

# enerLAC

Revista de  
Energía de  
Latinoamérica  
y el Caribe

Electrificación de la última milla del corredor seco mesoamericano. Solución del nexo agua-alimentación-energía.

Valoración de factores de impacto para reducir las emisiones de carbono del autotransporte de carga en México.

Desafíos e incertidumbres del desarrollo sostenible en la planificación de la energía eléctrica. Un enfoque brasileño.

Vulnerabilidad energética en el área metropolitana de Buenos Aires. Caracterización del consumo y problemáticas en el Barrio Presidente Sarmiento.

Efficient heating of sanitary water with heat pump.

Medición de pobreza y vulnerabilidad energética de los hogares. El caso de la provincia de Río Negro, Argentina.

La coexistencia de energías renovables y convencionales en el partido de Bahía Blanca para el periodo 2013-2018





---

### COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Blanco

*Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ecuador.*

Pablo Garcés

*Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ecuador.*

Marcelo Vega

*Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM). Uruguay.*

---

### COMITÉ AD-HONOREM

Andrés Romero C.

*Pontificia Universidad Católica de Chile.*

Leonardo Beltrán.

*Institute of the Americas. México.*

Manlio Coviello.

*Pontificia Universidad Católica de Chile.*

Mauricio Medinaceli.

*Investigador independiente. Bolivia.*

Ubiratan Francisco Castellano.

*Investigador independiente. Brasil.*

---

### COORDINADORES DE LA EDICIÓN

DIRECTOR GENERAL

Alfonso Blanco

DIRECTORES EJECUTIVOS

Pablo Garcés

Marcelo Vega

COORDINADORA DE PRODUCCIÓN

Blanca Guanocunga.

*Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).*

---

### COLABORADORES

Raquel Atiaja.

*Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).*

Ana María Arroyo. *Diseño y diagramación*

---

## REVISORES

José Alonso Mateos.

*Universidad Internacional de Valencia. España.*

Diego Coronel Bejarano.

*Universidad Nacional de Asunción. Paraguay.*

Byron Chilinguina.

*Consultor independiente. Ecuador.*

Pedro Díaz Fustier.

*Universidad Tecnológica de la Habana.*

*Facultad de Ingeniería Eléctrica. Cuba.*

Sergio Fuentes.

*Universitat Politècnica de Catalunya. España.*

Fabio García Lucero.

*Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ecuador.*

Marx Gómez Liendo.

*Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. (IVIC).*

*Venezuela.*

Luis Guerra Flores.

*Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ecuador.*

María Ibáñez Martín.

*Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur  
(IIESS-UNS-CONICET). Argentina.*

José La Cal Herrera.

*Universidad de Jaén. España.*

Francisco Macías Aguilera.

*Universidad de Guanajuato. México.*

Marina Yesica Recalde.

*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de  
Argentina (CONICET).*

Rafael Soria.

*Escuela Politécnica Nacional (EPN). Ecuador.*

Hugo Zurlo.

*Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Argentina.*

---

© Copyright Organización Latinoamericana de Energía  
(OLADE) 2021. Todos los derechos reservados.

ISSN: 2602-8042 (Impresa)

ISSN: 2631-2522 (Electrónica)

Dirección: Av. Mariscal Antonio José de Sucre N58-63 y  
Fernández Salvador.

Quito - Ecuador

Página web Revista ENERLAC: <http://enerlac.olade.org>

Página web OLADE: [www.olade.org](http://www.olade.org)

Mail ENERLAC: [enerlac@olade.org](mailto:enerlac@olade.org)

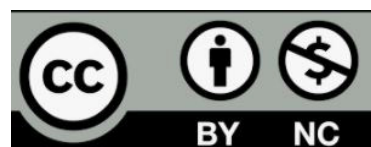
Teléfonos: (+593 2) 2598-122 / 2598-280 / 2597-995

Fotografía de la portada Wilhem Gunkel en Unsplash. Fotografía  
de la contraportada Alexander Schimmeck en Unsplash.

Diseño de la portada y contraportada Ana María Arroyo.

### NOTA DE RESPONSABILIDAD DE CONTENIDO

Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad  
de los autores y no comprometen a las organizaciones  
mencionadas.





# VALORACIÓN DE FACTORES DE IMPACTO PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CARBONO DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA EN MÉXICO

*ASSESSMENT OF IMPACT FACTORS TO REDUCE CARBON EMISSIONS FROM FREIGHT TRANSPORTATION IN MEXICO*

Edgar Roberto Sandoval García <sup>1</sup>

Recibido: 05/11/2020 y Aceptado: 14/01/2021  
ENERLAC. Volumen V. Número 1. Junio, 2021 (34 - 48)  
ISSN: 2602-8042 (impreso) / 2631-2522 (digital)



Foto de Christian Chen de Unsplash.

1 Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli. México.

[rsandovalvg75@tesci.edu.mx](mailto:rsandovalvg75@tesci.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-7379-1710>

## RESUMEN

Utilizando el marco TIMBER, esta propuesta pretende identificar y valorar los factores y actividades que permitirían definir diferentes vías de descarbonización del autotransporte de carga en México. Aplicando un cuestionario a diferentes actores involucrados del sector Academia, Gobierno e Industria, se puede definir que la Tecnología y Energía con 25% cada uno y el factor Regulación con 21%, son los factores con mayor capacidad de incidencia para lograr que el autotransporte de carga reduzca sus emisiones de carbono a niveles cercanos a cero. Así mismo, en este documento se evalúan los diferentes elementos o actividades que permitirían a cada factor a coadyuvar en dicha transición y se hace una propuesta alternativa basada en la teoría de la economía del comportamiento.

**Palabras clave:** Marco TIMBER, Descarbonización, Transporte Logístico, Economía del Comportamiento, Emisiones de Carbono, México.

