de consumo de combustible se aplicaron al tonelaje y distancia de los ferrocarriles en los corredores para 1999 y los escenarios de 2020. El consumo de combustible, entonces, se multiplicó por los factores de emisión para calcular las emisiones de las locomotoras.

<sup>10</sup> *Diesel Fuel Effects on Locomotive Exhaust Emissions.*

<sup>11</sup> *Railroad Facts.*

<sup>12</sup> *Air Quality Issues in Intercity Freight.*

Es muy posible que la disponibilidad de diésel de bajo contenido de azufre lleve a nuevas normas de emisiones para las locomotoras, más bajas que las de 2005. En EU, el laboratorio Argonne National ha comenzado una investigación sobre controles avanzados de emisiones para locomotoras. No hay planes por ahora, sin embargo, de reducir dichas normas en EU. Si se ponen en vigor normas más estrictas antes de 2020, la lenta rotación de la flota de locomotoras implicaría que las tasas promedio de emisiones en 2020 no fueran muy diferentes de las que se anotan en el cuadro 6.

## **2.6 Grupo consultivo**

El presente estudio se elaboró bajo la orientación de un Grupo Consultivo (GC) cuyo papel consistió en ayudar al equipo de investigación con 1) la selección de los corredores de comercio y transporte, 2) la identificación de las actuales iniciativas ambientales en los corredores y 3) la selección de las medidas de mitigación para su análisis. El GC ofrecerá también sus observaciones respecto del presente informe. Además, se espera que el grupo cumpla un papel en la difusión y mayor conciencia respecto de los resultados del proyecto y, por lo tanto, ayude a sostener las metas de largo plazo de este esfuerzo.

El GC está integrado con representantes de dependencias gubernamentales y de organismos no gubernamentales (ONG). Entre los representantes gubernamentales figura personal de las dependencias ambientales (el ministerio de Medio Ambiente de Canadá, la Agencia de Protección Ambiental de EU y el Instituto Nacional de Ecología de México), las dependencias de Comercio (el ministerio canadiense de Relaciones Exteriores y Comercio Internacional, el Departamento de Comercio de EU y la Secretaría de Economía de México) y dependencias de Transporte y Energía (el ministerio de Transporte de Canadá, el Departamento de Energía de EU y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México). El GC también incluye representantes de por lo menos una ONG en cada país, entre ellas Manitoba Clean Environment Commission, Environmental Defense, la Foundation for Intermodal Research and Education, y una empresa camionera de México.

## **3 COMERCIO ACTUAL E IMPACTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE**

Esta sección describe los niveles actuales de transporte relacionado con el comercio en cada uno de los corredores, así como sus impactos en la calidad del aire. Las emisiones se calcularon para los cuatro contaminantes considerados ( $\text{NO}_x$ , COV, CO y PM-10) lo mismo que para  $\text{CO}_2$ . Del sector de carga, las emisiones de  $\text{NO}_x$  y las de PM-10 representan la principal preocupación, lo mismo que la mayor oportunidad de beneficios para la calidad del aire. Los  $\text{NO}_x$  son precursores del ozono de bajo nivel (smog) y se producen principalmente a partir de la combustión interna de motores de alta compresión. Las PM-10 incluyen las partículas de hollín que se producen en los motores diésel. La mayor parte de la materia particulada de los camiones y locomotoras es de las partículas finas conocidas como PM-2.5, las más dañinas para la salud humana. En EU, los camiones de servicio pesado son responsables de aproximadamente 20% de las emisiones nacionales de  $\text{NO}_x$  y PM-10 de fuentes móviles, mientras que las locomotoras contribuyen con alrededor de 5%.

En cada corredor se identificaron las áreas urbanas que no cumplen con las normas nacionales de calidad del aire para ozono, materia particulada y CO. Debe tomarse en cuenta que recientemente la EPA anunció su intención de revisar las actuales normas para ozono y PM-10. Para ozono, la norma de una hora se sustituirá con una de ocho horas, para proteger contra la exposición prolongada. La norma de PM-10 se complementará con una nueva norma de PM-2.5, en reconocimiento de que estas partículas contribuyen más a los problemas de salud que las más gruesas. La entrada en vigor de estas nuevas normas se ha detenido debido a demandas legales. Su aplicación podría traer como consecuencia la reclasificación de algunas zonas urbanas en los corredores como fuera de cumplimiento. Canadá está también en proceso de ratificar una norma nacional sobre PM-2.5.

El sector de carga no es una importante fuente nacional de CO. Los camiones de servicio pesado, sin embargo, pueden contribuir de manera importante a concentraciones en áreas específicas (puntos críticos) de CO en zonas urbanas. El CO<sub>2</sub> es un gas común y no representa una amenaza directa a la salud humana. Es, sin embargo, el principal componente de los gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.

Por lo general, los cálculos de las emisiones incluyen multiplicar los volúmenes de tráfico de camiones y ferrocarril por la extensión del corredor y por el factor adecuado de emisión. Aunque similares, los cinco segmentos de corredor no son exactamente iguales en extensión. Para facilitar la comparación entre los segmentos de corredor en términos del total de las emisiones relacionadas con el comercio y los impactos de los retrasos en la frontera, la extensión de dichos segmentos se ha estandarizado para fines de los cálculos. Así, a cada segmento de corredor se le asignó una extensión de 364 kilómetros (226 millas). Esta es, en efecto, la extensión del corredor Winnipeg-Fargo, lo mismo que la del Vancouver-Seattle/Olympia. Los otros tres corredores (Toronto-Detroit/Ann Arbor, San Antonio-Monterrey, y Tucson-Hermosillo) son un poco más largos, de manera que los cálculos de emisiones reflejan el movimiento de carga a lo largo de sólo una porción del segmento completo.<sup>13</sup>

Las emisiones de camiones en espera, que se presentan por separado, se estimaron también con base en el retraso en la frontera. El efecto de la espera en la frontera es en general considerado menor si se le compara con las emisiones completas en los corredores. Si se eligieran segmentos más cortos para el análisis, sin embargo, la contribución de la espera podría parecer más grande.

Con el fin de que se tenga noción de la importancia de las emisiones en los corredores asociados con el comercio del TLCAN, se compararon con un inventario del total de las emisiones de fuentes móviles. La EPA preparó en 1996 un inventario nacional por municipio para el modelo Remsad, con base en el inventario nacional de tendencias de emisiones, de la propia dependencia. Se sumaron las emisiones en todos los municipios del corredor, entre ellos por los que pasan las rutas de autopista o 20 km a la redonda. La suma, el total agregado de emisiones de fuentes móviles para el área del corredor, se compara contra las emisiones relacionadas con el comercio. No se dispuso de un inventario por municipio para CO<sub>2</sub>.

---

<sup>13</sup> Toronto-Detroit son 377 km; San Antonio-Monterrey, 496 km; Tucson-Hermosillo, 406 km.

### 3.1 Corredor Vancouver-Seattle

El segmento norte del corredor de la costa oeste (gráfica 3) comienza en Vancouver, con población de alrededor de 1.8 millones de habitantes. Vancouver tiene importantes puertos marinos y es la terminal occidental tanto del ferrocarril Canadian Pacific (CP) como del Canadian National (CN). La autopista 99 va del sur de Vancouver a la frontera de EU en Blaine, Washington. Los vehículos comerciales cruzan cerca del este en la autopista 15 de CB. En Estados Unidos el corredor sigue por la interestatal 5 hacia la región de Seattle, que tiene dos importantes puertos marinos y una población de 3.4 millones de habitantes. El servicio ferroviario de CP y CN va de Vancouver a la frontera de EU, donde conecta con las líneas de BNSF que continúan a Seattle y más al sur. La población agregada del corredor es de 5,473,000. Para 2020, se prevé que esta población crezca 36% para llegar a 7,451,000 habitantes.

Este segmento canaliza el quinto volumen más alto de carga carretera entre EU y Canadá. En términos de la ley de aire limpio, la zona de Seattle-Tacoma (municipios de King y Pierce) está designada área de no cumplimiento en materia particulada (PM-10). Es también Área de Mantenimiento para ozono (con la norma de una hora) y monóxido de carbono. La sección baja del valle Fraser (área de Vancouver) ha tenido antes problemas de ozono aunque no se han rebasado las metas canadienses nacionales en años recientes.

Los flujos de mercancías en el corredor son principalmente de madera y productos de papel, debido a que estas industrias se concentran en la región Pacífico Noroeste. El flujo hacia el sur de estos productos es mucho más denso que hacia el norte. Los flujos totales de mercancías vía superficie en 1999 fueron de 11.1 millones de toneladas métricas, con 61% por vía carretera. La mayor parte de los camiones con carga comercial se mueven entre Columbia Británica y Washington, Oregon y California. La mayor parte de los flujos ferroviarios se originan en CB o Alberta, y se mueven hacia la costa oeste de EU o hacia Texas.

Para fines del cálculo de emisiones, se asume que el corredor se extiende de Vancouver a Olympia, Washington, una distancia de 364 kilómetros (226 millas). El promedio de retraso de los vehículos comerciales en la frontera se supuso de 37 minutos en ambas direcciones.<sup>14</sup> Se supuso que toda la carga se transporta todo el segmento. Las emisiones relacionadas con el comercio en el segmento del corredor se muestran en el cuadro 7. La carga camionera contribuye con la mayor parte de las emisiones, entre otras 76% de NOx, 88% de COV y PM-10, y más de 90% de CO y CO<sub>2</sub>. La espera de los vehículos en la frontera es responsable de 4% de las



Ilustración 3

<sup>14</sup> WTA and BCTA Trucking Survey Results Summary

emisiones de CO. Al comparar con el inventario de fuentes móviles para la región que comprende la parte de EU del segmento, destaca que las emisiones relacionadas con el comercio son hasta 4.6% de las de PM-10 y 2.8% de las de NOx.

**Cuadro 7: Emisiones derivadas del comercio en el corredor Vancouver-Seattle, 1999 (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM10	CO <sub>2</sub>
Transporte carretero	6,533	540	3,312	382	821,535
Camiones en espera	65	18	147	3	14,459
Subtotal	6,598	558	3,460	385	835,994
Ferrocarril	2,030	78	206	52	76,465
Total	8,628	635	3,666	437	912,459
Total en segmento de EU	6,946	534	3,090	366	765,441
% del inventario de fuentes móviles de EU	2.8%	0.3%	0.2%	4.6%	n.d.

### 3.2 Corredor Winnipeg-Fargo

La porción noroeste del corredor de la supercarretera de América del Norte (gráfica 4) corre hacia el sur por la autopista 75 desde Winnipeg, cuya población es de 667,000 habitantes. La ruta de la autopista cruza la frontera en Emerson, Manitoba, y en Pembina, Dakota del Norte, para continuar por la I-29 hacia Fargo, con población de 170,000 habitantes. El resto del corredor es principalmente área rural poco poblada. La población sumada del corredor en 1999 era de 949,000, con un crecimiento lento para llegar a 1,016,000 en 2020, 7% más. Una vía de ferrocarril corre hacia el sur desde Winnipeg, cruzando la frontera apenas al este de Pembina, en Noyes, Minnesota, donde se une a la extensa red BNSF. El cruce Emerson-Pembina es el séptimo más grande en términos del peso de carga entre EU y Canadá. La porción estadounidense del corredor no incluye ninguna zona de no cumplimiento o de mantenimiento en términos de la ley de aire limpio. En el mismo sentido, Winnipeg no ha tenido ninguna violación reciente a los objetivos de calidad del aire del gobierno canadiense.



**Ilustración 4**

Alrededor de 9.2 millones de toneladas métricas de carga se movieron a lo largo del corredor en 1999, en proporciones iguales entre carretera y ferrocarril. La mezcla de mercancías transportadas por camión es más diversa que en otros corredores Canadá-EU, sin que un grupo particular de mercancías domine. Hay grandes flujos hacia el sur de productos agrícolas (animales, aceite de semillas, productos procesados vegetales), madera y carbón. Los embarques hacia el norte incluyen grandes flujos de productos de abasto agrícola, como alimentos para animales y fertilizantes, además de maquinaria y papel. La mayor parte de los flujos camioneros a lo largo del corredor son entre Manitoba y la parte superior de los estados del medio oeste como Minnesota, Dakota del Norte, Illinois y Wisconsin. Los flujos por ferrocarril tienen un fuerte desequilibrio (87% en dirección sur), dominados por los embarques de fertilizantes (principalmente hacia Minnesota, Illinois e Indiana) y embarques de cereales (principalmente a Minnesota e Illinois).

La extensión del corredor es de 364 km (226 millas). No se dispone de información sobre el retraso promedio de los camiones pero las filas de espera pueden alcanzar entre 30 y 40 vehículos en horas pico, según algunos informes.<sup>15</sup> Se utilizó un supuesto de 25 minutos en promedio de espera, menos que en el cruce de la autopista del pacífico pero más que los 20 minutos reportados en cruces sin congestión. Se supuso que todos los flujos de carga recorren la extensión completa del corredor. El cuadro 8 muestra las emisiones derivadas de la carga del TLCAN en el corredor. Este corredor muestra la mayor contribución del ferrocarril al total de emisiones, lo que incluye 44% de los NO<sub>x</sub> y 25% de las PM-10. La comparación con el inventario de emisiones para el segmento del corredor en EU indica que el comercio contribuye con 15.7% del total de fuentes móviles de las emisiones de PM-10 y con 11.3% de las de NO<sub>x</sub>, la participación más alta de los cinco corredores analizados. La importancia de las emisiones relacionadas con el comercio en este corredor era de esperarse puesto que la porción en EU está escasamente poblada y no tiene una gran base industrial.

**Cuadro 8: Emisiones derivadas del comercio en el corredor Winnipeg-Fargo, 1999 (kg/día)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Transporte carretero	2,879	238	1,460	168	362,061
Camiones en espera	19	5	44	1	4,306
Subtotal	2,899	243	1,504	169	366,366
Ferrocarril	2,279	84	225	57	83,176
Total	5,178	328	1,728	226	449,543
Total segmento EU	3,344	226	1,199	155	309,667
% del inventario de fuentes móviles	11.3%	1.0%	0.5%	15.7%	n.d.

<sup>15</sup> *Canada/U.S. International Border Crossing Infrastructure Study.*

### 3.3 Corredor Toronto-Detroit

La rama noreste del corredor de la supercarretera de América del Norte (ilustración 5) corre hacia el oeste desde Toronto a través de la autopista 401. Pasa por regiones densamente pobladas en el suroeste de Ontario antes de cruzar la frontera internacional en Windsor-Detroit. La mayor parte de los vehículos comerciales aquí usan el puente Ambassador, aunque algunos prefieren el túnel Detroit-Windsor. Cruce fronterizo más importante en América del Norte, el puente Ambassador cargó 12.5 millones de vehículos en 1999, entre ellos 3.4 millones de camiones. A partir de Detroit, corre la autopista I-94 hacia el oeste a Ann Arbor y, posteriormente, Chicago. Como ruta alternativa, los camiones puede dirigirse hacia el oeste por London, Ontario, utilizando la autopista 402 para cruzar el puente Blue Water entre Sarnia y Port Huron. Este puente acaba de ser ampliado a seis carriles y condujo a 4 millones de vehículos en 1999, entre ellos 1.5 millones de vehículos de carga. Los cruces Detroit-Windsor y Port Huron-Sarnia son el primero y tercero, respectivamente, en términos de carga vehicular por peso entre EU y Canadá.

Ilustración 5



A lo largo de las rutas de las autopistas corren vías férreas casi paralelas de CN y CP. Esta última opera el túnel férreo Detroit-Windsor mientras que CN opera el túnel del río St. Clair en Sarnia. El St Clair tiene una nueva instalación que maneja carros modernos de doble calado y carros especiales de transporte denominados RoadRailer. Las empresas ferrocarrileras Norfolk

Southern, Conrail y BNSF ofrecen servicio entre Detroit y puntos del oeste. La población agregada del corredor en 1999 fue de alrededor de 10.7 millones, entre ellos los 2.3 millones del área de Toronto y 4.3 millones de la de Detroit. El crecimiento poblacional se estima de 24% para 2020 para llegar a 13.2 millones. La mayor parte de este crecimiento está previsto en el suroeste de Ontario, ya que Detroit se prevé que se mantenga casi estable. Con las normas actuales de la EPA, la región de Detroit está considerada área de mantenimiento por ozono y monóxido de carbono, mientras que el municipio de Wayne en Detroit es considerado área de mantenimiento en PM-10. El corredor Windsor-Toronto tiene los niveles más altos en Canadá de ozono y partículas, con un promedio de varias violaciones de los niveles objetivo nacionales de ozono cada año.