## ABSTRACT

*Using the TIMBER framework, this proposal aims to identify and assess the factors and activities that would allow defining different decarbonization pathways for freight transportation in Mexico. Applying a questionnaire to different actors involved in the academic, government and industrial sectors, it can be defined that Technology and Energy with 25% each and the Regulation factor with 21%, are the factors with the greatest influence capacity to achieve that the freight road transportation reduce its carbon emissions to levels close to zero. Likewise, in this document the different elements or activities that would allow each factor to contribute to said transition are evaluated and an alternative proposal based on the theory of behavioral economics is made.*

**Keywords:** *TIMBER Framework, Decarbonization, Logistic Transport, Behavioral Economics, Carbon Emissions, Mexico.*





## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se estima que para el año 2050 los camiones de carga mediana y pesada en todo el mundo llegarán a consumir 1,240 mil millones de litros de derivados de combustible, lo que significa un aumento del 138% sobre los niveles de consumo que la industria presentaba en el año 2000 (CEPAL 2016).

En México, el sector transporte consume más del 44% del total de la energía neta del país (SENER 2017), además de ser el principal emisor de gases de efecto invernadero y con el compromiso global de reducir en 21% sus emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) al 2030 respecto al 2013 (SEMARNAT 2015).

Específicamente, el subsector autotransporte de carga (camiones y tractocamiones) consumió en 2018 el 22.1% de la energía total del sector transporte (2,209 PJ) con una participación de sólo el 2.35% del total de vehículos en el país (BIEE 2020).

A pesar de que entre las diferentes estrategias y líneas de acción propuestas por el Gobierno Federal que permitirían incidir en el uso óptimo de la energía a nivel país se encontraba el incrementar la eficiencia en el consumo de energía del sector transporte (SEMARNAT 2015), el consumo energético del autotransporte pesado de carga se ha mantenido casi constante durante el presente siglo al pasar de 40.7 litros/100 km a 39.9 litros/100 km entre los años 2000 y 2018 (BIEE 2020).

A nivel internacional, el consumo de combustible del autotransporte promedio ha disminuido desde la década de 1980 hasta el 2010 desde 50 litros/100 km a 30-35 litros/100 km. Además de que es factible disminuir el consumo de combustible hasta 25 litros/100 km con medidas como reducción del tamaño del motor, reducción de la resistencia

aerodinámica, reducción de resistencia al rodado, y mejorando la eficiencia de los sistemas auxiliares (OECD 2011).

Ante esto surge la duda sobre la efectividad de las medidas de política pública aplicadas al autotransporte de carga en México para reducir su intensidad energética y por ende contribuir a las metas de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq que el país propuso a nivel internacional.

Desde 2007, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) promueve el programa voluntario “Transporte Limpio” con el cual busca que el transporte de carga y pasaje que circula por el país sea más eficiente, seguro, competitivo y amigable con el medio ambiente. Programa en el que, hasta enero del 2020, ha adherido a 472 empresas, evaluando 71,384 vehículos, evitando así 1.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (SEMARNAT 2020).

Dado que a mayo del 2019 en México se contabilizaron 506,850 unidades motrices de carga y 499,239 unidades de arrastre, con una antigüedad promedio de flota de 17 años (SCT 2019), se puede inferir que el programa “Transporte Limpio”, como herramienta única para impulsar la eficiencia energética en el sector autotransporte de carga, en sus trece años de existencia ha podido evaluar a sólo el 14.1% de las unidades motrices.

En 2014 McKinnon, Piecyk y Validi (citado por Goedhals-Gerber et al. 2018), identificaron diversos factores externos que tienen un impacto en los esfuerzos a nivel empresarial para reducir las emisiones de carbono relacionadas con la logística de transporte y los clasificaron en seis categorías utilizando el acrónimo TIMBER (por sus siglas en inglés): tecnología, infraestructura, cambios en el mercado, comportamiento, energía y regulación

Por lo anterior, este documento aplica el marco TIMBER para identificar y valorar los factores y

actividades que permitirían definir diferentes vías de descarbonización del autotransporte de carga en México.

Así, esta propuesta parte de un cuestionario en línea utilizada para recolectar opiniones de usuarios y expertos de los sectores: Industria, Gobierno y Academia, respecto al tema de descarbonización del autotransporte de carga, posteriormente se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo a la información obtenida y, finalmente se hace una propuesta alterna relacionada al factor “Comportamiento” que el autor considera como elemento principal para impulsar la descarbonización del transporte logístico.

En la sección de materiales y métodos se describe, de manera sucinta, el mercado de transporte de carga en México y se representan las seis categorías del acrónimo TIMBER.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Partiendo de la definición de descarbonizar de “reducir las emisiones de carbono de los combustibles fósiles, la deforestación y los procesos industriales a niveles cercanos a cero; y usar la reforestación y restauración de otros ecosistemas con alto contenido de carbono para equilibrar las emisiones restantes”

(Bonilla 2020), esta propuesta plantea los objetivos de investigación de: identificar y valorar los factores y actividades que permitirían definir diferentes vías de descarbonización del autotransporte de carga en México.

Así, este proyecto de investigación se basa principalmente en una pequeña encuesta a través de un cuestionario en línea utilizada para recolectar opiniones de usuarios y expertos sobre la descarbonización del autotransporte de carga como base para una futura expansión del tema de investigación.

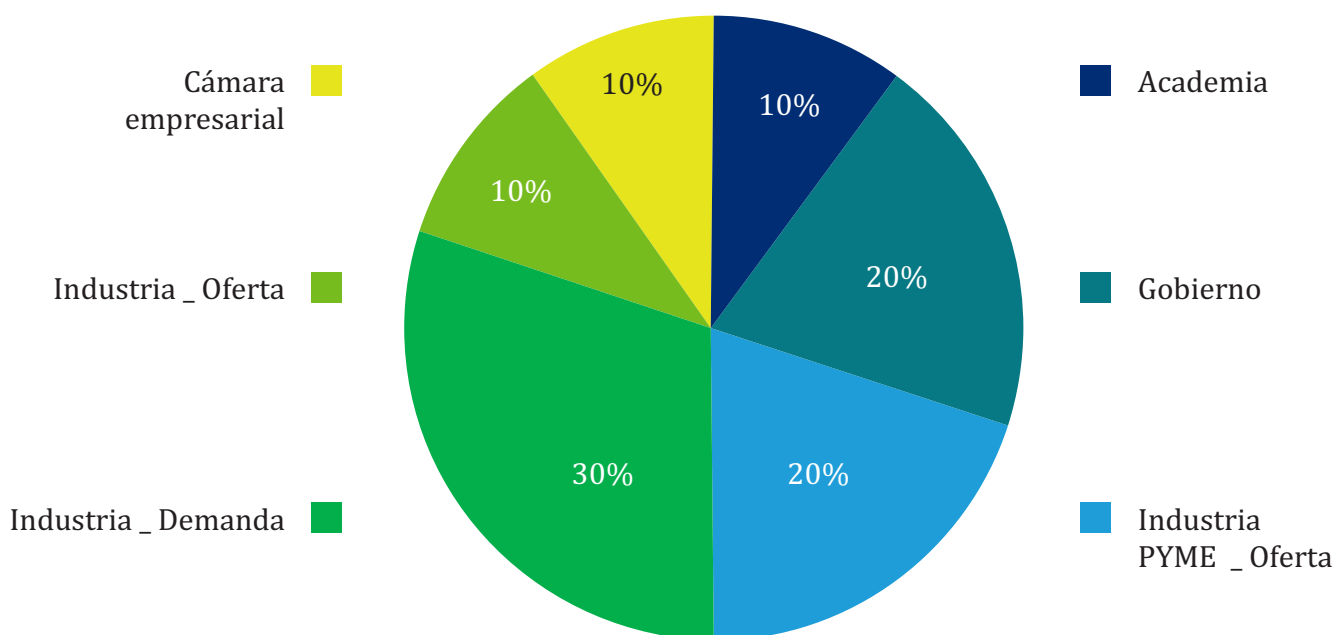
Posteriormente se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo a las respuestas obtenidas y, finalmente se hace una propuesta alterna relacionada al factor “Comportamiento” que el autor considera como elemento principal para impulsar la descarbonización del transporte logístico, el cambio de comportamiento del conductor del transporte.

Los diez actores participantes de la encuesta se pueden agrupar en los rubros mostrados en la figura 1, en donde “Demanda” se refiere a empresas que requieren de servicios de transporte logístico y “Oferta” se refiere a empresas que prestan dichos servicios. Los representantes del sector Gobierno son actores directamente involucrados a la normatividad del sector transporte.



Foto de Sebastian Herrmann de Unsplash.

Figura 1. Participación por origen institucional de los actores participantes



Fuente: Elaboración propia

### El mercado del transporte de carga en México

México, al ser una economía en donde el comercio internacional equivale a más del 70% de su Producto Interno Bruto (PIB) (ProMéxico 2018), los servicios logísticos son un eslabón clave de competitividad y de desarrollo sustentable.

La forma en que incide el sector transporte y logística nacional en la generación de riqueza es el de aportar el 4.5% del PIB, participando el autotransporte de carga con el 49.3% del PIB del sector (BANCOMEXT 2016). En su totalidad, el sector transporte movilizó 1,002 millones de toneladas métricas durante el 2018, de las cuales el 55.5% se transportaron por carretera (SCT 2019).

En 2019, la flota de vehículos de carga en México se distribuyó de la siguiente forma: 506,850 unidades motrices de carga y 499,239 unidades de arrastre, con una antigüedad promedio de flota de 17 años. Flota distribuida entre

145,265 empresas, de las cuales el 81% fueron microempresas hombre-camión (1-5 unidades) y sólo 970 empresas grandes (más de 100 unidades) (SCT 2019).

La distribución del parque vehicular (camiones y tractocamiones) de carga por tipo de combustible fue la siguiente: 90.8% a diésel, 7.7% a gasolina, 0.4% a gas y 1.03% a sistemas gas-gasolina (SCT 2018).

En cuanto al tráfico de toneladas-kilómetro (tkm), desplazadas por el autotransporte de carga durante el periodo 2010-2017, éste ha crecido a una tasa anual compuesta del 2.18% en las diferentes modalidades de transporte, siendo el vehículo T-3 (tractocamión de 3 ejes) y sus diferentes combinaciones de remolque la predominante con el 82% de material desplazado en 2017 y un total de 230,952 millones de tkm (SCT, 2018).



## Clasificación de los factores externos

El nivel de emisiones de carbono de la operación logística de una empresa está influenciado por diversos factores externos. Acorde a McKinnon, Piecyk y Validi (citado por Goedhals-Gerber et al. 2018), éstos se pueden clasificar en seis categorías, tal como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Las seis categorías del acrónimo TIMBER**

Tecnología	La tecnología incluye avances en tecnología de transporte, almacenamiento y manipulación de materiales.
Infraestructura	La infraestructura se compone principalmente de infraestructura de transporte, que comprende redes y terminales, y cubre todos los principales modos de transporte, pero también puede incluir infraestructuras de energía y comunicaciones.
Mercado	Mercado incluye cambios en la estructura del mercado de servicios logísticos, la forma en que se comercializan los servicios logísticos y la naturaleza de la demanda de estos servicios.
Comportamiento	El comportamiento se aplica a la industria y al nivel jerárquico de empleados y, en este último, incluye programas de certificación y capacitación de conductores.
Energía	La energía comprende la naturaleza de la generación de electricidad, la disponibilidad de combustibles alternativos y la intensidad de carbono de la gama de combustibles utilizados.
Regulación	La regulación es a nivel multinacional, nacional y local. Esto puede incluir regulaciones de fabricación y uso de camiones, controles regulatorios en la industria del transporte por carretera y restricciones en el acceso de vehículos en momentos específicos del día. También se puede ampliar para cubrir medidas de política fiscal.