Los flujos bidireccionales de mercancías en estos cruces fronterizos (Windsor-Detroit y Sarnia-Port Huron) totalizan más de 61 millones de toneladas métricas, más que los flujos a través de los otros cuatro segmentos de corredor combinados. Aproximadamente 72% del tonelaje se mueve por camión y casi la cuarta parte de los mismos son de automóviles y partes relacionadas, aunque también hay un flujo importante de acero, madera, productos de papel y maquinaria. El punto final de los envíos en el lado estadounidense es Michigan, con los estados vecinos de Ohio, Illinois e Indiana como receptores de la mayor parte del resto. Los embarques por ferrocarril también son grandes, con un tonelaje hacia EU de más del doble que en el sentido inverso. Los flujos de automóviles y partes por ferrocarril son importantes hacia EU, aunque no en el otro sentido. Las sustancias químicas son la mercancía más transportada hacia Ontario, seguida por los plásticos y los cereales. Los flujos de ferrocarril hacia Ontario se originan principalmente en Texas.

Para los cálculos de emisiones se supuso una ruta de autopista de 364 kilómetros (226 millas, en términos generales de Kitchener, Ontario, a Ann Arbor, Michigan). La ruta de Port Huron-Sarnia es 21 km más larga que la que pasa por Detroit. No se dispone de información sobre los retrasos promedio en ninguno de los tres cruces. Algunas observaciones sugieren que ni el puente Ambassador ni el Blue Water experimentan importantes retrasos promedio en los vehículos comerciales.<sup>16</sup> Así, el tiempo de espera se estimó en 20 minutos, similar a los de otros cruces sin largas filas. Se supuso también que todos los flujos de carga se transportan la extensión completa del segmento.

Las emisiones derivadas del comercio del TLCAN se anotan en el cuadro 9. Este corredor tiene los niveles más altos de emisiones de camiones y ferrocarril de los cinco que se estudian, casi el doble que el siguiente corredor en importancia, el San Antonio-Monterrey. El tráfico de camiones aporta la mayor parte de las emisiones (81% de NO<sub>x</sub> y más de 90% de los otros contaminantes). La espera de los camiones en la frontera contribuye con 2% de las emisiones de CO relacionadas con el comercio. Al comparar con el inventario de emisiones de fuentes móviles en el segmento de EU, las emisiones relacionadas con el comercio representan una proporción importante de los NO<sub>x</sub> (4.8%) y PM-10 (7.4%). Dado que el área metropolitana tiene una población de más de 5 millones y cuenta con una presencia industrial importante, el alto porcentaje es en cierta medida sorprendente y da la medida de los enormes volúmenes de comercio en el corredor.

---

<sup>16</sup> Véase *Canada/U.S. International Border Crossing Infrastructure Study*; Giermanski 1999.



**Cuadro 9: Emisiones derivadas del comercio en el corredor Toronto-Detroit, 1999 (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM10	CO <sub>2</sub>
Transporte carretero	37,764	3,122	19,147	2,209	4,748,684
Camiones en espera	199	54	452	9	44,415
Subtotal	37,963	3,176	19,599	2,218	4,793,098
Ferrocarril	8,700	322	857	216	317,516
<b>Total</b>	<b>46,663</b>	<b>3,498</b>	<b>20,456</b>	<b>2,434</b>	<b>5,110,615</b>
Segmento EU	13,315	996	5,829	671	1,415,665
% del inventario de fuentes móviles de EU	4.8%	0.4%	0.2%	7.4%	n.d.

### 3.4 Corredor San Antonio-Monterrey

El segmento sur del corredor de la supercarretera de América del Norte (ilustración 6) corre hacia el sur a partir de San Antonio, por la autopista I-35 hacia la frontera mexicana en Laredo. En México la ruta sigue la autopista 85 (también la autopista de cuota 85D) hacia Monterrey. Hay servicio de ferrocarril hacia Laredo, con Union Pacific (UP), BNSF y la compañía regional Texas Mexican Railway (Tex Mex). Las líneas de UP tienen conexión directa con el ferrocarril mexicano del Noreste (FNE), cuya línea corre paralela en su mayor parte a la autopista 85, yendo de Laredo por Monterrey hacia la Ciudad de México.

La población sumada del corredor en 1999 fue de 4.2 millones de habitantes, entre ellos 1.1 millones tanto en San Antonio como en Monterrey. Está previsto un gran crecimiento en este corredor, principalmente en la zona de la frontera, con una población total que alcanzaría 6.4 millones en 2020. Se prevé que Webb County, Texas, que incluye Laredo, crezca 2.5 veces para alcanzar 507,000 habitantes en 2020; la población de Nuevo Laredo será en ese mismo año de por lo menos 440,000 habitantes. La contaminación por ozono y materia particulada es un problema serio en Monterrey. En 1997 se rebasaron en 36 días las normas mexicanas de calidad del aire para ozono y en nueve días las de PM-10. Los niveles de contaminación atmosférica en Laredo y Nuevo Laredo no exceden en la actualidad las normas sobre salud de Estados Unidos o México, aunque hay pocas estaciones de monitoreo en la zona.

**Ilustración 6**



Los flujos totales de mercancías en 1999 fueron por más de 33 millones de toneladas métricas, 71% transportado por carretera. El transporte por camión hacia el sur fue principalmente de carbón, plásticos, equipo eléctrico y autopartes. Una buena parte de la carga fue de componentes para su ensamble en México y su reembarque a EU como productos finales. Los flujos hacia el norte fueron principalmente de equipo eléctrico, maquinaria y automóviles. La mayor parte de la carga camionera se mueve desde y hacia Texas. Fuera de este estado, sin embargo, los puntos más comunes de destino final para los embarques están lejos de la frontera, en estados como Michigan, California e Illinois. Ello refleja el hecho de que el corredor está al servicio del conjunto de las relaciones comerciales México-EU, más que para el comercio de los dos estados fronterizos vecinos. Casi dos tercios de los flujos de mercancías por ferrocarril son hacia el sur. Materias primas como la pulpa de madera, los cereales, cemento, piedra y carbón, son las principales mercancías de este flujo, mismas que se originan en Texas, Georgia y los estados agrícolas del medio oeste. Los flujos hacia el norte son principalmente de automóviles que se embarcan hacia Michigan, y bebidas que se envían a Texas.

Todo análisis de los flujos comerciales México-EU ha de tomar en cuenta el impacto de las maquiladoras. Con inicio en 1965, el programa maquiladora consistió principalmente en plantas manufactureras justo al sur de la línea fronteriza para ensamblar productos finales a partir de componentes de EU, mismos que se embarcaban de regreso. Como porcentaje del comercio total, las maquiladoras tienen su mayor impacto en los cruces de El Paso-Ciudad Juárez y San Ysidro-Tijuana. Tanto Nuevo Laredo como Nogales tienen también un número importante de maquiladoras. En Laredo-Nuevo Laredo se estima que 13% del comercio hacia el norte y 12% del hacia el sur está asociado con las maquiladoras.<sup>17</sup> Puesto que esta carga por lo general no se mueve en toda la extensión del corredor, se hicieron los ajustes correspondientes en los datos sobre actividad camionera.

Para los cálculos de las emisiones, se supuso un corredor de 364 km, lo que lo haría extenderse al norte hasta Pearsall, Texas. Hay dos cruces fronterizos importantes para camiones en el corredor. El puente Lincoln-Juárez conecta las áreas céntricas de Laredo y Nuevo Laredo y está ubicado al final de la autopista estadounidense I-35 y de la mexicana 085. El otro cruce es el puente Columbia, ubicado 35 km al noroeste de las zonas céntricas. El uso de este cruce agrega alrededor de 64 km al viaje del cruce fronterizo, aunque la espera es mucho menor. Sondeos recientes indican que 61% de los camiones comerciales en este corredor utilizan el puente Lincoln-Juárez y el resto el Columbia. En nuestros cálculos de los impactos de las emisiones se utilizó esta misma proporción.

Los reglamentos vigentes restringen las operaciones de los camiones mexicanos en EU exclusivamente a las zonas comerciales alrededor de los cruces fronterizos.<sup>18</sup> De modo similar, los transportes estadounidenses por lo general no reciben autorización para operar en las autopistas federales mexicanas. Debido a las restricciones y a los requisitos del proceso aduanal, en los corredores de transporte EU-México se ha desarrollado un sistema singular de transferencia. Por lo general la carga, tanto hacia el sur como al norte, es llevada a terminales en

---

<sup>17</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

<sup>18</sup> Recientemente, un panel de arbitraje del TLCAN falló en favor de permitir el acceso pleno de los camiones mexicanos y el gobierno estadounidense expresó su voluntad de cumplir la decisión. Como se describe en la sección 4, en el análisis de los futuros escenarios se asume que se levantó esta restricción.

la región fronteriza por los vehículos de carga comercial. Los contenedores, entonces, son jalados a través de la frontera por vehículos de transbordo, la mayor parte de ellos de propiedad mexicana. Una vez del otro lado de la frontera, la flota de transporte comercial retoma la carga hacia su destino final. Los vehículos de transbordo son por lo general más viejos que los de transporte comercial y producen más emisiones por km. A fin de tomar en cuenta este sistema en los cálculos sobre emisiones, dimos por sentado que toda la carga camionera entre San Antonio y Laredo se mueve en vehículos comerciales de EU y que los movimientos entre Nuevo Laredo y Monterrey se hacen en camiones comerciales mexicanos. Se supuso también que todos los movimientos en la frontera, que incluyen sólo una fracción de la distancia pero dan cuenta de todo el retraso en los cruces, se hacen en ambas direcciones con vehículos de transbordo mexicanos.

El cuadro 10 contiene las emisiones en el corredor en 1999. Los vehículos de carga contribuyen con 84% de las emisiones de NO<sub>x</sub> y más de 90% de las de otros contaminantes. Los camiones en espera contribuyen con 6.3% de las emisiones de CO relacionadas con el comercio, el porcentaje más alto de los cinco corredores. En la comparación con el inventario de fuentes móviles para el segmento estadounidense del corredor, el comercio relacionado con el TLCAN es responsable del 12.4% de las emisiones de PM-10 y 8.5% de las de NO<sub>x</sub>, segundo porcentaje en importancia sólo después del corredor Winnipeg-Fargo en este aspecto.

**Cuadro 10: Emisiones derivadas del comercio en el corredor San Antonio-Monterrey, 1999 (kg/día)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Transporte carretero	21,129	1,707	9,665	1,236	2,316,476
Camiones en espera	480	110	682	23	38,925
Subtotal	21,609	1,817	10,347	1,259	2,355,401
Ferrocarril	4,261	158	420	106	155,523
Total	25,871	1,975	10,767	1,364	2,510,924
Total en segmento de EU	15,566	1,303	7,615	863	1,794,510
% del inventario de fuentes móviles de EU	8.5%	0.9%	0.5%	12.4%	n.d.

### 3.5 Corredor Tucson-Hermosillo

El segmento sur del corredor Canamex (ilustración 7) va hacia el sur desde Tucson, Arizona, (804,000 habitantes) sobre la autopista I-19 hasta la frontera. Nogales, Arizona, es una pequeña ciudad de 20,000 habitantes pero su homónima en Sonora es al menos ocho veces más grande. Desde esta última ciudad el corredor sigue por la autopista mexicana 015 hacia Santa Ana y Hermosillo (609,000 habitantes). La empresa UP presta servicio de ferrocarril de Tucson a Nogales, donde la línea conecta con la red del Ferrocarril del Norte Pacífico, que corre por la costa oeste de México. La población agregada del corredor es de 1.7 millones, con un pronóstico de más de 2.4 millones para 2020. Nogales, Arizona (municipio de Santa Cruz), es área de no

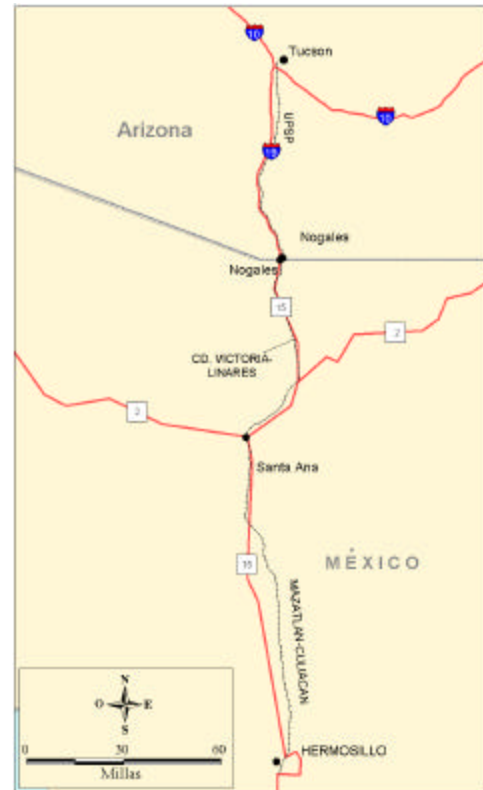
cumplimiento según las normas actuales de la EPA. Es posible que Nogales, Sonora, también exceda las normas respectivas de PM-10.<sup>19</sup> En esos mismos términos, Tucson es considerada área de mantenimiento para monóxido de carbono. No hay información disponible sobre la calidad del aire en Hermosillo.

En este corredor se transportan mercancías por 5.3 millones de toneladas métricas, 71% por camión. A diferencia del cruce Laredo-Nuevo Laredo, el de Nogales funciona de modo prioritario para comercio entre los dos estados fronterizos (Arizona y Sonora). La carga por camión hacia el norte es principalmente de vegetales y frutas/nueces destinadas a Phoenix y otros mercados urbanos. Nogales es el único cruce México-EU que experimenta importantes fluctuaciones de temporada en el comercio, debido al alto porcentaje de comercio de productos agrícolas. La carga hacia el sur es sobre todo de plásticos, hierro y acero, carbón y equipo eléctrico. No es importante en la actualidad el tráfico de carga que se mueve por carretera entre México y las partes más al norte del corredor Canamex. Por ferrocarril se mueven 1.5 millones de toneladas de carga en el corredor, principalmente embarques hacia el norte de cemento y piedra con destino a Arizona. También son importantes los envíos hacia el norte por tren de automóviles fabricados en la planta de Ford en Hermosillo. La carga hacia el sur por ferrocarril incluye minerales y acero de Arizona y autopartes de Michigan.

Para el cálculo de emisiones se consideró una extensión de 364 km para el corredor, lo que lo llevaría al sur hasta Carbó, Sonora. Los camiones cruzan la frontera en Mariposa, cruce aproximadamente 2.5 km al norte del centro de Nogales. El ferrocarril cruza en la estación DeConcini, en la zona del centro. La espera promedio para los camiones hacia el norte es de 50 minutos y hacia el sur 20 minutos.<sup>20</sup> Al igual que en el corredor San Antonio-Monterrey, se supuso que los tramos de transporte comercial lo hacen las respectivas líneas en cada uno de los países, mientras que los movimientos fronterizos y la espera, corresponde a la flota mexicana de transbordadores fronterizos. Los movimientos asociados a las maquiladoras son parte importante de los cruces, con participación que se estimó en 29% hacia el norte y 47% hacia el sur.<sup>21</sup> Las cifras respecto de carga camionera se ajustaron para reflejar este hecho en los cálculos de emisiones.

En el cuadro 11 se anotan las emisiones relacionadas con el comercio del TLCAN en este corredor. Los camiones contribuyen con 83% de los NO<sub>x</sub> y con más de 90% de otros contaminantes. Los camiones en espera en la frontera son responsables de 6.2% de las emisiones

Ilustración 7



<sup>19</sup> U.S.-Mexico Border Environmental Indicators 1997.

<sup>20</sup> Binational Border Transportation Planning and Programming Study.

<sup>21</sup> Binational Border Transportation Planning and Programming Study.

de CO derivadas del comercio, porcentaje sólo menor que el del cruce Laredo-Nuevo Laredo. En la comparación del fragmento estadounidense del corredor con el inventario de contaminantes por fuentes móviles, el comercio relacionado con el TLCAN tiene un impacto menor que el de otros corredores: las emisiones relacionadas con el comercio representaron 4.3% del inventario de PM-10 y 2.7% del de NO<sub>x</sub>.

**Cuadro 11: Emisiones derivadas del comercio en el corredor Tucson-Hermosillo, 1999 (kg/día)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Transporte carretero	3,515	279	1,480	205	344,028
Camiones en espera	72	17	103	3	7,294
Subtotal	3,587	296	1,583	209	351,323
Ferrocarril	743	28	73	18	27,125
Total	4,330	323	1,656	227	378,448
Total en segmento de EU	1,370	125	738	80	167,870
% del inventario de fuentes móviles de EU	2.7%	0.3%	0.2%	4.3%	n.d.

### 3.6 Otros modos de transporte de carga

#### *Carga marítima*

El comercio por vía marítima da cuenta de una parte sustantiva de los flujos de carga en América del Norte. Alrededor de 56% de la carga comercial Canadá-México se mueve por vías fluviales, incluidas algunas mercancías importantes, por ejemplo los aceites vegetales y los cereales, hacia el sur, y el petróleo hacia el norte. Entre Canadá y EU más de 20% del tonelaje de carga de mueve por agua. Las exportaciones canadienses por vía marítima a EU son principalmente de carbón, petróleo y productos de papel, mientras que sus importaciones son principalmente de petróleo (Las cifras del comercio EU-México están incompletas, pero igualmente sugieren una gran cantidad de comercio por vía marítima.)<sup>22</sup> Aunque el comercio por esta vía ha seguido creciendo a ritmo sostenido en términos absolutos, ha perdido participación en el comercio total. Hace diez años la carga marítima representaba 63% del comercio Canadá-México y 28 % del de Canadá con EU.

La mayor parte del comercio marítimo Canadá-EU se mueve entre puertos del océano Atlántico y no tiene, por tanto, impactos ambientales directos en los corredores del TLCAN que se analizan en este informe. Sin embargo, tanto los puertos de los Grandes Lagos como los de la costa oeste también manejan grandes volúmenes de comercio relacionado con el TLCAN. Hamilton, Ontario, en el extremo occidental del Lago Ontario, es el puerto más importante en

<sup>22</sup> U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Commerce, Census Bureau; Statistics Canada; Transport Canada; Instituto Mexicano del Transporte; Instituto Nacional de Estadística, Geografía Informática; y Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *North American Transportation in Figures*.

términos de valor de los embarques marítimos provenientes de EU. El puerto de Vancouver es el segundo en importancia en cuanto a exportaciones a EU.

Casi la totalidad del comercio marítimo entre EU y México se mueve a través del Golfo de México. El comercio está dominado por las importaciones estadounidenses de petróleo procedente de Campeche y Veracruz que se mueve a puertos de Texas y Louisiana. También hay importantes embarques hacia EU en el puerto de Altamira, cerca de Tampico. Esta ruta podría representar una alternativa a la vía terrestre San Antonio-Monterrey-Ciudad de México.

Los grandes barcos de carga por lo general utilizan petróleo residual y la mayoría cuenta con motores diésel como fuentes auxiliares de energía. Las emisiones dependen de varios factores, entre ellos la distancia del viaje y el tipo y antigüedad del motor del barco. El tiempo de carga y descarga en el puerto puede también influir de manera importante en la calidad atmosférica en las áreas urbanas. En total, las de fuentes marítimas son una proporción menor del total de las emisiones. Un inventario de emisiones de EU en 1997 encontró que los buques de carga contribuían con 1.0% de las emisiones nacionales de NO<sub>x</sub> y 0.1% de las de PM-10.

Su amplia participación porcentual en diferentes áreas del comercio podría indicar que el transporte marítimo sirve a una gran variedad de mercados y que de ahí se puede derivar una oportunidad de usarlo de manera más amplia como una estrategia de reducción de emisiones. Es cierto que el transporte marítimo sirve a mercados diversos. Además, las innovaciones técnicas, entre ellas el uso de barcasas de transbordo, han permitido absorber tráfico que, de otra manera, se hubiera canalizado hacia los ferrocarriles, lo cual muestra que existe un potencial de mayor servicio. En términos generales, sin embargo, esta gran participación porcentual en tonelajes es el reflejo del hecho de que el comercio marítimo entre los países de América del Norte tiene las mismas características en sus mercancías que otro tráfico marítimo y que este tipo de transporte es más adecuado para el movimiento de mercancías a granel.

### ***Ductos***

Hay también grandes flujos de mercancías a través de ductos desde Canadá hacia Estados Unidos, principalmente petróleo y gas natural. Canadá exportó por medio de ductos 52 millones de toneladas métricas de combustibles en 1999, tonelaje mayor que los flujos hacia el sur por camión o ferrocarril en cualquiera de los corredores individuales. Casi toda esta carga se origina en Alberta y fluye hacia los estados del medio oeste y las llanuras centrales. Los impactos ambientales de los ductos en términos de emisiones dependen por lo general de los motores estacionarios utilizados para compresión y bombeo de los fluidos en el ducto.

## **4 FUTUROS ESCENARIOS DEL COMERCIO Y EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE**

El comercio y el transporte en los cinco corredores crecerá sensiblemente en los años que vienen. Esta sección presenta los escenarios de comercio en 2020 y una aproximación de sus efectos en la calidad del aire. Se elabora un escenario base para 2020 de cada corredor a partir de los posibles ritmos de crecimiento del comercio. Después se usan escenarios alternativos para comparar los cambios en el crecimiento del comercio o en la industria del transporte frente a la

línea de base. Todos los efectos sobre la calidad del aire se calculan empleando los factores de emisión para el 2020 descritos en la sección 2.

Es difícil predecir las demoras en los cruces fronterizos durante los próximos 20 años. El tránsito en los cinco segmentos de los corredores se multiplicará dos a cuatro veces, lo que sin duda sobrecargará algunas de las aduanas existentes. Al mismo tiempo, es muy probable que la infraestructura en todos los cruces fronterizos se modernice de manera significativa. Por ejemplo, hay planes para establecer un cuarto cruce entre Laredo y Nuevo Laredo y la Ambassador Bridge Authority ha dicho que hermanará ese puente cuando surja la necesidad. Dadas estas incertidumbres, para calcular las emisiones de 2020 se parte de las demoras que actualmente existen en los cruces fronterizos de cada sistema de puerto de entrada.

## 4.1 El corredor Vancouver-Seattle

### Escenario base

El escenario base de 2020 del corredor Vancouver-Seattle supone que el flujo de bienes transportados por camión y ferrocarril crecerá a un ritmo de 4.2% anual, lo que resultará en flujos totales de 26.6 millones de toneladas métricas en 2020. Esto es más de lo que Transport Canada calcula que crecerá el tonelaje de carga de camiones alquilados (2.3% anual hasta 2015), pero menos que el crecimiento reciente de los volúmenes camioneros transfronterizos (6.5% anual de 1996).<sup>23 24</sup>

El cuadro 12 muestra las emisiones relacionadas con el comercio en 2020 conforme al escenario base. Debido al notable mejoramiento esperado en las emisiones de los camiones y, en menor grado, de los ferrocarriles, las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 se reducen a menos de la mitad de los niveles de 1999, a pesar de más que duplicarse el tonelaje de carga. Las emisiones ferrocarrileras contribuyen con una porción mucho mayor de las emisiones totales del comercio que en 1999: 57% de NO<sub>x</sub> y 55% de PM-10. Las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> se multiplican por más de dos frente a 1999, cifra similar al crecimiento del comercio.

**Cuadro 12: Emisiones del corredor comercial Vancouver-Seattle, escenario base de 2020**

	Flujo anual de bienes (millones de kg)	Vehículos anuales*	Emisiones (kg/día)				
			NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camiones	16,186	1,952,758	1,678	399	7,842	62	1,983,469
Ferrocarriles	10,434	150,860	2,187	123	415	62	153,569
Total	26,620	n.d.	3,865	522	8,256	123	2,137,038
Porcentaje de 1999	237%	237%	44%	82%	225%	28%	234%

\* Sólo automotores cargados.

<sup>23</sup> *Freight Transport Trends & Forecasts to 2015.*

<sup>24</sup> *Transportation and North American Trade.*

**Escenario alternativo: mejor servicio ferrocarrilero**

Se exploran los efectos de un escenario alternativo en que los ferrocarriles capturen una proporción mayor del flujo futuro de bienes. El Washington State Department of Transportation emprendió hace poco una “Iniciativa intermodal de recorridos cortos”, un esfuerzo para fomentar mejoras en el servicio ferrocarrilero que permitirían que este medio de transporte capture una proporción mayor del tránsito intermodal entre Columbia Británica y Washington. Hay otras posibilidades para acentuar el mejoramiento del servicio ferrocarrilero en el corredor. Por ejemplo, la línea BNSF al norte de Seattle incluye túneles que no permiten operaciones de los modernos contenedores de dos niveles. Asimismo, se dice que la propuesta fusión de CN y BNSF reduciría el tiempo de tránsito entre Vancouver y California entre 12 y 24 horas.

Los camiones se hacen cargo actualmente de 61% de la carga por superficie en el corredor, incluido 87% de los productos de valor más alto (más de \$1 por libra). En cuanto a los de bajo valor (menos de \$1 por libra), la proporción correspondiente a los camiones es casi igual que la de los ferrocarriles, lo que indica una oportunidad para que los ferrocarriles capturen una parte mayor.

Con objeto de calcular los efectos de las mejoras en el servicio de los ferrocarriles, se parte de una reducción de 10% en los costos de embarques ferrocarrileros y se aplica a las elasticidades-cruce, como se muestra en el cuadro 3. El resultado es una desviación de más de 700,000 toneladas métricas de carga de los camiones a los ferrocarriles, un aumento de 6.8% en el tonelaje ferrocarrilero por encima de la línea de base de 2020. Las mercancías desviadas las encabezan madera, plásticos, pulpa de madera y fertilizantes. El tránsito camionero en el corredor se reduce anualmente en 84,000 vehículos. En virtud de las grandes mejoras esperadas en las emisiones camioneras de NOx y PM-10, el efecto del cambio modal es un aumento de 2.1% de las emisiones de NOx y uno de 1.4% de las PM-10. Las emisiones de otros contaminantes caen de 1.5 a 3.6 por ciento, como se muestra en el cuadro 13.

**Cuadro 13: Corredor Vancouver-Seattle: efecto de las mejoras en el servicio ferrocarrilero, (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	8,693	635	3,666	437	912,459
Línea de base de 2020	3,865	522	8,256	123	2,137,038
Mejores servicios ferrocarrileros en 2020	3,945	514	7,961	125	2,065,803
Cambio porcentual (Base frente a alternativo, 2020)	2.1%	-1.5%	-3.6%	1.4%	-3.3%



## 4.2 Corredor Winnipeg-Fargo

### *Escenario base*

En el escenario base de 2020 el tonelaje de carga camionero y ferrocarrilero en el corredor Winnipeg-Fargo crece 6% anual, con un total de 31.4 millones de toneladas métricas. El cuadro 14 muestra las emisiones de 2020 en el escenario base. Las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 caen, respectivamente, a 86% y 60% de los niveles de 1999. Si bien esta caída es sorprendente a la luz de la triplicación del volumen de carga, es menor que la reducción en los otros dos corredores EU-Canadá por la gran proporción correspondiente a los ferrocarriles. No se espera que la carga por este último medio reduzca sus índices de emisiones tan drásticamente como los camiones, por lo que será responsable de alrededor de tres cuartos de las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 relacionadas con el comercio en 2020. Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del comercio se incrementan más de tres veces frente a los niveles de 1999.

**Cuadro 14: Emisiones comerciales en el corredor Winnipeg-Fargo, escenario base de 2020**

	Flujo anual de bienes (millones de kg)	Vehículos anuales*	Emisiones (kg/día)				
			NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camiones	15,150	1,233,117	1,057	250	4,884	39	1,245,485
Ferrocarriles	16,262	217,966	3,408	192	646	96	239,357
Total	31,412	n.d.	4,465	442	5,530	135	1,484,842
Porcentaje de 1999	340%	340%	86%	135%	320%	60%	330%

\* Sólo automotores cargados.

### *Escenario alternativo: mayor crecimiento del tránsito camionero*

Varios indicadores sugieren que el tránsito camionero podría crecer a un ritmo mayor a 6% anual. De 1986 a 1996 los respectivos volúmenes en el cruce Emerson-Pembina se han elevado un promedio de 9.4% anual. Las exportaciones a Canadá de Minnesota, el principal socio comercial de Manitoba, se incrementaron 9.9% anualmente durante los pasados seis años. El alcalde de Winnipeg prevé que el comercio en el corredor podría crecer 12% anual en el corto plazo.<sup>25</sup> Mientras Winnipeg ha sido desde hace tiempo un centro de transporte de los movimientos este-oeste a lo largo de las provincias de las praderas, los casos de los que se tiene conocimiento parecen indicar que el futuro crecimiento se desplazará al comercio norte-sur. Winnipeg tiene una posición estratégica: a 24 horas de manejo de los grandes mercados estadounidenses de Wisconsin, Minnesota e Illinois. Algunos industriales predicen que Winnipeg-Minneapolis será un poderoso corredor comercial en los años por venir.<sup>26</sup>

Como una alternativa del escenario base de 2020, calculamos el volumen de carga y emisiones si la carga camionera creciera 9% anual. El tonelaje del flujo total de bienes sería 38% mayor que

<sup>25</sup> Toulin, 1999

<sup>26</sup> *Prairie Provinces Transportation System Study.*

con los supuestos de la línea de base, mostrados en el cuadro 15. La carga de los ferrocarriles siguen contribuyendo con gran parte de las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 derivadas del comercio, pero la participación de los camiones se eleva de sólo un cuarto a más de un tercio. A diferencia de la línea de base de 2020, las emisiones de NO<sub>x</sub> son ligeramente mayores que en 1999. Las emisiones de CO<sub>2</sub> y CO suben casi 70% frente a los niveles base, y son ahora más de cinco veces los niveles de 1999.

**Cuadro 15: Corredor Winnipeg-Fargo: efectos del mayor tránsito de camiones**

	Flujo anual de bienes (millones de kg)	Emisiones (kg/día)				
		NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	9,240	5,178	328	1,728	226	449,543
Línea de base de 2020	31,412	4,465	442	5,530	135	1,484,842
Mayor crecimiento de los camiones en 2020	43,486	5,307	641	9,422	166	2,477,417
Cambio porcentual (Base frente a alternativo, 2020)	38%	19%	45%	70%	23%	67%

### 4.3 Corredor Toronto-Detroit

#### *Escenario base*

Debido a que las relaciones económicas entre Ontario y los estados del medio oeste ya estaban bien desarrolladas a principios de los noventa, el crecimiento del tráfico de carga en este corredor ha sido menor que el del comercio binacional total en los años recientes. De 1986 a 1996 el tránsito de camiones en estos tres cruces creció anualmente 5.7%.<sup>27</sup> Otro estudio calcula que el comercio futuro en este corredor crecerá a un ritmo de 5% anual.<sup>28</sup> Esta cifra se emplea como punto de partida del escenario base de 2020 para el flujo de bienes tanto por camión como por ferrocarril. El tonelaje total transfronterizo llega a 172 millones de toneladas métricas en 2020.

Las emisiones relacionadas con el comercio en el escenario base de 2020 se muestran en el cuadro 16. Las de NO<sub>x</sub> caen a menos de la mitad frente a los niveles de 1999 y las de PM-10 a menos de un tercio. Los ferrocarriles y los camiones contribuyen ahora con cantidades aproximadamente iguales de estos contaminantes. Las emisiones tanto de CO como de CO<sub>2</sub> suben 2.7 veces con respecto a 1999, en proporción con el crecimiento del volumen de carga.

<sup>27</sup> *Transportation and North American Trade.*

<sup>28</sup> *Southwest Ontario Frontier International Gateway Study.*

**Cuadro 16: Emisiones relacionadas con el comercio en el corredor Toronto-Detroit, escenario base de 2020**

	Flujo anual de bienes (millones de kg)	Vehículos anuales*	Emisiones (kg/día)				
			NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camiones	122,672	13,030,708	11,342	2,674	52,165	416	13,353,393
Ferrocarriles	48,947	785,129	10,662	600	2,021	302	748,796
Total	171,619	n.d.	22,004	3,274	54,186	718	14,102,189
Porcentaje de 1999	279%	279%	47%	94%	265%	29%	276%

\* Sólo automotores cargados.

### *Escenario alternativo: mejor servicio ferrocarrilero*

Durante el decenio pasado los ferrocarriles han perdido participación en la carga intermodal en este corredor.<sup>29</sup> Tanto CN como CP invierten ahora en nuevas tecnologías en un intento por recuperar parte de este tránsito de los camiones. Dos desarrollos prominentes son Iron Highway (autopista de acero) y Road Railer [transporte en carrocería dotada de ruedas retráctiles para circular por ferrocarril y ruedas para circular por carretera]. El servicio Iron Highway, desarrollado originalmente por CSX, usa plataformas largas y articuladas que se dividen en el centro para formar rampas. Los contenedores se pueden cargar y descargar con facilidad sin necesidad de grúas. CP está comercializando este servicio en el sur de Ontario y Quebec con el nombre de “Expressway”. La tecnología RoadRailer, que en EU usa Norfolk Southern Railway, emplea trailers especializados que se pueden convertir en vagones de ferrocarril mediante ruedas y ejes desmontables (bogies). Las locomotoras convencionales pueden jalar un tren de hasta 120 trailers RoadRailer. CN ha introducido ese servicio en el corredor Toronto-Detroit y planea extender servicio RoadRailer a Chicago. También hay posibilidades de usar los trenes de pasajeros VIA para jalar cargas rápidas con tecnología RoadRailer. Estos avances en el servicio podrían elevar de manera significativa la participación del ferrocarril, al tiempo que se podrían lograr mejoras adicionales en ese medio de transporte si el túnel Detroit-Windsor se expande para manejar los modernos trenes de doble nivel y de transporte de automóviles. En el escenario base la participación de los camiones es de 71% de toda la carga del corredor, incluido 60% de los bienes de más bajo valor (menos de \$1 por libra); esto plantea buenas oportunidades para que el ferrocarril gane terreno.