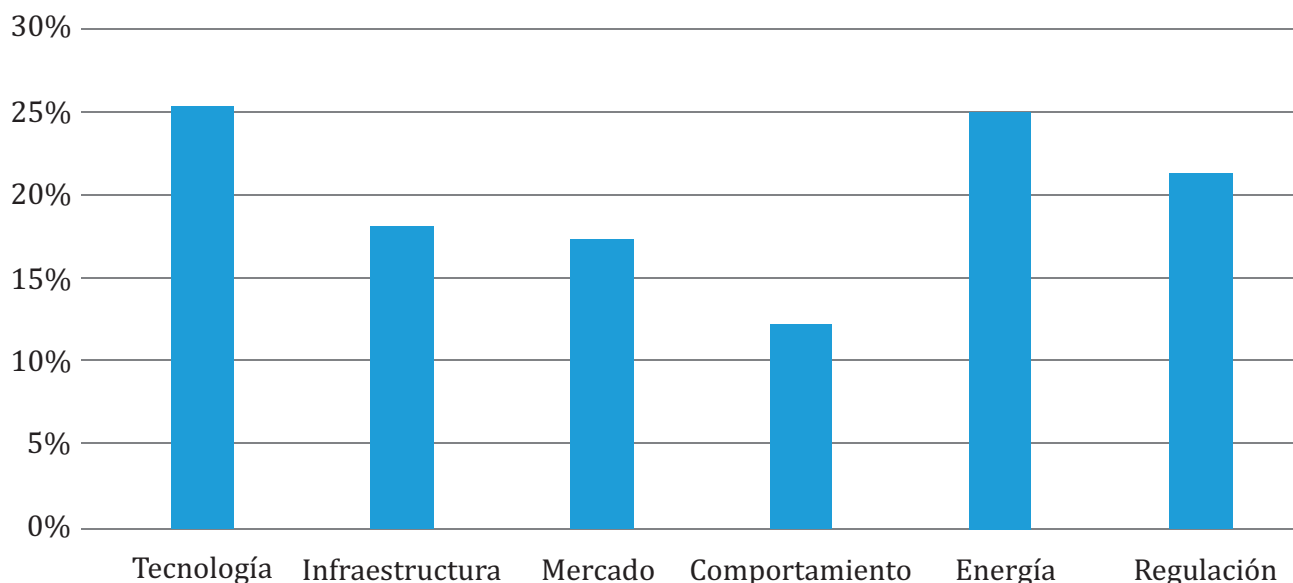
Fuente: Elaboración propia con base a información publicada por Goedhals-Gerber et al. (2018)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al utilizarse para calcular medias sobre porcentajes, se estimó la media aritmética de los valores porcentuales obtenidos a la pregunta siguiente: ¿En qué porcentaje podría contribuir cada uno de los siguientes factores a la descarbonización del transporte de carga en México?, los resultados obtenidos muestran que

los factores Tecnología y Energía, con 25% cada uno, son los que más impacto tendrían para lograr la descarbonización del transporte carga, seguido del factor Regulación (21%), siendo el factor Infraestructura el factor evaluado en tercera posición con 18% (Figura 2).

Figura 2. Porcentaje de contribución a la descarbonización del autotransporte de carga por factor



Fuente: Elaboración propia

Derivado de una segunda sección del cuestionario aplicado, a continuación, se presentan los resultados que permiten identificar los elementos de los factores antes discutidos tienen mayor capacidad de contribuir a la descarbonización del autotransporte de carga. Los resultados mostrados se obtuvieron al

estimar la moda de las respuestas obtenidas.

Respecto al factor Tecnología, se identifica el elemento podría contribuir de mayor forma a la descarbonización del transporte (6=puntuación máxima) (Figura 3).

Figura 3. Valoración de los elementos del factor Tecnología



Fuente: Elaboración propia



Tal como se mencionó anteriormente, en México la vida promedio de la flota del transporte de carga es mayor a los 17 años, así que, en conjunto con las autopistas electrificadas, la reducción de la vida útil de flota son los elementos que tendrían más impacto para que el factor Tecnología contribuya a la descarbonización del autotransporte de carga. Un segundo elemento de importancia es el uso de

sistemas de transporte inteligentes utilizando las tecnologías de la información y comunicación, tal como telemetría y sistemas de información geográfica.

Respecto al factor Infraestructura, se identifica el elemento que podría contribuir de mayor forma a la descarbonización del transporte (6 = puntuación máxima) (Figura 4).