Analizamos el efecto de un escenario alternativo de crecimiento con un mejor servicio ferrocarrilero. Se supone una reducción de 10% en el costo de embarque por ferrocarril frente al de los camiones y se aplica a las elasticidades-cruce en el cuadro 3. El resultado es un aumento de 12% en el tonelaje ferrocarrilero comparado con la línea de base (unos 5.8 millones de toneladas métricas); la mayoría de las mercancías desviadas son plásticos, hierro y acero y partes de automóvil. Casi 600,000 camiones se retiran anualmente del corredor. El cuadro 17 muestra los efectos en las emisiones de esta desviación modal frente a la línea de base. A la luz de la ventaja en cuanto a emisiones de los camiones en 2020, las de NO<sub>x</sub> y PM-10 se elevan 3.7% y

<sup>29</sup> *Assessment of Modal Integration & Modal Shift Opportunities.*

2.7% en este escenario. Las emisiones de otros contaminantes disminuyen; las de CO y CO<sub>2</sub> bajan más de 3%.

**Cuadro 17: Corredor Toronto-Detroit: efectos de un mejor servicio ferrocarrilero (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	46,663	3,498	20,456	2,434	5,110,615
Línea de base 2020	22,004	3,274	54,186	718	14,102,189
Mejor servicio ferrocarrilero, 2020	22,818	3,240	52,381	737	13,667,435
Cambio porcentual (Base frente a alternativo, 2020)	3.7%	-1.0%	-3.3%	2.7%	-3.1%

## 4.4 Corredor San Antonio-Monterrey

### *Escenario base*

Se prevé que el ritmo del crecimiento del comercio en este corredor sea el más alto de los cinco incluidos en el presente estudio. Tendencias recientes muestran incrementos enormes en el tránsito camionero y ferrocarrilero. Estos índices son producto de los primeros años del TLCAN y probablemente disminuyan un poco, pero aún así se espera un fuerte crecimiento. El comercio binacional a través del corredor difiere de los demás principales corredores EU-México en que está dominado por el comercio con la región industrial del centro de México más que con las maquiladoras de la frontera. Los flujos de bienes consisten en una variedad de artículos y no hay un peso significativo de alguna industria en particular. El escenario base de 2020 supone un crecimiento anual de 6.8% hasta 2020, con casi 106 millones de toneladas métricas en ese año. Con objeto de calcular los efectos medioambientales, el escenario base supone un levantamiento de las restricciones para las operaciones fronterizas para los camiones tanto estadounidenses como mexicanos. Un tribunal arbitral del TLCAN falló recientemente en favor de permitir el acceso de camiones mexicanos y el gobierno de Bush ha indicado que cumplirá con la decisión. La mitad de los camiones que circulan en todo el corredor se suponen de compañías estadounidenses y la otra mitad de mexicanas. Como se describe en la sección 2, los factores de emisión en 2020 de los camiones de autotransporte de México son considerablemente menores que en 1999, pero aún así más altos que los factores de Canadá y EU, porque no adoptan el combustible diésel con bajo porcentaje de azufre. El uso de viejos camiones remolques para jalar trailers por la frontera se supone eliminada, por lo que ahora los camiones de autotransporte llevan toda la carga entre San Antonio y Monterrey. La fracción del comercio de las maquiladoras se supone que permanece constante. Actualmente hay dos puentes disponibles para los camiones que cruzan en el área de Laredo y Nuevo Laredo. El puente Columbia abrió en 1991 y se usa cada vez más. Ofrece menos espera, pero agrega 70 kilómetros al recorrido. Se planea otro cruce para la región del centro. Para calcular las emisiones de 2020, se supone que la mitad del comercio camionero usará ese puente (40% más que actualmente) y la otra mitad, los cruces existentes y el nuevo del centro.

Las emisiones del escenario base de 2020 se muestran en el cuadro 18. Con respecto a las de NO<sub>x</sub> y PM-10, todo el crecimiento en la actividad comercial del corredor se compensa con vehículos más limpios, por lo que el resultado es una ligera disminución frente a los niveles de 1999. Los camiones siguen contribuyendo con la mayor parte de estas emisiones: 71% de NO<sub>x</sub> y 80% de PM-10. Las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> crecen con mayor rapidez que en los demás corredores: se multiplican por cuatro.

**Cuadro 18: Emisiones derivadas del comercio en el corredor San Antonio-Monterrey, escenario base de 2020**

	Flujo anual de bienes (millones de kg)	Vehículos anuales*	Emisiones (kg/día)				
			NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camiones	70,171	8,895,760	18,078	3,882	38,427	924	9,703,413
Ferrocarril	35,608	571,880	7,463	420	1,415	226	524,098
Total	105,779	n.d.	25,541	4,302	39,842	1,150	10,227,511
Porcentaje de 1999	398%	398%	99%	218%	370%	84%	407%

\* Sólo automotores cargados.

### *Escenario alternativo: mayor crecimiento del tránsito de camiones*

Diversos factores podrían contribuir al crecimiento de carga de los camiones por encima del escenario base. Los cruces fronterizos de los camiones en Laredo creció la extraordinaria cifra de 11.4% anual de 1990 a 1997.<sup>30</sup> Aunque este periodo incluye los primeros años del TLCAN, también incluye la recesión estadounidense de principios de los noventa y la crisis financiera mexicana de 1995. El corredor San Antonio-Monterrey sirve de conducto primario del comercio entre Estados Unidos y México y eso no cambiará. No sólo vincula a EU con Monterrey, tercera ciudad principal de México, sino también funciona como un nexo básico entre la Ciudad de México y EU. Así, conforme la relación comercial entre EU y México madure y se extienda más allá de las maquiladoras, este corredor sin duda alguna conservará su prominencia.

Es muy posible que el levantamiento de las restricciones de operación que actualmente evitan que camiones de EU y México circulen en el territorio de la otra parte impulse la carga camionera. Estados Unidos limita las operaciones de camiones mexicanos a las zonas comerciales alrededor de los municipios fronterizos y, en respuesta, México prohíbe a los camiones estadounidenses circular en sus carreteras federales. Debido a estas restricciones, los embarques de camarón entre ambos países se transportan en al menos tres vehículos: autotransporte hasta la zona fronteriza, un remolcador a través de la frontera y otro autotransporte a su destino final. Si EU y México permitieran el pleno acceso transfronterizo se podrían reducir los costos de embarque de manera considerable.

Para estudiar el efecto de un crecimiento del tránsito de camiones, suponemos que la carga camionera en el corredor crece 8.6% anual, en congruencia con las tendencias recientes. En 2020

<sup>30</sup> Por un cambio en los procedimientos de registro de los datos en la aduana de Laredo, las cifras de 1998-2000 no se pueden comparar con las de 1997 y anteriores.

ello resultaría en un flujo de bienes por camión 5.5 veces mayor que los niveles de 1999. Los volúmenes camioneros se elevarían al mismo ritmo, si el tamaño de los camiones y los porcentajes de vagones vacíos de regreso permanecen iguales. Se supone que los volúmenes ferrocarrileros crecen a los niveles base (6.8% anual). Las repercusiones para el medio ambiente de este escenario son significativas, como se muestra en el cuadro 19. Las emisiones de contaminantes son 30-40% veces más altas que en el escenario base de 2020. A diferencia de éste, en que los factores más bajos de emisión de NO<sub>x</sub> y PM-10 compensan con creces el crecimiento del tránsito desde 1999, este escenario produce emisiones considerablemente mayores de NO<sub>x</sub> y PM-10 que en 1999. Las de CO y CO<sub>2</sub> se elevan más de cinco veces frente a los niveles actuales.

**Cuadro 19: Escenario alternativo en el corredor San Antonio-Monterrey: consecuencias de un mayor tránsito de camiones (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO2
1999	25,871	1,975	10,767	1,364	2,510,924
Línea de base, 2020	25,541	4,302	39,842	1,150	10,227,511
Mayor tránsito camionero en 2020	33,142	5,934	55,999	1,538	14,307,441
Variación porcentual (Base frente a alternativo 2020)	30%	38%	41%	34%	40%

**Escenario alternativo: mayor crecimiento del tránsito ferrocarrilero**

Otro escenario alternativo del corredor entraña un crecimiento anual más alto del tránsito de los ferrocarriles. De 1990 a 1997 el crecimiento promedio anual de los cruces de coches de ferrocarril en Laredo-Nuevo Laredo fue de 11.7%, incluso más alto que el tránsito camionero. Diversos factores podrían asegurar que continúe el fuerte crecimiento de la carga ferrocarrilera. Los ferrocarriles mexicanos se privatizaron en 1997 y después de varios años de inversión comienzan a mostrar altos niveles de eficiencia y rentabilidad. Transportación Ferroviaria Mexicana (TFM) es la principal línea de carga entre la Ciudad de México, Monterrey y Nuevo Laredo. El ferrocarril acaba de realizar numerosas mejoras de infraestructura en el corredor, incluido un nuevo sistema de control de trenes entre Monterrey y Nuevo Laredo, nuevas estaciones de clasificación cerca de la frontera y muchos nuevos apartaderos. Los tiempos de tránsito de Nuevo Laredo a la Ciudad de México se han reducido de 60 a 34 horas para los trenes intermodales y 44 horas para los trenes de mercancías.<sup>31</sup> La alianza de TFM con Kansas City Southern y Texas-Mexican Railroads rinde frutos en el mejoramiento de la eficiencia en los embarques transfronterizos ferrocarrileros. El mayor potencial para el ferrocarril en el corredor puede radicar en la carga intermodal, y los ferrocarriles tanto de EU como de México invierten en servicios intermodales nuevos o mejorados.

Como un escenario alternativo de 2020, suponemos un crecimiento anual de 9% en el tonelaje de carga ferrocarrilera a través del corredor. Ello resulta en 54.6 millones de toneladas métricas de carga ferroviaria por el corredor en 2020, un incremento de seis veces frente a los niveles de 1999. El crecimiento de la carga camionera se apega al escenario base. El cuadro 20 muestra los

<sup>31</sup> Vantuono, 1999.

efectos de las emisiones en este escenario. Las emisiones de contaminantes se elevan de 2% a 16% con respecto a la línea de base; las que más crecen son las de NO<sub>x</sub> y PM-10. Sin embargo, las repercusiones en las emisiones son considerablemente inferiores que en el primer escenario alternativo de mayor tránsito camionero.

**Cuadro 20: Escenario alternativo San Antonio-Monterrey: Efecto de un mayor tránsito ferrocarrilero (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	25,871	1,975	10,767	1,364	2,510,924
Línea de base 2020	25,541	4,302	39,842	1,150	10,227,511
Mayor tránsito ferrocarrilero 2020	29,530	4,526	40,598	1,270	10,507,629
Cambio porcentual (Base frente a alternativo 2020)	16%	5%	2%	10%	3%

## 4.5 Corredor Tucson-Hermosillo

### Escenario base

Los flujos de bienes a través de este corredor reflejan menos diversidad que los que se desplazan en otros grandes corredores EU-México e incluye más productos minerales y agrícolas. Por tanto, no se prevé el que crecimiento del comercio sea igual que los altos niveles del corredor San Antonio-Monterrey. El escenario base de 2020 concibe un ritmo de crecimiento anual de 4.6%. La carga total alcanza 13.7 millones de toneladas métricas en 2020.

Al igual que ocurre en el corredor San Antonio-Monterrey, se prevé que las restricciones a las operaciones camioneras se levanten en 2020, por lo que las actividades de carga de EU y México se realizarán a todo lo largo del segmento sin emplear remolcadores en la frontera. La fracción del comercio de las maquiladoras se supone que se mantiene constante. El cuadro 21 muestra las emisiones en la línea de base de 2020. Las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 caen a cerca de la mitad con respecto a los niveles de 1999, sobre todo por las tasas más bajas de emisiones de los camiones. Éstos siguen siendo responsables de la mayoría de las emisiones: 68% de NO<sub>x</sub> y 77% de PM-10. Como sucede con otros corredores, las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> se elevan en proporción con los volúmenes del comercio.

**Cuadro 21: Emisiones derivadas del comercio en el corredor Tucson-Hermosillo, escenario base de 2020**

	Flujo anual de bienes (millones de kg)	Vehículos anuales*	Emisiones (kg/día)				
			NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camiones	9,706	1,128,684	1,798	389	4,056	91	1,024,372
Ferrocarril	4,011	58,172	841	47	159	27	59,042
Total	13,718	n.d.	2,639	436	4,215	118	1,083,415
Porcentaje de 1999	257%	257%	61%	135%	254%	52%	286%

\* Sólo automotores cargados.

**Escenario alternativo: cambio de medio, de ferrocarriles a camiones**

Un escenario alternativo del corredor Tucson-Hermosillo estudia los efectos de un cambio de ferrocarril a camión. En el escenario base los camiones cargan 71% de todas las mercancías y 64% de los bienes de menor valor (menos de \$1 por libra); la proporción no cambia cuando se trata de distancias más largas. Diversas razones llevan a creer que a medida que el comercio crezca en este corredor, la participación de los ferrocarriles disminuirá. Primero, y más importante, los movimientos de carga en este corredor son distancias por demás cortas, lo que tiende a favorecer a los camiones. Actualmente 72% de la carga camionera y 75% de la ferrocarrilera se mueve a y desde Arizona y los principales centros de población de Arizona están a 24 horas de manejo de Nogales, Santa Ana y Hermosillo. Segundo, los costos de los embarques camioneros probablemente caerán cuando los vehículos mexicanos logren el acceso pleno al sistema carretero de EU. Tercero, el crecimiento del comercio entre Sonora y California no afectará al corredor porque suele moverse a través de Mexicali-Caléxico. Cuarto, ya se realizan operaciones ferrocarrileras de doble nivel de EU a Hermosillo, por lo que las mejoras futuras del servicio ferrocarrilero podrían ser menos significativas que en otros corredores.

Para analizar las repercusiones de una mayor participación de los camiones se supone una disminución de 10% en los costos de embarque con respecto a los del ferrocarril. Cuando este cambio se aplica a las elasticidades-cruce que se muestran en el cuadro 3, el resultado es un incremento de 2.7% en el tonelaje camionero bidireccional, con unas 260,000 toneladas métricas de carga desviadas del ferrocarril. Los volúmenes anuales de los camiones aumentan en 32,000 vehículos. El cuadro 22 muestra los efectos de este escenario en las emisiones. Frente a la línea de base de 2020, las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 cambian muy poco, y las de otros contaminantes suben de 1.8 a 2.5%.

**Cuadro 22: Corredor Tucson-Hermosillo: efectos de un cambio hacia los camiones (kg/día)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	4,330	323	1,656	227	378,448
Línea de base 2020	2,639	436	4,215	118	1,083,415
Mayor participación de los camiones en 2020	2,635	444	4,319	119	1,108,381
Cambio porcentual (Base frente a alternativo 2020)	-0.2%	1.8%	2.5%	0.6%	2.3%

**5 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN**

La sección previa ilustra la manera en que las nuevas normas estrictas reducirán de manera drástica las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 de los camiones. Con todo, el rápido crecimiento del transporte de carga neutralizará con mucho las ganancias. Además, si las nuevas normas de ozono y partículas se ponen en vigor en EU, tal vez se dará mayor importancia a reducir las emisiones de los motores diésel. Diversas estrategias pueden mitigar parte de los efectos en la calidad del aire derivados del transporte de carga en los corredores de transporte del TLCAN.



Esta sección analiza cinco de esas estrategias: combustibles alternativos, reducción de la espera en el cruce fronterizo, normas de menores emisiones camioneras en México, disminución del recorrido de automotores vacíos y empleo de vehículos tractor con remolques más largos.

## **5.1 Combustibles alternativos**

El uso de combustibles alternativos pueden desempeñar un papel importante en la reducción de las emisiones de contaminantes del sector de transporte de carga. Dichos combustibles incluyen gas natural comprimido (GNC), gas natural licuado (GNL), propano, etanol, metanol, así como vehículos eléctricos. La mayoría de los programas de combustibles alternativos hasta la fecha se ha centrado en vehículos ligeros de dos y tres ejes, como entrega de paquetería y parques de coches utilitarios y de servicios, pero los camiones más grandes también pueden usar combustibles alternativos. El gas natural (GNC y GNL) y el propano son los combustibles más viables para los camiones de carga más grandes que recorren grandes distancias. Dada la necesidad de estaciones de recarga de combustible y de mantenimiento, gran parte del uso de combustibles alternativos se ha visto limitado hasta la fecha a zonas urbanas. En un esfuerzo para promover el uso de carga interurbana, varias regiones se empeñan en desarrollar “corredores limpios”: rutas interurbanas muy recorridas con infraestructura para combustibles alternativos.

El primer corredor limpio de EU lo desarrolla una coalición conocida como Corredor Interestatal de Transporte Limpio (ICTC, Interstate Clean Transportation Corridor). El corredor triangular vinculará a las principales ciudades de California y Nevada. El ICTC proveerá GNL en diez sitios a lo largo de la ruta y servirá a unos 250 camiones pesados y 500 locales de entrega de paquetería. Los corredores limpios también se están impulsando como una estrategia para mitigar los efectos ambientales del tránsito de carga transfronterizo. En Texas una coalición de dependencias públicas trabaja para establecer un corredor limpio en la I-35. Denominado Corredor Internacional de Transporte Limpio-3 (ICTC-3, International Clean Transportation Corridor-3), las metas básicas de la coalición son en este punto la educación y la difusión. El grupo incluye coordinadores de las Ciudades Limpias (Clean Cities) e interesados de Laredo, Houston, San Antonio, Austin, Dallas/Fort Worth, Oklahoma City, Kansas City, Omaha, Red River Valle y coaliciones de Winnipeg. El ICTC-3 también sirve al grupo de trabajo de combustibles alternativos de la Coalición de la Supercarretera de América del Norte. El segmento Laredo-San Antonio del corredor es particularmente prometedor porque pasa a través de dos condados (Webb y Zapata) que son los principales productores de gas natural de Texas. El ICTC-3 también promueve combustibles alternativos en Monterrey, México, y hace poco llevó a México a un grupo de productores estadounidenses de vehículos para combustibles alternativos y proveedores de equipo para que se reuniera con gerentes de parques de vehículos y personal de asociaciones comerciales de ese país. Se ha propuesto otro corredor limpio para la porción norte del corredor de la costa oeste, de Oregon a Vancouver.<sup>32</sup>

Si se les compara con los actuales camiones pesados de motor diésel, los de GNC y GNL entrañan emisiones más bajas de NOx, COV, CO y PM-10, aunque los beneficios son mayores en el caso de las PM-10. El cuadro 23 muestra que estas emisiones por milla de camiones de gas natural son 12 veces menores que el promedio de los camiones de EU y Canadá, y 18 veces menores que

---

<sup>32</sup> *Alternative Fuel News.*

el promedio de los camiones mexicanos de autotransporte. Si 10% de los camiones en cualquier corredor se desplazaran a base de gas natural en la actualidad, las emisiones camioneras de PM-10 se reducirían 9% y las de NOx bajarían alrededor de 4%. Los efectos de los vehículos pesados que usan gas natural en los gases de invernadero no están claros, pues dependen en gran medida de los supuestos de la eficiencia del combustible. Un estudio reciente encontró emisiones ligeramente más altas de CO<sub>2</sub> por milla de los camiones pesados a base de gas natural.<sup>33</sup>

**Cuadro 23: Factores de emisiones del autotransporte de carga, 1999**

	Factores de emisión en g/milla (1999)				
	NOx	COV	CO	PM10	CO <sub>2</sub>
Gas natural	7.5	0.70	5.09	0.06	1709
Dísel EU y Canadá	12.8	1.06	6.50	0.75	1612
Dísel México	19.3	1.50	7.28	1.13	1612

En los años que vienen los beneficios de las emisiones de gas natural disminuirán conforme los camiones dísel se vuelvan más limpios. Como se describe en la sección 2, las normas de emisión de EU a partir de 2007 son significativamente menores que las actuales y serían también menores que las actuales de los camiones a base de gas natural. Si bien estos últimos podrían beneficiarse un poco de las tecnologías de control (filtros de partículas y catalizadores de NO<sub>x</sub>) que estarán vigentes después de 2007, no está claro si realmente tendrían emisiones más bajas que el dísel después de ese momento. Según se dice, Comings Engine, uno de los fabricantes de motores pesados de América del Norte, no tiene previsto efectuar mejoras adicionales a sus motores GNC por la futura disponibilidad de motores dísel de bajas emisiones. Otro gran productor, Detroit Diesel, dejará por completo de producir motores de GNC. Personal del Argonne National Laboratory del Departamento de Energía de EU calcula que el gas natural mantendrá una ventaja en materia de emisiones por encima de los camiones dísel sólo hasta 2010.<sup>34</sup> Por esta razón no se ha explorado el efecto de los combustibles alternativos en los corredores de comercio Canadá-EU en 2020. Cabe señalar que si se retrasa la introducción de dísel con poco azufre, los camiones de gas natural podrían desempeñar un papel importante en el cumplimiento de las metas de calidad del aire después de 2010.

En los corredores de comercio de Estados Unidos-México, los vehículos de gas natural pueden proporcionar beneficios bajo los supuestos de que México no adopte las normas de dísel bajo en azufre de Canadá y Estados Unidos.. Para examinar esta estrategia de mitigación se calculan emisiones en el corredor San Antonio-Monterrey, en donde los esfuerzos para promover el uso de combustibles alternativos ya están en marcha. Se supone un uso de gas natural de 20% del autotransporte de carga mexicano (10% del total). En el escenario base de 2020, se supone que se levantan las restricciones de operación, lo que permite a los camiones tanto mexicanos como estadounidenses recorrer toda la distancia del corredor. Los factores de emisión que se muestran en el cuadro 23 se aplican a los camiones de gas natural, con excepción de que se supone que las emisiones de NO<sub>x</sub> igualan las bajas tasas de la flota de dísel en 2020. Como se indica en el cuadro 24, las emisiones de PM-10 se reducen de manera considerable (13%) en este escenario.

<sup>33</sup> Chandler, 2000.

<sup>34</sup> Saricks, 2001

**Cuadro 24: Efectos de los camiones de gas natural en el corredor San Antonio-Monterrey, 2020 (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Línea de base de 2020 (camiones)	18,078	3,882	38,427	924	9,703,413
Camiones mexicanos de gas natural, 20%	18,078	3,726	37,745	806	9,760,790
Cambio porcentual	0%	-4.0%	-1.8%	-12.7%	0.6%

Otras clases de combustibles alternativos y nueva tecnología en los motores podrían también bajar las emisiones de los camiones, como motores híbridos eléctricos o de pilas. Si bien estas opciones aún no se comercializan para los camiones pesados, sí podrían ofrecer una alternativa más limpia que el diésel en 2020. Ha habido también algunos esfuerzos para estudiar el uso de combustibles alternativos en las locomotoras. Varios proyectos han demostrado que las locomotoras que se readecuan para caminar con GNL lograron reducir sus emisiones de NO<sub>x</sub>. Sin embargo, esta tecnología está aún en su infancia y no se puede considerar viable como una estrategia de mitigación.<sup>35</sup>

## 5.2 Reducción de la espera en el cruce fronterizo

Los vehículos comerciales se pueden enfrentar a esperas considerables al cruzar las fronteras internacionales de América del Norte, esperas durante los procedimientos aduaneros y por las colas que hay que hacer antes de llegar al punto de la aduana misma. Como los camiones pasan gran parte de la espera con los motores encendidos sin caminar, reducir el tiempo de cruce puede reducir las emisiones vehiculares. Algunas opciones para reducir esa espera y sus efectos en la calidad del aire se analizan para los dos corredores con las mayores esperas: San Antonio-Monterrey y Vancouver-Seattle.

### *Corredor San Antonio-Monterrey*

El sistema del puerto de entrada Laredo/Nuevo Laredo consta de cuatro cruces fronterizos. Tres vinculan las dos zonas del centro: Convent Street, Lincoln-Juárez y el cruce del ferrocarril; Lincoln-Juárez maneja actualmente la mayor parte del tránsito comercial camionero. El cuarto es el cruce de Columbia, ubicado a 35 kilómetros al noroeste de Laredo, Texas. Abrió en 1991, pero se ha subutilizado en parte porque su distancia a las terminales de la I-35 y la MX-084 añade 64 kilómetros al cruce fronterizo, y también porque las conexiones carreteras hacia el cruce habían sido hasta hace poco inadecuadas. Se acaba de terminar una carretera de cuatro carriles que vincula el cruce con Monterrey, por lo que su uso se ha incrementado. Un cuarto cruce de vehículos (Laredo IV) se tiene planeado al oeste de Laredo, al igual que un nuevo puente ferrocarrilero.

<sup>35</sup> *Air Quality Issues in Intercity Freight.*

Los tres puentes son propiedad privada y de cuota. Del lado estadounidense las operaciones de revisión en todos los cruces los maneja el servicio de aduanas de EU y del mexicano la ciudad de Nuevo Laredo y el estado de Tamaulipas se encargan del cruce del ferrocarril y los cruces de las zonas centro. El puente Columbia, sin embargo, se ubica y opera en el municipio de Anáhuac y el estado de Nuevo León. Esta estructura administrativa desarticulada dificulta el manejo coordinado del sistema del puerto de entrada.

#### *Procedimientos en los cruces fronterizos*

Para el tránsito comercial rumbo al norte el primer punto de control es la caseta mexicana de revisión de las exportaciones. El tiempo que toma a los funcionarios de la aduana dura cerca de un minuto, pero alrededor de 2% de los camiones se someten a revisión de las exportaciones, las cuales duran en promedio 90 minutos. Los vehículos que se dirigen al norte proceden después a las casetas de cobro, manejadas manualmente, para cruzar el puente. En el lado estadounidense, todos los camiones (incluidos los vacíos) entran a la zona de procesamiento comercial. Su primera parada la constituyen las casetas primarias de revisión de EU. Aquí sólo se examinan documentos, lo que dura cerca de un minuto en promedio, pero se suelen formar colas, sobre todo al caer la tarde. En un estudio de 1997 las filas de más de 100 camiones duraban de 3:30 a 6:30 p.m., con tiempos de espera superiores a dos horas. Después de la revisión de documentos, aproximadamente 13% de los camiones se eligen para revisión secundaria, que dura un promedio de 28 minutos pero puede ser más larga. Todos los camiones pasan entonces a una revisión final de documentación al salir, lo cual toma menos de un minuto. La espera promedio total de los camiones rumbo al norte para cruzar la frontera se calcula en 55 minutos, incluidos 31 minutos de espera en colas.<sup>36</sup>

Los camiones que se dirigen al sur no se someten a revisión de exportaciones en Estados Unidos. Proceden directamente a las casetas de cobro, que operan manualmente. Las colas en las casetas de cobro pueden ser largas. En un estudio realizado en 1997, el punto más alto de la tarde incluía a más de 200 vehículos y ocupaba más de 4.5 kilómetros. Esto genera conflictos de tránsito en las calles locales de Laredo y puede conducir a mayores congestiones (y emisiones) en la ciudad de Laredo. Una vez en territorio mexicano, los camiones pasan a los sitios de revisión, en donde se elige a aproximadamente 10% de los camiones para inspecciones primarias en Nuevo Laredo. Éstas duran de tres a cuatro horas en promedio. En el pasado, 10% de los vehículos que se sometían a inspecciones primarias se elegían para revisión secundaria, equivalente a alrededor de uno por ciento del total de camiones con destino al sur. La revisión secundaria es una repetición de la primaria (dura otras tres horas) que se realiza con fines de control de calidad y según se dice está en proceso de eliminación. Luego de concluir la revisión, se revisan los documentos en un proceso que suele tomar menos de un minuto. El cruce fronterizo total de los camiones con destino al sur se calcula en un promedio de 60 minutos.<sup>37</sup>

#### *Medios para reducir la espera*

Hay oportunidades importantes para reducir la espera en la frontera de EU y México. Para los movimientos hacia el norte, la principal limitación de capacidad son las casetas de revisión

---

<sup>36</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

<sup>37</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

primaria de EU. El actual sistema de puentes y andenes no limita gran cosa los flujos de vehículos rumbo al norte y nunca saturarán el flujo dada la capacidad de las instalaciones de revisión de EU. Estudios previos del puente Juárez-Lincoln proponen diversas recomendaciones para elevar la eficiencia en las casetas de revisión primaria, como las siguientes:<sup>38</sup>

- Instalar más casetas de revisión primaria.
- Fomentar el uso del puente Columbia como un cruce alternativo.
- Desalentar cruces innecesarios de camiones sin cola (tractores sin contenedor) elevando las cuotas totales o estableciendo disposiciones conforme al TLCAN para permitir más regresos con carga.
- Impulsar los cruces fuera de las horas pico (avanzada la noche).

Los flujos rumbo al sur están limitados por el proceso de revisión en las casetas de cobro, el sistema de control de tránsito de Laredo y los procedimientos de las aduanas mexicanas. Las recomendaciones para mejorar la eficiencia incluyen:

- Fomentar el uso del puente Columbia como un cruce alternativo.
- Mejorar las operaciones de tránsito en las cercanías del puente en Laredo.
- Instalar más casetas de cobro del puente rumbo al sur.
- Habilitación de cobros electrónicos.
- Ampliar el horario de operaciones de las plantas de revisión mexicanas.
- Poner en marcha el sistema Prototipo de Automatización Comercial de América del Norte para hacer más expedito el proceso.

#### *Efectos de la mitigación medioambiental*

Un estudio reciente sobre la congestión fronteriza descubrió que “es evitable” un promedio de 30 minutos de espera para cruzar la frontera en Laredo/Nuevo Laredo (puente Lincoln).<sup>39</sup> Si el actual promedio de espera se reduce en esta cantidad, la espera por camión sería de 25 minutos rumbo al norte y de 30 rumbo al sur. El efecto de este cambio en 2020 en las emisiones de los camiones se muestra en el cuadro 25. Las emisiones de los camiones parados bajarían 35% en todo el sistema del puerto de entrada. Si se le compara con las emisiones camioneras a lo largo de todo el corredor, el efecto es mucho menor (1.6% de reducción del CO). Cabe destacar, sin embargo, que este escenario calcula sólo la reducción de las emisiones de los camiones comerciales. Cualquier mejora en el puente Lincoln-Juárez también reduciría la espera de los vehículos de pasajeros y las emisiones asociadas en ese cruce.

---

<sup>38</sup> *Border Congestion Study: Study Findings and Methodology.*

<sup>39</sup> *Border Congestion Study: Study Findings and Methodology.*

**Cuadro 25: Efectos de una menor espera fronteriza en el corredor San Antonio-Monterrey, 2020 (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Escenario base 2020					
Camiones parados	189	124	1,737	10	178,826
Total de camiones	18,078	3,882	38,427	924	9,703,413
Menor espera fronteriza 2020					
Camiones parados	122	80	1,121	6	115,471
Total de camiones	18,011	3,838	37,812	920	9,640,059
Cambio porcentual					
Camiones parados	-35%	-35%	-35%	-35%	-35%
Total de camiones	-0.4%	-1.1%	-1.6%	-0.4%	-0.7%

### *Corredor Vancouver-Seattle*

La espera fronteriza también es significativa en el cruce de la autopista del Pacífico/Blaine en el corredor Seattle-Vancouver. Los volúmenes de tránsito han crecido rápidamente en los años recientes y las actuales demandas superan la capacidad durante las horas pico. En un estudio reciente de las compañías camioneras, se señala que los choferes informaron de una tardanza promedio de más de 50 minutos para los camiones cargados. La situación es particularmente delicada en dirección norte, donde los vehículos comerciales y de pasajeros comparten un solo andén. Una coalición de empresarios y dependencias gubernamentales de EU y Canadá, conocida como International Mobility & Trade Corridor Project, despliega esfuerzos para mejorar la movilidad transfronteriza en el corredor.

Los procedimientos en el cruce fronterizo son similares a los de los camiones en Laredo rumbo al Norte. Una vez que entran a la aduana todos los vehículos comerciales se someten a una revisión primaria. Se eligen ciertos vehículos para una revisión secundaria, la cual toma mucho más tiempo. Cuando los camiones entran a revisión secundaria, los choferes suelen visitar a un agente para completar el papeleo para luego entregarlo a la oficina aduanal. Los inspectores aduanales revisan los manifiestos y determinan si la carga se debe inspeccionar manualmente. De lo contrario, se autoriza la salida del camión. Si se requiere una revisión, el chofer mueve el camión al almacén de la aduana para someterse a una revisión manual. Los embarques que no cumplen con la revisión son incautados.