Figura 4. Valoración de los elementos del factor Infraestructura



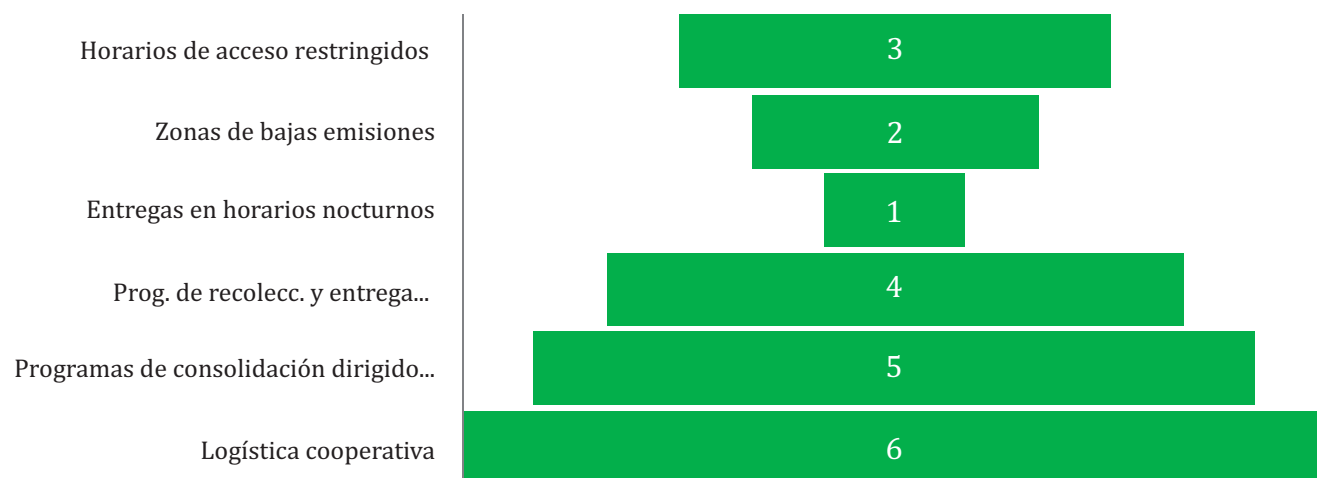
Fuente: Elaboración propia

Al permitir la articulación de diferentes modos de transporte, los centros intermodales se posicionan como el principal elemento para que el factor Infraestructura coadyuve a la descarbonización del autotransporte de carga. En segunda posición, los centros de consolidación urbana que facilitan los procesos de distribución y promueven el uso de vehículos más amigables con el medio ambiente para entregas en la última milla, resulta la segunda opción mejor evaluada.

Respecto al factor Mercado, se identifica el elemento que podría contribuir de mayor forma a la descarbonización del transporte (6 = puntuación máxima) (Figura 5).

**México, al ser una economía en donde el comercio internacional equivale a más del 70% de su PIB, los servicios logísticos son un eslabón clave de competitividad y de desarrollo sustentable.**

Figura 5. Valoración de los elementos del factor Mercado



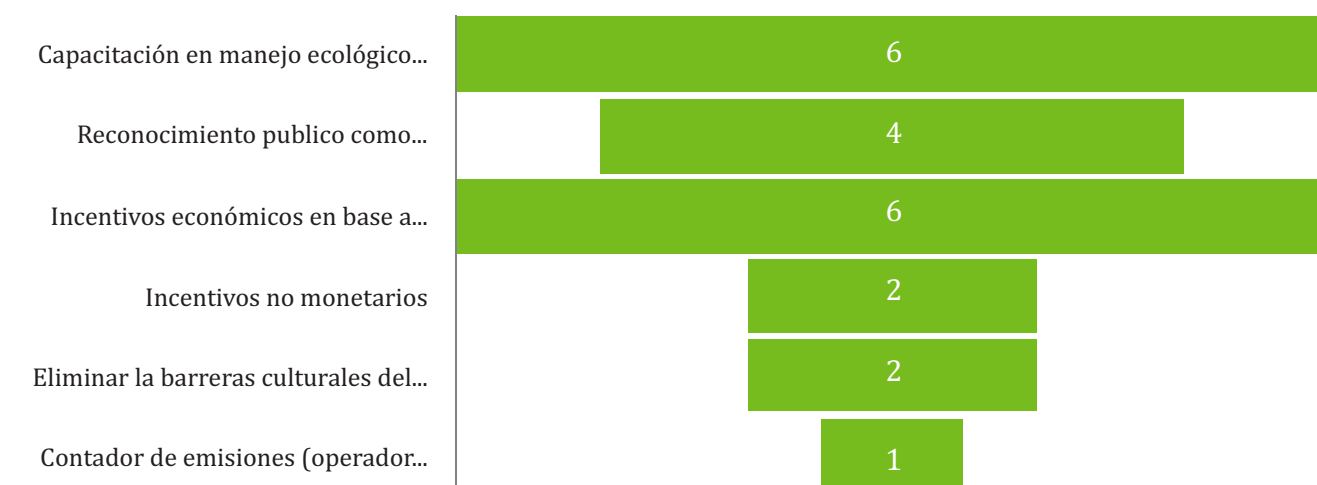
Fuente: Elaboración propia

La logística cooperativa – ya sea al compartir pedidos, capacidad o información, es una forma de cooperación entre dos o más empresas que están activas en el mismo nivel de la cadena de suministro y realizan una función logística comparable (Cruijssen et al. 2007) – fue el elemento identificado con la mayor capacidad de provocar cambios en la estructura del Mercado de servicios logísticos. En la segunda y tercera posición se encuentran: programas de

consolidación dirigidos por y para destinatarios para agrupar sus órdenes de envío y, programas de recolección y entrega escalonados que distribuyen las llegadas de vehículos a lo largo del día.

Respecto al factor Comportamiento, se identifica el elemento que podría contribuir de mayor forma a la descarbonización del transporte (6 = puntuación máxima) (Figura 6).

Figura 6. Valoración de los elementos del factor Comportamiento



Fuente: Elaboración propia



Capacitación en conducción técnico-económica (eco-driving) e Incentivos económicos en base a resultados, fueron los dos elementos reconocidos con mayor potencial para que el factor Comportamiento incida en la descarbonización

del autotransporte de carga. De hecho, acorde a SEMARNAT (2020), las estrategias de uso y manejo representan un mayor ahorro potencial de combustible respecto a las medidas de orden tecnológico (Tabla 2).