Se puede reducir el tiempo promedio de las gestiones en la frontera si baja el porcentaje de vehículos que requieren revisión secundaria. Muchos vehículos comerciales reciben una autorización previa para cruzar y rara vez se someten a una revisión secundaria.<sup>40</sup> Entre ellos figuran:

- Vehículos que presentan los papeles aduanales cada mes.
- Vehículos liberados de hacer cola porque son parte de un programa de cruce expedito.

<sup>40</sup> Nozick, 1998.

- Vehículos que usan tecnología avanzada (ITS) para acelerar la autorización aduanal.

El uso de ITS para reducir la necesidad de inspecciones secundarias es particularmente prometedor. Una variación se conoce como Sistema de Procedimiento Previo a la Llegada (PAPS, Pre-Arrival Processing System), originada en Buffalo y expandida por el North Border Leadership Group (integrado por los representantes de la aduana estadounidense a lo largo de la frontera entre Canadá y EU). Dicho sistema descansa en códigos de barras para dar a la aduana información previa a la llegada y hace poco se inició en el cruce de la autopista del Pacífico. Un estudio reciente de los efectos del ITS en el cruce fronterizo de vehículos comerciales encontró que la mayor penetración de las tecnologías podría reducir los tiempos de los procesos en alrededor de 40%.<sup>41</sup>

Para determinar el efecto en las emisiones de una menor espera en la frontera, se supone que el promedio de la espera de los vehículos comerciales cayó de 37 minutos a 15 minutos. Como se muestra en el cuadro 26, en comparación con la línea de base de 2020, ello disminuye las emisiones de los camiones parados en la frontera en casi 60%. Las emisiones camioneras de NO<sub>x</sub> y PM-10 bajan alrededor de 0.5% a lo largo de todo el segmento del corredor, en tanto que las de CO<sub>2</sub> bajan 1.0%.

**Cuadro 26: Efectos de una menor espera en la frontera en el corredor Vancouver-Seattle, 2020 (kg/día)**

	NOx	COV	CO	PM-10	CO2
Escenario base 2020					
Camiones parados	16	10	333	0.5	34,305
Total de camiones	1,678	399	7,842	62	1,983,469
Menor espera fronteriza 2020					
Camiones parados	6	4	135	0.2	13,907
Total de camiones	1,669	393	7,644	61.3	1,963,071
Cambio porcentual					
Camiones parados	-59%	-59%	-59%	-59%	-59%
Total de camiones	-0.6%	-1.5%	-2.5%	-0.5%	-1.0%

Otros corredores pueden tener otras posibilidades para reducir la espera. Por ejemplo, las instalaciones para vehículos comerciales en Emerson-Pembina cierran actualmente a las 11 p.m. y vuelven a abrir a las 8 a.m. Ofrecer un servicio aduanero las 24 horas permitiría que los embarques camioneros se distribuyeran de manera más pareja a lo largo del día y se podría reducir en algo la espera. La magnitud actual de la espera fronteriza de los vehículos comerciales en Emerson-Pembina y la mayoría de los demás cruces no se comprende del todo bien.

### 5.3 Normas de menores emisiones de los camiones en México

Al calcular las emisiones en 2020 en los corredores EU-México, se parte del supuesto de que los camiones mexicanos cumplirían con las normas de emisiones de 2004 planeadas para Canadá y

<sup>41</sup> Nozick, 1998.

EU, pero no cumplirían las normas de 2007 que descanzarían en diésel con menos azufre (15 ppm). Es posible que el combustible bajo en azufre esté disponible en México, al menos en los corredores con tráfico denso como el de Monterrey-Nuevo Laredo. Hay indicios de que Pemex, la compañía petrolera nacional, está considerando la introducción de combustibles de diésel más limpios en los corredores muy cargados.<sup>42</sup>

Se calculan los beneficios en las emisiones que se podrían obtener del diésel con bajo azufre y tecnologías de control de emisiones asociadas, en el corredor Monterrey-Nuevo Laredo. En el escenario más optimista, se supone que todos los camiones comerciales del TLCAN que funcionan en el corredor usarían el combustible y estarían equipados con catalizadores para NO<sub>x</sub> y filtros para partículas y comenzarían a cumplir las nuevas normas estadounidenses de emisiones de los camiones pesados en 2007 (el mismo modelo que EU). Como se muestra en el cuadro 27, los beneficios en las emisiones de este escenario son extraordinarios. Las emisiones totales del comercio del TLCAN de NO<sub>x</sub> y COV se reducen más de 50% y las de PM-10 más de dos tercios.

**Cuadro 27: Efectos del diésel de bajo azufre en el corredor San Antonio-Monterrey, 2020 (kg/día)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Línea de base 2020 (camiones)	18,078	3,882	38,427	924	9,703,413
Diésel de bajo azufre mexicano	8,206	1,952	38,427	301	9,703,413
Cambio porcentual	-55%	-50%	0%	-67%	0%

Un escenario más modesto, en el que una cuarta parte de los camiones comerciales mexicanos en el corredor satisficieran las normas estadounidenses de 2007, aún resulta en considerables bajas de las emisiones. Estas reducciones con respecto a la línea de base oscilarían desde 12% menos NO<sub>x</sub> hasta 17% menos PM-10.

## 5.4 Disminución del recorrido de automotores vacíos

Las mejoras en la eficiencia de las operaciones de carga pueden reducir las repercusiones ambientales relacionadas con el comercio. Un área de mejora posible es una reducción de los movimientos de automotores vacíos. Cuando los camiones y los vagones de carga no pueden conseguir un embarque de regreso, el viaje de retorno lo hacen sin carga. Reducir estas ineficiencias puede disminuir los movimientos de vehículos de carga y sus emisiones asociadas. Desde luego, dada la reñida competencia en la industria, la mayoría de los transportistas luchan por maximizar el uso de sus equipos sin la intervención gubernamental. Sin embargo, algunas medidas de política podrían ayudar a reducir los recorridos vacíos. Por ejemplo, el uso del intercambio de datos electrónicos puede reducir los costos de transacción en el mercado camionero de carga y propiciar una mejor estrategia de carga. También se considera que las restricciones de operación impuestas en EU a los camiones mexicanos conducen a que una cantidad excesiva de camiones se dirijan vacíos a la frontera EU-México.

<sup>42</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*



En el caso de los ferrocarriles hay menos posibilidades de reducir los recorridos vacíos en los corredores porque el flujo ferrocarrilero de mercancías tiene un desequilibrio norte-sur mucho mayor. Por ejemplo, el tonelaje ferrocarrilero rumbo al sur en el corredor Vancouver-Seattle es cuatro veces el que va rumbo al norte. Algo similar ocurre con los flujos actuales de Ontario al este de Michigan, que son más del doble de los de la dirección opuesta. Los flujos de mercancías por camión, por otro lado, están por demás equilibrados entre ambas direcciones a lo largo de los tres corredores Canadá-EU.

Se examinan los efectos ambientales de la reducción de los viajes de regreso vacíos en el corredor Toronto-Detroit. Los flujos de bienes por camión a través de Detroit-Windson y Puerto Hurón-Sarnia están bien distribuidos. Con base en estudios de los vehículos comerciales en Windson y Sarnia, alrededor de 15% de los camiones grandes en ambas direcciones van vacíos y otros 15% están llenos de un cuarto hasta la mitad.<sup>43</sup> Se calculan las repercusiones de disminuir el porcentaje de camiones vacíos a 10%. Como se muestra en el cuadro 28, se pueden eliminar a diario más de 500 kilogramos de emisiones de NO<sub>x</sub> y 21 kilogramos de PM-10, una reducción de 5% frente a los niveles base.

**Cuadro 28: Efectos de la reducción de los recorridos sin carga en el corredor Toronto-Detroit, 2020 (kg/día)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Línea de base 2020 (camiones)	11,342	2,674	52,165	416	13,353,393
Menos viajes de regreso sin carga	10,775	2,540	49,556	395	12,685,723
Cambio	-567	-134	-2,608	-21	-667,670
Cambio porcentual	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%

La fracción de camiones vacíos entre Ontario y el este de Michigan es en la actualidad muy baja si se le compara con muchos corredores comerciales. No es raro encontrar 30-40% de camiones vacíos en las principales carreteras interurbanas. Esa proporción parece ser mucho más alta en el corredor San Antonio-Monterrey, aunque los estudios sobre el cruce Laredo/Nuevo Laredo no coinciden. Un estudio, basado en datos de la aduana, sugiere que 45% de los camiones rumbo al norte en Laredo van vacíos.<sup>44</sup> Otro, basado en datos de peso en movimiento (WIM, *weight-in-motion*), encontró que sólo 22% de los camiones de cinco ejes que se dirigen al norte van vacíos.<sup>45</sup> La cifra verdadera tal vez esté entre esas dos. No hay información sobre la proporción de camiones vacíos en dirección sur o en otros puntos del corredor al norte o al sur de la frontera.

Es ampliamente aceptado que las actuales restricciones de operación contribuyen a la elevada fracción de camiones vacíos que circulan por el corredor San Antonio-Monterrey. Los embarques que se dirigen al norte suelen llegar a Nuevo Laredo en autotransporte mexicano, remolcados a través de la frontera por otro camión mexicano y luego trasladados en Texas a un camión estadounidense. Este sistema dificulta que los camiones encuentren cargas para el viaje de regreso, en particular para la flota remolcadora. Como se desconocen los recorridos vacíos a

<sup>43</sup> 1995 Commercial Vehicle Survey: Station Summary Report.

<sup>44</sup> Binational Border Transportation Planning and Programming Study.

<sup>45</sup> Leidy, 1995.

lo largo del corredor, es difícil calcular los posibles beneficios en las emisiones de operaciones más eficientes. Sin duda habría beneficios significativos si se redujesen los recorridos vacíos de los remolcadores en la frontera, ya que estos camiones suelen ser más viejos que los del autotransporte y tienen tasas más elevadas de emisiones (aunque se prevé que el uso de remolcadores para los movimientos interfronterizos se habrán eliminado en 2020). Reducir recorridos vacíos también reduciría la espera en la frontera, sobre todo en las colas rumbo al sur en la explanada de cuota del puente Lincoln, que reduciría las emisiones de todos los vehículos. Es probable que la reducción porcentual de las emisiones sería mucho más grande en el corredor Toronto-Detroit.

Por otro lado, el potencial para disminuir los recorridos vacíos se ve limitado por los grandes desequilibrios comerciales. Los flujos de bienes entre EU y México no están equilibrados en dirección como los corredores EU-Canadá. Por ejemplo, los flujos de camiones rumbo al sur en Laredo/Nuevo Laredo superan a los que van rumbo al norte en más de 40%. Mientras esto continúe, persistirá cierto nivel de recorridos sin carga.

## **5.5 Combinación de vehículos más largos**

Los límites del tamaño y el peso de los camiones pueden afectar el costo del movimiento de la carga y, por tanto, el volumen del tránsito camionero y los consiguientes efectos ambientales. Estos límites los determinan diversas regulaciones federales, estatales y provinciales. En EU, el gobierno federal establece “techos” y “pisos” a la dimensión y peso de los camiones. Todos los estados tienen que permitir camiones de cinco ejes con un peso vehicular bruto de 36,287 kg (80,000 libras) en las carreteras interestatales.

El término combinación de vehículos más largos (CVL) alude a los camiones que son más largos y más pesados que la norma. Los CVL pueden guardar muchas formas, pero los más comunes son los Rocky Mountain Doubles (48 pies del trailer delantero seguido por 28 pies del trailer trasero), los Turnpike Doubles (dos dobles de 48 pies) y los triples (tres trailers de 28 pies). Antes de 1991 muchas entidades estadounidenses habían elevado los límites a los CVL, pero la legislación federal congeló ese año los límites de tamaño y peso en cada estado. La cláusula del abuelo permite a los estados tener límites menos restrictivos si ya estaban vigentes en 1991.

Las provincias de Canadá firmaron por primera vez en 1988 un memorando de entendimiento que define los límites tanto de longitud como de peso. Los límites de este último son mucho más elevados que los de EU: hasta 62,500 kg (130,790 libras) para las combinaciones de 8 ejes. Los límites de largo permiten camiones de hasta 25 metros (82 pies), aunque muchas flotillas reciben permisos para operar vehículos más largos. En México las regulaciones sobre la materia en las carreteras nacionales las establece el gobierno federal y los límites de peso y longitud son por lo general similares a los de Canadá. Una disposición del TLCAN insta a Canadá, Estados Unidos y México a desarrollar un modelo armonizado en cuanto a los límites de longitud y peso de los camiones, pero poco se ha avanzado en ese frente.

Al constituir el menor común denominador, las regulaciones de EU tienden a regir el largo y el peso de los camiones que participan en el comercio de EU con Canadá. Sin embargo, en cualquier carretera las verdaderas restricciones de operación pueden estar sujetas a una gran

cantidad de normas estatales y provinciales extraordinarias. Por ejemplo, en los cruces fronterizos Alberta-Montana se usan mucho los CVL. Un estudio de 1994 muestra que 21% de los camiones en Coutts-Sweetgrass jalan trailers dobles, básicamente porque la política de Montana permite CVL canadienses en la I-15.<sup>46</sup>

El uso de CVL en el corredor Winnipeg-Fargo es mucho más limitado. Dakota del Norte permite a los camiones hasta 47,854 kg (105,500 libras) en las carreteras interestatales con un permiso, así como la circulación de Rocky Mountain Doubles y Turnpike Doubles. Sin embargo, muchos de los estados al sur y el este de Dakota del Norte no permiten CVL, sobre todo porque les preocupan los efectos en la seguridad de las autopistas, lo que limita su uso en el corredor.<sup>47</sup> Ello tiende a limitar su uso en el corredor. El análisis de los datos del flujo de bienes sugiere que sólo 10% de los camiones que cruzan Emerson/Pembina tiene por destino final Dakota del Norte, en tanto que una proporción mucho más amplia (45%) de los camiones que recorren este corredor se mueven entre Manitoba y los estados de Minnesota, Iowa, Illinois, Wisconsin y Missouri, que no suelen permitir CVL.

Los efectos de permitir CVL a lo largo de los estados superiores del mediooeste se exploran en congruencia con la actual política de Dakota del Norte. Se parte de que todos los camiones que se mueven entre Canadá y los estados de Minnesota, Iowa, Wisconsin, Illinois y Missouri (45% del corredor total) serían Rocky Mountain Doubles o combinaciones de trailers sencillos de seis ejes, con un límite máximo de 47,854 kg (105,500 libras). Ello permitiría un incremento de alrededor de 36% del peso promedio de la carga útil, y en el caso de los Rocky Mountain Doubles, un aumento de 62% en el volumen de carga. Se aplican estas cargas útiles promedio más grandes a los flujos de bienes y desde los estados superiores del medio oeste. El efecto inmediato sería una reducción de 11% en el tránsito camionero comercial. Sin embargo, un aumento del tamaño y el peso de los camiones en realidad reduciría los costos de los camiones, por lo que se desviaría carga de los ferrocarriles a los camiones. Este aspecto se debe tomar en cuenta cuando se calculen los efectos medioambientales.

Algunos estudios han examinado el efecto de los cambios en los límites de tamaño y peso de los camiones en la industria de carga ferroviaria de EU. Un estudio calculó que la eliminación del límite de carga de 36,287 kg (80,000 libras), por sí sola, desviaría 2.2% de las toneladas por milla de ferrocarril a los camiones, en escala nacional. Un estudio de la American Trucking Association encontró que si se permitiera en todo el país la circulación de CVL la desviación directa sería de 11% de las toneladas por milla, además de 8% como resultado de la disminución del servicio ferroviario que le seguiría.<sup>48</sup>

Como el escenario del corredor Winnipeg-Fargo concibe el uso de camiones de hasta 47,854 kg (105,500 libras) en lugar de los CVL más pesados, se supone una desviación de 5% del tonelaje ferroviario al camionero. Sólo se vería afectado el movimiento de carga ferrocarrilera a y desde los estados del medio oeste. Se calcula un ligero incremento de los factores de emisión de los

---

<sup>46</sup> Nix, 1998.

<sup>47</sup> Sólo 3.2 % de los camions, según un estudio de 1996, tenía más de cinco ejes (*Prairie Provinces Transportation System Study*).

<sup>48</sup> *A Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand*.

camiones más largos con base en la relación entre uso de energía y los gases de invernadero.<sup>49</sup> El cuadro 29 muestra el efecto del escenario de los CVL en los volúmenes del tráfico de carga y las emisiones en 2020, frente al escenario base. El efecto total es una reducción de las emisiones de todos los contaminantes. Las de CO y CO<sub>2</sub> registran las mayores reducciones (7%), en tanto que las de NO<sub>x</sub> y PM-10 caen alrededor de 4%. El cambio al modo camionero tiene el efecto de ampliar las reducciones de NO<sub>x</sub> y PM-10, al tiempo que neutraliza ligeramente las reducciones de otros contaminantes.