Tabla 2. Medidas de ahorro de combustible y reducción de emisiones que promueven

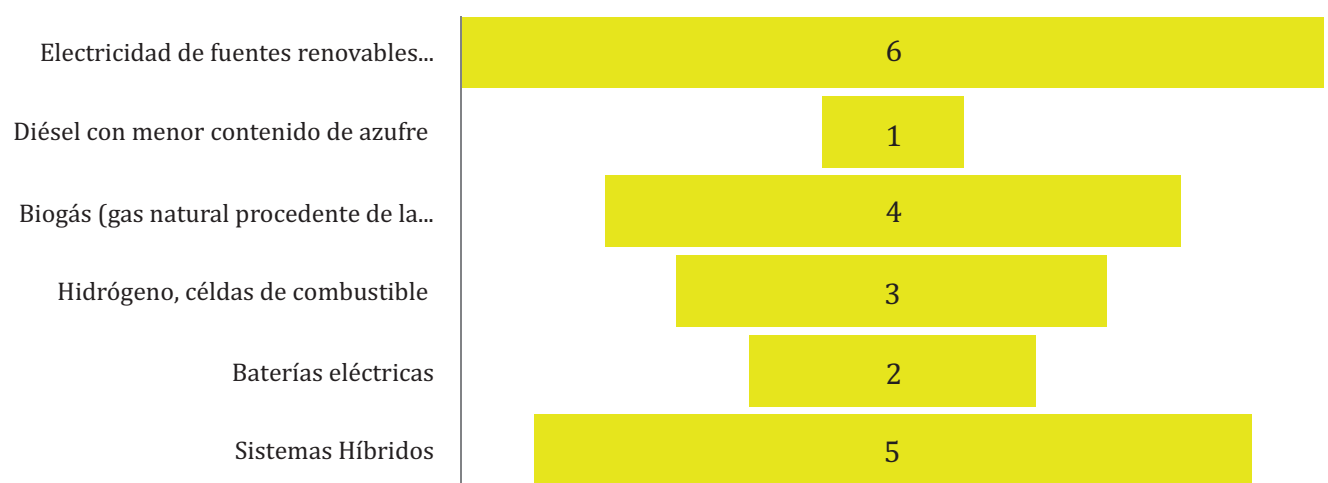
<b>Estrategias de uso y manejo</b>	<b>Ahorro potencial de combustible</b>
Entrenamiento de operadores en conducción técnica-económica	10-30%
Regulación de la velocidad máxima	5-10%
Reducir el funcionamiento innecesario del motor	Mínimo 5%
Selección y especificación vehicular	Variable hasta 30%
Mantenimiento	7-15%
<b>Medida de orden tecnológicas</b>	<b>Ahorro potencial de combustible</b>
Mejoras aerodinámicas	5-10%
Llantas individuales de base ancha	3%
Otros	Variable

Fuente: Elaboración propia con base a Programa “Transporte Limpio”, SEMARNAT (2020)

Respecto al factor Energía, se identifica el elemento que podría contribuir de mayor forma a la

descarbonización del transporte (6=puntuación máxima) (Figura 7).

Figura 7. Valoración de los elementos del factor Energía



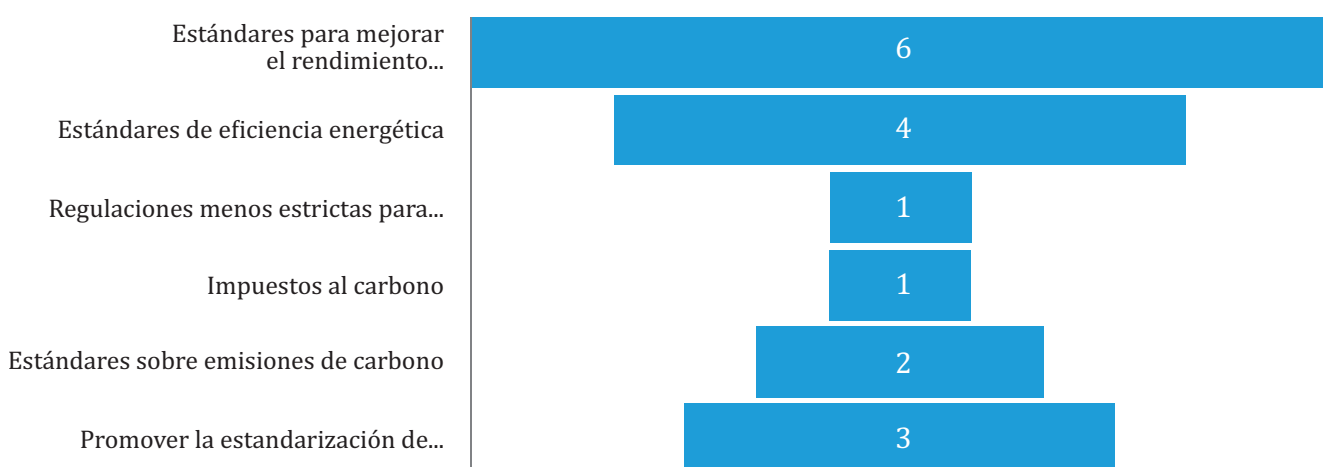
Fuente: Elaboración propia.

En términos de generación de energía, el elemento “Electricidad de fuentes renovables (solar, eólica, residuos orgánicos, otros)” y los “Sistemas híbridos”, fueron los elementos catalogados en las primeras posiciones, quizá previendo un futuro eléctrico para el auto-transporte de carga. Efectivamente, Organismos como el Foro Internacional del Transporte (ITF, por sus siglas en inglés), prevén que la

electricidad y el hidrógeno serán los vectores energéticos clave necesarios en los vehículos pesados de bajas y cero emisiones (ITF 2020).

Respecto al factor Regulación, se identifica el elemento que podría contribuir de mayor forma a la descarbonización del transporte (6=puntuación máxima) (Figura 8).

Figura 8. Valoración de los elementos del factor Regulación



Fuente: Elaboración propia

El factor Regulación ocupó el segundo lugar respecto a la contribución para lograr la descarbonización del autotransporte de carga, siendo los elementos “Estándares para mejorar el rendimiento de combustible” con 6 unidades y “Estándares de eficiencia energética para el sector transporte” con 4 unidades los mejores calificados para considerarse como medidas de política pública.

Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el *Deep Decarbonization Pathways in Latin America* (2019) señala que, al tener una visión clara de la problemática a resolver, los Gobiernos deben definir estrategias de largo plazo para ayudar a guiar las políticas para abordar las barreras regulatorias y enfocar sus

reformas en facilitar la transición a cero emisiones netas.