**Cuadro 29: Efectos del uso de CVL en el corredor Winnipeg-Fargo Corridor, 2020**

Escenario	Modo	Carga/año (millones de kg)	Vehículos anuales*	Emisiones (kg/día)				
				NOx	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Base 2020	Camión	15,150	1,233,117	1,057	250	4,884	39	1,245,485
	Tren	16,262	217,966	3,408	192	646	96	239,357
	Total	31,412	n.d.	4,465	442	5,530	135	1,484,842
CVL -- Efecto inmediato	Camión	15,150	1,093,820	947	224	4,377	35	1,116,358
	Tren	16,262	217,966	3,408	192	646	96	239,357
	Total	31,412	n.d.	4,355	416	5,023	131	1,355,715
CVL -- Efecto total (con cambio de modo)	Camión	15,598	1,125,650	975	230	4,505	36	1,148,844
	Tren	15,814	207,068	3,314	187	628	94	232,765
	Total	31,412	n.d.	4,289	417	5,133	130	1,381,609
	Cambio			-3.9%	-5.6%	-7.2%	-4.2%	-7.0%

\* Sólo vagones cargados.

Cabe señalar que toda reducción en los costos de embarque (con el uso de CVL u otros medios) puede conducir a cierto incremento en los volúmenes totales de carga debido a la demanda inducida. Si los ahorros derivados de costos de transporte más baratos se pasan a los consumidores, el consumo (y la demanda agregada) se puede elevar, lo que conduciría a más embarques. Es difícil, sin embargo, calcular la magnitud de estos efectos. Como los costos de transporte suelen componerse sólo de una fracción del precio de la mercancía, cualquier incremento en los volúmenes de embarque probablemente sería pequeño. También es preciso señalar que el aumento de los índices de emisión asociados con los camiones más largos no se comprende del todo bien. Estos cálculos suponen que el consumo de combustible y los índices de emisión por milla se elevarían alrededor de 2%, ya que los gases de invernadero crecerían a 47,854 kg (105,000 libras). Si el incremento del consumo de combustible de los camiones más pesados es realmente más grande, las reducciones de las emisiones serían más pequeñas o se podrían eliminar por completo.

<sup>49</sup> Nix, 1991.

## **6 OTROS EFECTOS AMBIENTALES**

Los incrementos del transporte de carga pueden tener efectos ambientales adversos aparte de la calidad del aire. Estos efectos ocurren a raíz de los mayores niveles de tráfico camionero y ferroviario en un corredor y también mediante las actividades de construcción asociadas con el establecimiento o expansión de las instalaciones del manejo de carga, la ampliación de carreteras, el tendido de vías dobles o triples o el tirado de nuevos segmentos de carretera o vías. Cuatro áreas de efectos ambientales se analizan en seguida: recursos acuíferos, recursos biológicos, ruido y vibración del suelo y material residual. Cabe señalar que no se pretende cuantificar estos efectos.

### **6.1 Recursos acuíferos**

El mayor tráfico de camiones puede contribuir a niveles más altos de contaminación de escorrentías de las autopistas, como partículas y metales pesados de los humos del escape, cobre de las pastillas de fricción de los frenos, depósitos de llantas y asfalto gastados y gotas de aceite, grasa, anticongelante, fluidos hidráulicos y agentes limpiadores. La contaminación del agua superficial más allá del corredor mismo podría presentarse en caso de un derrame del material transportado. Los derrames pueden penetrar el suelo circundante y contaminar el agua subterránea. El aceite para motor que no se tira de manera adecuada es un contaminante excesivamente concentrado del agua: un cuarto de aceite para motor puede contaminar un millón de galones de agua dulce.

Los efectos de la construcción en los recursos acuíferos se relacionan con frecuencia con escorrentías de superficies no porosas creadas por los sitios de construcción y la erosión de roca estéril y superficies de suelo expuestas durante las excavaciones. El uso de aguas residuales del lavado de los vehículos y el aceite y los materiales peligrosos en el sitio de la construcción podría también conducir a contaminación de las aguas superficiales. Cuando la construcción entraña trabajo en el agua superficial, como el cavado de una nuevo alineamiento de los túneles, surge el peligro de perturbar los sedimentos contaminados. Las excavaciones del suelo en zonas con una larga historia de actividad industrial puede alterar el agua menos profunda de los mantos acuíferos que contienen niveles elevados de metales pesados y compuestos orgánicos peligrosos. El desarrollo de nuevas vías de ferrocarril pueden contribuir a filtraciones de creosota en el suelo y las aguas subterráneas. La creosota es un material peligroso que contiene impurezas cancerígenas y se emplea para tratar las traviesas de las vías para protegerlas de la descomposición y la podredumbre.

### **6.2 Recursos biológicos**

Los aumentos de los volúmenes del tránsito de carga puede afectar adversamente a especies susceptibles cuyos hábitats están cerca de los corredores. Sin embargo, las repercusiones de la construcción en los recursos biológicos son una preocupación mucho más grande. La construcción de un nuevo derecho de paso puede provocar la destrucción o la fragmentación de los hábitats. También puede afectar recursos biológicos cuando niveles más altos de escorrentías conducen a una gran alteración física de los hábitats, como zonas de desove y vegetación acuática. Los altos volúmenes de escorrentía de agua de las superficies pavimentadas calientes

pueden elevar la temperatura del agua superficial, perjudicando a peces y otras clases de vida acuática. La disposición de agua al aire libre de material dragado puede alterar los hábitat del fondo, reducir la calidad del agua y perjudicar a los organismos marinos.

### **6.3 Ruido y vibraciones terrestres**

El ruido y las vibraciones molestos pueden degradar la calidad de vida de la gente de las zonas afectadas. En casos extremos el ruido excesivo puede representar una amenaza para el oído. El sonido superior a 65dB(A) basta para causar molestia y el superior a 125dB(A) se considera doloroso.<sup>50</sup> El ruido puede causar tensión y otros problemas de salud y puede afectar el hábitat de las especies que viven cerca de la carretera o las vías del tren.

Un uso más intenso del sistema de transporte genera más ruido. El de la carretera y las vías proviene básicamente de los motores en funcionamiento, pero también incluye el generado por el contacto con el pavimento o el acero de las vías, los efectos aerodinámicos y la vibración de las estructuras. Cerca de un cruce, el silbato de las locomotoras suele contribuir en gran medida al ruido. Los niveles típicos de un vehículo de carretera a una distancia de 7.5 metros oscilan de 70 dB(A) del tránsito automotor a 85 dB(A) de los camiones pesados. Los niveles de ruido de las operaciones ferroviarias son de cerca de 90 dB(A) de una locomotora eléctrica, 92 dB(A) de una locomotora diésel y 120 dB(A) del silbato de los trenes. Por razones de seguridad, las locomotoras suelen tocar el silbato en los cruces, por lo que una mayor frecuencia de los ferrocarriles puede aumentar significativamente los niveles de ruido promedio de una población que vive cerca de un cruce de ferrocarril. Una tendencia reciente para mitigar esos efectos es prohibir el silbato de las locomotoras a cambio de mejoras en la protección de los cruces.

El ruido perceptible y la vibración causados por los equipos de construcción pueden producir molestias a la gente de las cercanías. Como norma, el nivel total de ruido en doce horas de trabajo de construcción es de unos 90dB(A) a 15 metros del sitio de construcción. El impacto del martinete puede causar molestias durante el día hasta a 76 metros de distancia y posible daño de estructuras por la vibración a menos de 12 metros del origen. Los vehículos de oruga, como los bulldozers, así como equipo empleado para compactación vibratoria y excavaciones, pueden crear niveles considerables de ruido y vibración durante las operaciones para mover la tierra. Los camiones cargados en las superficies de la construcción pueden generar molestia a distancias de hasta 61 metros. Si se expone a niveles suficientemente elevados de vibración terrestre, un edificio puede sufrir daños estructurales, como rompimiento de vidrios o grietas en el yeso.

### **6.4 Materiales peligrosos**

Los volúmenes más altos del transporte de carga aumentan las posibilidades de la liberación accidental de materiales peligrosos. Los incidentes de derrames de materiales peligrosos registrados con mayor frecuencia ocurren en el sector carretero, que transporta más de 60% del material peligroso en EU, seguido del sector ferroviario. Los derrames pueden imponer costos

---

<sup>50</sup> El sonido se mide con frecuencia en una escala no lineal en unidades denominadas decibeles (dB). Una escala ajustada, la escala ponderada A, destaca las frecuencias del sonido que los humanos escuchan mejor. En esta escala, un aumento de 10dB(A) en los niveles de sonido se percibe por lo general por los humanos como una duplicación del sonido.

significativos por pérdida de producto, daño a la empresa transportista, daños a propiedad privada, evacuaciones y reacciones del personal y equipo. El efecto ambiental depende de la clase y la cantidad del material derramado, la cantidad recuperada en la limpieza, las propiedades químicas (como toxicidad y combustibilidad) y las características de la zona afectada (condiciones climática, densidad de flora y fauna y topografía local). Los materiales peligrosos más probables en un derrame incluyen líquidos corrosivos e inflamables, gasolina, petróleo combustóleo, ácido sulfúrico y compuestos líquidos para limpiar.

Durante las actividades de construcción aumentan las probabilidades de encontrarse con suelos o aguas subterráneas contaminados, ya que el volumen de la tierra que se mueve también aumenta. La proximidad del proyecto a sitios de residuos peligrosos también afectará las posibilidades de encontrar suelos y aguas subterráneas contaminadas. La contaminación relacionada con el petróleo es el problema más común, pero es para el que se cuenta con procedimientos bien desarrollados. La proximidad de la alineación del proyecto a pozos petroleros aumenta la posibilidad de encontrarse con contaminantes asociados con los hidrocarburos, incluido gas de ácido sulfídrico. La contaminación del suelo es un aspecto común en los proyectos de construcción, aunque afecta sobre todo la puesta en marcha del proyecto y el costo, más que la salud humana o la ecología.

## **6.5 Resumen de otros efectos medioambientales**

Los efectos específicos de un mayor comercio en la calidad del medio ambiente además del aire depende en gran medida de las condiciones locales. En general, el incremento de las actividades de carga en un corredor representa mayores preocupaciones por sus efectos en la calidad del aire que los de otra índole. El ruido es probablemente el más significativo de estos últimos como resultado de los mayores niveles de tráfico, en particular el ferroviario, en lugares en que los corredores cruzan por zonas populosas. También pueden elevarse las posibilidades de descargas de materiales peligrosos con el crecimiento de los niveles de tránsito. Si el mayor comercio conduce a la expansión de las instalaciones existentes o a la construcción de nuevas, los efectos ambientales en otros medios que el aire pueden ser mucho más significativos, y el agua y los recursos biológicos se pueden tornar en las preocupaciones más importantes.

## **7 NECESIDADES DE DATOS Y OPORTUNIDADES DE COOPERACIÓN**

El proceso para determinar los efectos medioambientales del comercio transfronterizo revela algunos campos en que la información no existe o es muy imprecisa. Es importante que estas deficiencias se aborden como aspectos ambientales relacionados con el comercio y se destaquen más. A continuación se describen cuatro áreas específicas, seguidas de algunos ejemplos que permitirían mejorar la recopilación de información y la vigilancia medioambiental.

## **7.1 Necesidades de datos**

### ***Volúmenes del tráfico transfronterizo***

En muchos cruces fronterizos no se dispone de datos del tráfico camionero y ferroviario. La obtención de dichos datos suele exigir entablar contacto con los trabajadores de la estación aduanera, pero muchas de éstas no tienen registros del tráfico ferroviario o simplemente no revelan información del tránsito transfronterizo. También es importante conocer la fracción de vagones vacíos en los cruces con objeto de calcular adecuadamente los efectos ambientales. Sin embargo, casi nunca se dispone de esta información, en parte porque los funcionarios aduaneros no la compilan y también porque algunos cruces ferrocarrileros (túneles, por ejemplo) se operan de manera privada y por lo tanto la información se considera privada. Una excepción son los cruces fronterizos entre Texas y México. Los volúmenes del tráfico camionero y ferroviario de todos los puertos de entrada la recoge y publica de manera regular la Texas A&M International University.

### ***Patrones de origen y destino de las cargas***

Una diversidad de vehículos comerciales cruzan las fronteras internacionales, incluidos camiones utilitarios y de servicio, entregas de paquetería a corta distancia que mueven bienes entre dos pueblos fronterizos, los remolcadores intermodales y los camiones de autotransporte largos que llevan bienes a o desde el interior de un país. Cada uno afecta la calidad del aire de diversas maneras. Para realizar un análisis ambiental detallado se debe obtener alguna información sobre los patrones de movimiento de los bienes a partir de una investigación sobre el origen y el destino (O-D) de los vehículos comerciales fronterizos. Un buen ejemplo es el reciente estudio de Transport Canadá (National Roadside Survey), que comprende entrevistas detalladas con camioneros en las zonas fronterizas. En algunos casos, estas entrevistas se complementan con estudios adicionales patrocinados por entidades locales o alianzas comerciales fronterizas. En EU, California realiza investigaciones O-D en su frontera con México. No existe programas de esa naturaleza en Arizona, Texas o México.

### ***Cálculos de las emisiones ferroviarias***

A la luz de las limitaciones de datos y metodología, los cálculos de las emisiones de los ferrocarriles guardan grandes incertidumbres. Como se señala en la sección 2, las emisiones respectivas se calculan aplicando factores promedio de emisiones para calcular el uso de combustible, que se basan en la carga en toneladas por kilómetro. El promedio de las tasas de consumo de combustible intrínsecamente dan cuenta de movimientos de algunos vagones vacíos. Pero el tránsito transfronterizo podría presentar un porcentaje de vagones vacíos muy distinto del promedio. Esto es particularmente cierto en los corredores que guardan considerables desequilibrios en la carga ferroviaria, como Vancouver-Seattle y Winnipeg-Fargo. Es probable que la metodología para calcular las emisiones estándar subestime el combustible usado en estos corredores, ya que hay un gran número de vagones vacíos. Dado que el ferrocarril contribuirá de manera mucho más significativa en las emisiones futuras de los corredores, se necesita más información sobre el tráfico de carga ferroviaria y su consumo de combustible.



### ***Medidas para la espera fronteriza***

Considerando la gran atención que recibe la espera transfronteriza, es sorprendente que se disponga de tan poca información cuantitativa sobre su verdadera magnitud. De los cinco segmentos de los corredores incluidos en este estudio, se dispuso de información sobre el promedio de espera en sólo dos cruces, y con datos de una investigación de campo de un solo día realizada en 1997.<sup>51</sup> Algunos otros estudios analizan la mínima espera o el largo máximo de las colas, pero esto poco dice sobre la experiencia de un camionero promedio. Junto con las investigaciones de O-D, los estudios sobre las esperas fronterizas deben formar parte de una recopilación regular de datos por parte de las alianzas comerciales fronterizas. Además de las preocupaciones ambientales, esto daría a las coaliciones la capacidad para monitorear las congestiones fronterizas y plantear mejor nuevos proyectos de infraestructura fronteriza.

## **7.2 Recopilación de datos e intercambio de oportunidades**

Una diversidad de organizaciones gubernamentales, universitarias y privadas tienen interés en los aspectos del comercio fronterizo y algunas podrían constituirse en un medio para recopilar y distribuir la información necesaria sobre el transporte y el medio ambiente en los corredores del TLCAN. Casi todos los grandes cruces fronterizos tienen una o más coaliciones públicas y privadas que promueven el comercio y el desarrollo regional. Estas se pueden complementar con coaliciones de los corredores más grandes, como la Canamex Corridor Coalition o la North American Superhighway Corridor Coalition, que tienen un enfoque subcontinental. La mayoría de las coaliciones de los corredores se han creado para apoyar el modo carretero, aunque algunas fomentan iniciativas multimodales y ambientales. Al evaluar los efectos medioambientales, pueden desempeñar un papel importante en el monitoreo de los volúmenes de tráfico y de las esperas.

Los institutos de investigación universitaria pueden ser una fuente excelente de información fronteriza sobre el transporte y el medio ambiente. Por ejemplo, un consorcio de universidades de Texas, incluida la Texas A&M International University, la Universidad de Texas tanto en Austin como en El Paso, y Texas A&M, ha contribuido con un cuerpo considerable de investigaciones sobre los efectos de la entrada en vigor del TLCAN, con particular atención a la zona fronteriza de Texas. Estudios recientes de este grupo han incluido el examen de los volúmenes de camiones comerciales, aspectos del tamaño y el peso de los camiones, patrones del flujo del comercio y niveles de contaminación atmosférica, todo en la frontera. El University of Manitoba Transport Information Group (UMTIG) es otro ejemplo de instituto de investigación que participa en el estudio de ángulos del comercio y el transporte derivados del TLCAN. Con todo, la mayoría de esos centros no parecen tener gran interés en las cuestiones fronterizas medioambientales.