A nivel global al fin de limitar el aumento de la temperatura global a 1.5 °C, es necesario alcanzar cero emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq para el 2050. Alcanzar cero emisiones netas es viable, ineludible y puede generar beneficios económicos. Por ejemplo, acorde a su Plan Nacional de Descarbonización de 2019, Costa Rica ha previsto que la descarbonización de su sector transporte podría generar \$18 mil millones de dólares en beneficios económicos gracias a reducciones del tiempo perdido en el tráfico, de las enfermedades respiratorias y mejora de las operaciones (BID y DDPLAC 2019), monto que representa más del 29% del PIB del país (CIA 2020).



## **Una propuesta alterna: el cambio de comportamiento de los conductores de camiones como elemento clave para coadyuvar a la descarbonización del transporte logístico.**

Ante la necesidad de explorar diferentes estrategias que permitan disminuir las emisiones del transporte, el autor retoma una de las propuestas del sector empresarial: la autorregulación en las empresas en una apuesta abajo-arriba enfocándose en el conductor como componente clave para la economía nacional y el correcto flujo de mercancías, al ser un país en donde, tal como lo señala el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2015), más del 80% de la carga doméstica es transportada por carretera.

En México los conductores del autotransporte de carga son uno de los grupos profesionales cuyas actividades tienen un fuerte impacto en la salud pública derivado de los accidentes de tránsito provocados, los cuales pueden ocasionar muertes y lesiones, no sólo a ellos mismos sino también a otros conductores o usuarios de la carretera. Además, en comparación con el resto de los trabajadores, se exponen a mayores riesgos de enfermedades y accidentes de trabajo, por lo que es una de las actividades más peligrosas en cuanto a padecimientos y factores de riesgo asociados a su ocupación (Berrones et al. 2018).

De acuerdo con estimaciones de la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR), en México hay un déficit de 80 mil conductores, principalmente porque los transportistas están en edad de jubilación (Cervantes y Peralvillo 2019).

Tal como lo menciona Miguel López Fiesco, cofundador de la firma *Fast Logistics*, ante la condicionante actual de falta de operadores, es importante verlos como socios de largo plazo e impulsar su motivación, por lo que es importante la capacitación de cada uno de ellos (Guzmán 2019).

Durante el XIX Foro Nacional de Transporte de Mercancías, Miguel Ángel Bres, director general de TDR Soluciones Logísticas, propuso como

estrategia para disminuir la escasez de conductores y las altas tendencias de rotación, el localizar al conductor en la base de la estructura de las empresas logísticas y de transporte, lo que implicaría crear instalaciones seguras y acondicionadas para cubrir las necesidades diferenciadas de hombres y mujeres (Espinosa 2019).

Derivado de lo anterior y acorde al Banco Mundial (2015), para mejorar la formulación e implementación de políticas de desarrollo, se deben identificar los elementos psicológicos y sociales que influyen en la conducta de las personas y elaborar políticas que los tengan en cuenta lo cual exige aplicar un enfoque más empírico y experimental en el diseño de las políticas. Una estrategia que ha sido evaluada a nivel mundial en el diseño de política pública es la economía del comportamiento y el uso de nudges, que son pequeñas intervenciones de fácil aplicación que alteran el comportamiento de las personas de una manera predecible sin restringir ninguna de las opciones existentes o cambiar significativamente sus incentivos económicos (Whitehead 2014).

Dada la necesidad de explorar diferentes estrategias para provocar la descarbonización del autotransporte de carga y el cumplimiento de reducción de emisiones de carbono en el mediano plazo, a continuación, se proponen cuatro nudges con base a la teoría de la economía del comportamiento (BID 2020; B-HUB 2020):

A. Ofrecer a los conductores la posibilidad de firmar un contrato en donde ellos mismo elijan una meta de productividad, si logran su objetivo se les pagaría la tarifa normal, pero si no cumplen con el objetivo que ellos mismos se han impuesto, se les pagaría una tarifa menor. El mecanismo de compromiso les ofrece un incentivo para trabajar con más ahínco que el que pondrían en el momento presente, cuando se debe hacer el trabajo.

B. Presentar bonificaciones por productividad como una pérdida en vez de una ganancia. Esto

conlleva, por ejemplo, entregar al inicio del periodo en evaluación el monto que los administradores estiman para la bonificación media. Si al fin del periodo el desempeño de productividad resulta superior al promedio, los conductores recibirían un pago adicional. Pero si es inferior, deberán devolver la diferencia entre lo que recibieron a principios del periodo y la bonificación final que habrían obtenido si los resultados de productividad fueran más altos que el promedio. Esta modalidad de hacer ajustes en el encuadre o presentación de las opciones es una de las herramientas frecuentes a las que acude la economía del comportamiento.



Foto de Pascal Meier en Unsplash.

C. Otorgar premios no monetarios a los conductores más productivos. Por ejemplo, reconociendo públicamente a los conductores de alto rendimiento y felicitándolos por su éxito. A diferencia de los incentivos que hacen parte integral del diseño de política pública, los micro incentivos involucran pequeñas señales de bajo costo y fácil aplicación, que complementan el diseño original.

D. Una variante en el uso de micro incentivos es aplicarlos en conjunto con la retroalimentación y el *social benchmarking*, así se podrían utilizar pequeñas recompensas monetarias o recompensas sociales (puntos de calificación con un comentario descriptivo) por incrementar la productividad cada semana. Además, las recompensas pueden ser privadas (los participantes solo saben cómo se desempeñaban ellos mismos) o públicas (los participantes saben cómo se desempeñaban los demás en su grupo).

Ante el rol clave del conductor para lograr la descarbonización del autotransporte de carga y la necesidad de reconocer la importancia de su trabajo, las estrategias propuestas basadas en la economía del comportamiento podrían también incidir en la retribución (aspecto económico), el ambiente de trabajo (relaciones interpersonales), la seguridad en el empleo y el reconocimiento.

## CONCLUSIONES

Si bien se reconoce que el documento parte de una muestra no representativa del sector autotransporte de carga, dada su complejidad por el número y variedad de actores involucrados, esta propuesta coadyuva a definir los factores que más influyen en el nivel de emisiones de carbono de la operación logística, siendo la Tecnología y Energía los que mayor impacto tendrían para descarbonizar el sector, seguido del factor Regulación.

Así mismo, esta propuesta evalúa los diferentes elementos o actividades que permitirían a cada factor coadyuvar en la transición hacia la descarbonización del autotransporte de carga.

El aumento en la productividad energética (inverso de la intensidad energética) del autotransporte de carga requiere explorar nuevos mecanismos de política pública, tal como el enfoque abajo-arriba propuesto en este documento como vía alternativa, al considerar el modificar patrones de conducta en los conductores mediante *nudges* que promuevan la eficiencia energética y la satisfacción laboral.

La actual condición de escasez de conductores también abre las puertas para que el sector logístico y de transporte de carga en conjunto con la Secretaría de Economía, explore estrategias como el mayor uso del sector ferroviario, logística cooperativa, vehículos autónomos, trenes eléctricos, entre otros. Los resultados obtenidos permiten explorar diferentes estrategias para incrementar el número de participantes y fortalecer el ejercicio propuesto.

## REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2015). *World Development Report 2015: Mind, Society, and Behavior*. The World Bank. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0342-0>
- BANCOMEXT (12 de enero de 2020). *Transporte y Logística. Síntesis de la situación del sector*. <http://www.bancomext.com/wp-content/uploads/2016/04/EES-Logistica-2016-1.pdf>
- Berrones Sanz, L. D., Cano Olivos, P., Sánchez Partida, D. y Martínez Flores, J. L. (2018). Lesiones, enfermedades y accidentes de trabajo de los conductores del autotransporte de carga en México. *Acta Universitaria*, 28(3), 47-55. DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2018.1946>
- BID. (12 de marzo de 2020). *Economía del comportamiento para mejores políticas públicas - Edición 3*. <https://indesvirtual.iadb.org/enrol/index.php?id=1856>
- BID y DDPLAC. (22 de febrero de 2020). *Como Llegar a Cero Emisiones Netas: Lecciones de América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D. C. [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/C%C3%B3mo\\_llegar\\_a\\_cero\\_emisiones\\_netas\\_Lecciones\\_de\\_Am%C3%A9rica\\_Latina\\_y\\_el\\_Caribe.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/C%C3%B3mo_llegar_a_cero_emisiones_netas_Lecciones_de_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe.pdf)
- BIEE. (03 de mayo de 2020). *Base de datos*. Obtenido de Base de Indicadores de Eficiencia Energética de México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía: <http://www.biee-conuee.enerdata.net/03/05/2020>
- Bonilla, J. (11 de septiembre de 2020). *El Plan de Descarbonización de Costa Rica proporciona un marco para el futuro*. Banco Interamericano de Desarrollo: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/el-plan-de-descarbonizacion-de-costa-rica-proporciona-un-marco-para-el-futuro/>
- B-HUB. (18 de mayo de 2020). *Behavioral Evidence Hub. Strategies drawn from insights about human behavior, proven to solve real world problems*. <https://www.bhub.org/>
- CEPAL. (25 de junio de 2020). *Estrategias y herramientas para la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte de carga por carretera*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40859/S1601276\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40859/S1601276_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cervantes, S. y Peralvillo, M. (24 de abril de 2020). *EU sale a la caza de operadores mexicanos*. <https://www.alianzaflotillera.com/2019/02/19/eu-caza-de-operadores-mexicanos/>
- CIA. (2020). *The World Factbook*. Costa Rica. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> 15/06/2020
- Crujijssen, F., Dullaert, W. y Fleuren, H. (2007). Horizontal cooperation in transport and logistics: A literature review. *Transportation Journal* 46(3), 22-39.
- Espinosa, S. (24 de abril de 2020). *Urge combatir escasez de operadores*. <https://www.alianzaflotillera.com/2019/07/04/urge-combatir-escasez-de-operadores/>
- Goedhals-Gerber, L., Freiboth, H. y Havenga, J. (2018). The Decarbonisation of Transport Logistics: A South African Case Study. *Southern African Business Review, Volume 22*. DOI: <https://doi.org/10.25159/1998-8125/4362>
- Guzmán, J. (25 de abril de 2020). *Consejos para rodar en el mundo del transporte*. <https://www.alianzaflotillera.com/2019/03/28/consejos-para-rodar-mundo-transporte/>
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (18 de junio de 2020). *Manual estadístico del sector transporte 2015*. Obtenido de Secretaría de Comunicaciones y Transportes: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Manual/mn2015.pdf>
- ITF. (2020). *Regulations and Standards for Clean Trucks and Buses: On the Right Track? International Transport Forum Policy Papers, 77*. OECD Publishing, Paris.

OECD. (2011). *Moving freight with better trucks: Improving safety, productivity and sustainability*. OECD Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282102961> -en 12/05/2020

ProMéxico. (10 de enero de 2020). *Mapa de ruta nacional de logística*. <http://www.promexico.gob.mx/documentos/mapas-de-ruta/industria-logistica-nacional.pdf> 10/01/2020

SCT. (2018). *Estadística básica 2017*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

SCT. (2019). *Principales estadísticas del Sector Comunicaciones y Transporte*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

SEMARNAT. (2015). *México rumbo a la COP-21*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SEMARNAT. (2020). *Programa Transporte Limpio*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SENER. (2017). *Balance Nacional de Energía 2017*. México: Secretaría de Energía.

Whitehead, M., Jones, R., Howell, R., Lilley, R. and Pykett, J. (12 de abril de 2020). *Nudging all over the world: Assessing the Impacts of the Behavioural Sciences on Public Policy*. ESRC Negotiating Neuroliberalism Project Report: <http://changingbehaviours.wordpress.com>