Las entidades estatales y provinciales deberían participar más activamente en el monitoreo de los efectos medioambientales del comercio y el transporte en los corredores. Un ejemplo es el “I-5 State of the Interstate Report – 2000”, del Departamento de Transporte de Oregon. El informe y los datos, que se publican en CD ROM, ofrecen una evaluación de la seguridad actual y prevista,

---

<sup>51</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

así como las condiciones geométricas y de operación en la carretera Interestatal 5 a través de Oregon. También contiene un inventario de las condiciones ambientales en el corredor, incluidos el paisaje y los hábitat de especies sensibles. La actividad de los camiones y los ferrocarriles se analizan sólo de manera narrativa, pero se podría incorporar al sistema con más detalle.

Por último, las entidades federales apoyan la recopilación, el análisis y la disseminación de información relativa a los efectos ambientales del comercio y el transporte. La EPA de EU tiene un programa denominado “U.S. – Mexico Border Information Center On Air Pollution”, conocido por sus siglas en español: CICA (Centro de Información sobre la Calidad del Aire en la Frontera EU-México). El CICA proporciona apoyo y asesoría técnica para evaluar los problemas de contaminación atmosférica a lo largo de la frontera México-EU, incluidos contaminantes atmosféricos y estrategias de control, prevención de la contaminación y aplicaciones de tecnologías de control, inventario de emisiones, modelación de la dispersión y monitoreo del ambiente. El programa tiene su sitio en Internet (<http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/>), que incluye datos en detalle de la calidad del aire proveniente de lugares de monitoreo de EU y México. La mayoría de la información atmosférica corresponde a zonas que actualmente sufren los problemas más graves de contaminación atmosférica: San Diego-Tijuana, Caléxico-Mexicali, Nogales-Nogales y El Paso-Ciudad Juárez, aunque se dispone de algunos datos de monitoreo de la calidad del aire de Laredo e Hidalgo, Texas.

## **8 RESUMEN**

El presente estudio examina los efectos medioambientales derivados del desarrollo de los corredores de comercio y transporte de América del Norte, con atención primordial en las emisiones de contaminación atmosférica. Cinco segmentos de corredor se eligieron para el análisis: Vancouver-Seattle, Winnipeg-Fargo, Toronto-Detroit, San Antonio-Monterrey y Tucson-Hermosillo. Se calculan los actuales y futuros niveles de comercio, transporte y emisiones de cada segmento. Se analizan las estrategias para mitigar las consecuencias en la calidad del aire y sus efectos se comparan frente a un escenario base.

### ***Comercio actual y sus efectos en la calidad del aire***

Hoy en día el comercio del TLCAN contribuye de manera significativa a la contaminación atmosférica en los principales corredores norte-sur, en particular emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10. Las cargas transfronterizas responden por entre 3% a 11% de todas las fuentes móviles de NO<sub>x</sub> en el corredor y de 5% a 16% de todas las fuentes móviles de emisiones PM-10. Los camiones cargan el mayor peso en los corredores y contribuyen con la mayoría de las emisiones relacionadas con el comercio: unas tres cuartas partes de NO<sub>x</sub> y más de 90% de PM-10. La excepción es el corredor Winnipeg-Fargo, donde los volúmenes camioneros y ferroviarios son aproximadamente iguales, y el ferrocarril contribuye con una parte más grande de las emisiones. Los camiones parados en los cruces fronterizos a causa de la espera contribuyen con significativas emisiones de CO, sobre todo en los corredores en que el cruce fronterizo es problemático. Las emisiones de CO de camiones parados en la frontera dan cuenta de un extraordinario 6% de las emisiones de CO relacionadas con el comercio en el segmento del corredor.

### ***Comercio futuro y efectos en la calidad del aire***

En 2020, debido a la gran reducción que se prevé en los índices de emisiones de los camiones, las emisiones totales relacionadas con el comercio de NO<sub>x</sub> y PM-10 disminuirán o permanecerán constantes en comparación con los niveles actuales. Esto ocurre a pesar de los volúmenes de comercio, que crecen entre dos y cuatro veces. En los corredores EU-Canadá, las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 de los camiones por ton-km caerán a alrededor de un décimo de sus niveles actuales. La ganancia en los corredores EU-México no será tan grandes en el supuesto de que el diésel bajo en azufre no estará ampliamente disponible en México, aunque de todos modos se prevé que las emisiones camioneras de NO<sub>x</sub> y PM-10 por ton-km se reduzcan a una quinta parte de sus niveles actuales.

El cambio en las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 sólo de la carga ferroviaria depende de los índices de crecimiento del comercio. En los corredores que experimentarán un crecimiento relativamente lento (Vancouver-Seattle), los menores índices de emisiones previstos de las locomotoras casi compensarán el volumen del transporte de carga ferrocarrilero. Los corredores con mayor crecimiento del comercio (Winnipeg-Fargo y San Antonio-Monterrey), las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 ferroviarias se elevarán entre 50% y 100%. Debido a la reducción de las emisiones camioneras, en todos los corredores los ferrocarriles contribuirán con una proporción mucho mayor de las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 relacionadas con el comercio.

Las emisiones de gases de invernadero y CO derivadas del comercio no se reducirán con las nuevas normas de emisión y por lo tanto se espera que crezcan de manera considerable en 2020. Conforme el escenario de crecimiento base de 2020, las emisiones de CO<sub>2</sub> a raíz del TLCAN crecerán de 2.4% a 4% frente a sus niveles actuales en los cinco corredores.

Los escenarios base de 2020 aplicados para calcular las emisiones futuras se basan en supuestos sobre los índices de crecimiento del comercio y la participación de los medios de transporte. Los cambios en esos supuestos afectarán los niveles futuros de emisión. Por ejemplo, el crecimiento en el tránsito camionero y ferroviario. Si el crecimiento del comercio sigue la tendencia del decenio anterior, las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 derivadas del comercio podrían ser hasta 50% más altas que los niveles de base de 2020. Si esto ocurre, las emisiones de ese año de NO<sub>x</sub> y PM-10 podrían exceder los niveles de 1999 en algunos corredores. Los cambios en la participación modal afectarían también las futuras emisiones, aunque de manera menos importante. Dada la gran reducción esperada de los índices de emisión de los camiones, un cambio hacia el ferrocarril representaría un incremento de las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM-10 en todos los corredores, aunque se reducirían las de CO y CO<sub>2</sub>.

### ***Estrategias de mitigación***

Los camiones de gas natural emiten cantidades mucho menores de PM-10 que los camiones diésel de la actualidad. Las emisiones de PM-10 relacionadas con el comercio se reducirían 9% o hasta 10% si los camiones actuales se convirtieran a gas natural. En 2020 las amplias mejoras en las emisiones de los motores diésel significan que los vehículos con combustible alternativo pierden gran parte de su ventaja. En los corredores comerciales de EU-Canadá, no se espera que los vehículos de gas natural proporcionen una mejoría significativa en las emisiones frente a la flota diésel de

bajo azufre de 2020. En los corredores EU-México, el gas natural es probable que brinde beneficios de calidad del aire hasta 2020. Si 20% de los camiones mexicanos en el corredor San Antonio-Monterrey usan gas natural, los niveles de emisión de PM-10 se reducirían 13% frente a la línea de base de 2020.

Los vehículos comerciales padecen en algunas fronteras internacionales grandes esperas, cuya reducción se traduciría en beneficios en la calidad del aire, sobre todo en las emisiones de CO. En ciertos estudios se sugiere que en los cruces más congestionados (Laredo-Nuevo Laredo, Nogales-Nogales, Blaine-Pacific Highway), cambios de política e inversiones podrían reducir la espera a la mitad. En Laredo-Nuevo Laredo, la reducción de la espera evitable en el puente Lincoln reduciría las emisiones de CO de los camiones comerciales parados en más de 600 kg por día en 2020. En Blaine-Pacific Highway, casi 200 kilogramos de CO diarios se podrían eliminar si se expandiera el uso de autorizaciones de paso previas para los camiones comerciales, lo que equivale a 2.5% de las emisiones de CO del transporte camionero en ese corredor.

El uso de diésel de bajo azufre en EU y Canadá permitirá que los camiones pesados reduzcan sus índices de emisión de NO<sub>x</sub> y PM-10 a sólo una fracción de las tasas actuales. En tanto que es probable que se instituyan normas de emisión más estrictas para los camiones mexicanos, el gobierno de México no tiene planes de exigir el uso de combustibles bajos en azufre. El uso de diésel de poco azufre y mejores tecnologías de control de las emisiones podrían tener un efecto considerable en las emisiones camioneras en los corredores EU-México. Si los índices de emisión de los camiones mexicanos se emparejan con los de EU en 2020, las emisiones relacionadas con el comercio de NO<sub>x</sub> y PM-10 en el corredor San Antonio-Monterrey se disminuirán a la mitad.

Mejorar la eficiencia del transporte de carga por medio de la reducción del kilometraje vacío bajará todas las emisiones de contaminantes del comercio. En el corredor Toronto-Detroit, reducir la fracción de camiones vacíos de 15 a 10% eliminaría más de 0.5 toneladas métricas de NO<sub>x</sub> y 600 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> diarias en 2020 (5% del comercio camionero total). Los corredores EU-México tienen posibilidades incluso mayores de lograr reducciones, pero los datos necesarios para ese análisis no están completos. Los puertos de entrada con grandes desequilibrios tendrán menos oportunidad de reducir los viajes de regreso vacíos. Muchos de los corredores norte-sur tienen actualmente desequilibrios en lo que se refiere a la carga ferroviaria.

Permitir el uso de combinación de vehículos más largos (CVL) en los corredores del TLCAN reducirá los volúmenes de los camiones y las emisiones asociadas. Por el costo menor de embarque por camión de los CVL, algunas cargas dejarían el ferrocarril para optar por el camión. El uso de CVL es generalizado en Canadá, pero como muchas entidades de EU restringen su uso, los trailers estándar de 5 ejes dominan en la mayoría de los corredores norte-sur. Al incrementar los límites de la carga camionera en cinco estados del medio oeste de EU a 47,854 kg (105,500 libras) y permitir configuraciones Rocky Mountain Double, las emisiones de todos los contaminantes se reduciría entre 4% y 7% frente a la línea de base de 2020.

### ***Cuestiones de los datos***

Algunos datos necesarios para evaluar los efectos ambientales de los corredores del comercio y el transporte no existen o son inciertos. Se requiere un esfuerzo coordinado para recopilar y difundir la información, en particular lo siguiente:

- Los volúmenes de tránsito transfronterizo, incluido el número de vagones vacíos frente a los cargados, tanto ferroviarios como camioneros.
- Patrones de origen y destino de la carga en las regiones fronterizas.
- Datos y metodología para calcular las emisiones ferroviarias.
- Medición de la espera promedio de los vehículos comerciales en los cruces fronterizos.

## REFERENCIAS

*1995 Commercial Vehicle Survey: Station Summary Report*, Ontario Ministry of Transportation, Diciembre de 1997.

*Air Quality Issues in Intercity Freight*, Appendix A, preparado para la U.S. Federal Railroad Administration, U.S. Federal Highway Administration y la U.S. Environmental Protection Agency, por Cambridge Systematics, Inc., agosto de 1996.

*Alternative Fuel News*, Departamento de Energía de EU, Vol. 4. No. 1, 2000

*Annual Energy Outlook*, Departamento de Energía de EU, 1999.

*Assessment of Modal Integration & Modal Shift Opportunities*, Final Report, preparado para Freight Sub-Table of the Transportation Issue Table (Canadá) por Delcan, 5 de octubre de 1999.

*Binational Border Transportation Planning and Programming Study*, La Empresa and Barton-Aschman, 1998.

*Border Congestion Study: Study Findings and Methodology*, preparado para la Western Governors' Association por Parsons Transportation Group and Suma Sinergia, S.A. de C.V., 9 de junio de 2000.

*Canada/U.S. International Border Crossing Infrastructure Study*, preparado para Transport Canada por UMA Engineering and McCormick Rankin Corporation, febrero de 1998.

Chandler, Kevin, Paul Norton y Nigel Clark, "Raley's LNG Truck Fleet: Final Results", Departamento de Energía de EU, Alternative Fuels Data Center, marzo de 2000.

Chris Saricks, Argonne National Laboratory, Departamento de Energía de EU, correspondencia personal, 2 de febrero de 2001.

*Diesel Fuel Effects on Locomotive Exhaust Emissions*, preparado para el California Air Resources Board, por Southwest Research Institute, octubre de 2000.

Dye, Lisa, Robert Eckols y Brian Bochner, "Operational Characteristics of Commercial Border Stations Along the U.S.-Mexico Border", ponencia presentada en la 78 reunión anual del Transportation Research Board, 1999.

*Efectos del TLC: Estudio sobre intentos recientes de medir los efectos del comercio en el medio ambiente: informe general y documentos de referencia*, Comisión para la Cooperación Ambiental, 1996.

Figliozzi, Miguel, Robert Harrison y John P. McCray, "Estimating Texas-Mexico NAFTA Truck Volumes", ponencia presentada en la 80 reunión anual del Transportation Research Board, 2001.

*Freight Transport Trends & Forecasts to 2015*, Transport Canada.

Giermanski, James, R., “Why it’s so hard to cross the border”, *Logistics Management & Distribution Report*, 1 de julio de 1999.

*A Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand*, Cambridge Systematics, Inc., National Cooperative Highway Research Program Report 388, Transportation Research Board, Washington D.C., 1997.

Hancock, Kathleen L., “Conversion of Weight of Freight to Number of Railcars”, ponencia presentada en la 80 reunión anual del Transportation Research Board, 2001.

Leidy, Joseph Paul, Clyde E. Lee y Robert Harrison, *Measurement and Analysis of Traffic Loads Along the Texas-Mexico Border*. Center for Transportation Research, Universidad de Texas en Austin, Research Report No. 1319-1, marzo de 1995.

*Lower Mainland Truck Freight Study*, Report No. 5 – Model Development, Translink Strategic Planning Department, Burnaby, CB, 2000.

Memcott, Frederick W., *Application of Statewide Freight Demand Forecasting Techniques*. National Cooperative Highway Research Program Report 260, Transportation Research Board, Washington D.C., 1983.

Nadeau, Kathleen, “Improving Transportation Efficiency and Environmental Performance: A Look at the Trucking Industry in Manitoba”, Background Paper, *Green Corridors: NAFTA Trade Corridor and Environmental Cooperation*. Octubre de 1999.

Nix, Fred P., “Trucks and Energy Use”, Canadian Trucking Association, 1991.

Nix, Fred P., John R. Billing y Michèle Delaquis, “Impact of Size and Weight Regulations on Trucks Crossing the Canadian-U.S. Border”, *Transportation Research Record*. No. 1613, 1998.

*North American Transportation in Figures*, BT 00-05, Washington, D.C., 2000.

Nozick, Linda K. et al, “Potential Effects of Advanced Technologies at Commercial Border Crossings”, ponencia presentada en la 77 reunión anual del Transportation Research Board, 1998.

Paselk, Theodore A. and Fred L. Mannering, “Use of duration models for predicting vehicular delay at a US/Canada border crossing”, *Transportation*. Vol. 21, p. 249-270, 1994.

*Potential Air Pollution Emission Reductions and Other Environmental Issues in Intermodal Freight Transportation*, Final Report, preparado para la EPA de EU por ICF Consulting, octubre de 1999.

*Prairie Provinces Transportation System Study*, preparado para Transport Canada por DS-Lea Consultants Ltd., diciembre de 1998.

*Railroad Facts*, Association of American Railroads, 1999

*Southwest Ontario Frontier International Gateway Study*, Technical Report, Ontario Ministry of Transportation, diciembre de 1998.

Stodolsky, Frank, Linda Gaines y Anant Vyas, “Analysis of Technology Options to Reduce Fuel Consumption of Idling Trucks”, Argonne National Laboratory, Departamento de Energía de EU, junio de 2000.

Toulin, Alan. “Winnipeg dreams of transport glory”, *Financial Post*, p 1, 15 de julio de 1999.

*Trade and Traffic Across the Eastern U.S.-Canada Border*. Volume 2: Statistical Review of Border Crossing Trade and Traffic Data, preparado para la Eastern Border Transportation Coalition, por Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc, 17 de marzo de 1998.

*Transportation and North American Trade*, Transport Canada, septiembre de 1997.

*U.S.-Mexico Border Environmental Indicators 1997*, U.S. Environmental Protection Agency y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, de México, 1997.

Vantuono, William C., “Mexico: Pesos for Progress”, *Railway Age*, octubre de 1999.

*WTA and BCTA Trucking Survey Results Summary*, Whatcom Council of Governments, Bellingham, Washington, 1998.