



A1: Reporte Final

Análisis del aumento de la temperatura en México y una propuesta de política ambiental

Equipo 6

161842, 171449, 173270, 174342

Seminario de Análisis Económico (LEC4082)

06 de mayo del 2024

1. Introducción

Los cambios en la temperatura general en Latinoamérica han sufrido constantes aumentos durante el paso de los años, en promedio cada década Latinoamérica experimenta un aumento de 0.2°C , mientras que en México el aumento representa 0.3°C . De acuerdo con las estadísticas del “Estado del clima en América Latina y el Caribe 2022”, publicado por la Organización Meteorológica Mundial señalan que México es el país con el problema de calentamiento global más profundo en todo Latinoamérica. Asimismo, la Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas establece que si México continua a este paso en 50 años, 14 estados aproximadamente tendrán temperaturas muy altas aumentando la probabilidad de golpes de calor (González, 2023).

El aumento de la temperatura genera afectaciones a nuestra calidad de vida y además son el síntoma de un problema aún más grande. Sabemos que uno de los principales causantes del aumento en la temperatura del ambiente son los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre este cúmulo de gases se encuentra el dióxido de carbono; este gas en específico surge de la quema de combustibles fósiles, y es un tipo de contaminación a la que estamos muy familiarizados, esto porque la gran mayoría del transporte actual es a gasolina. Por lo que, tomaremos el CO_2 importante para nuestro análisis, en específico, este gas emitido a través del uso de transporte terrestre a gasolina.

Se tomará como variable de control de interés el tamaño del parque vehicular de México para poder explicar la temperatura del ambiente. La razón por la que utilizaremos este control de interés se debe a que como explica Wallace, R. (1995), los vehículos de combustión interna contribuyen a la acumulación de GEI, aparte de que estos vehículos por el uso de un kilogramo de gasolina emiten en promedio tres kilogramos de CO_2 son emitidos a la atmósfera; también afirma que el funcionamiento de estos vehículos emite otros gases pertenecientes a los GEI, por los aires acondicionados.

Dicho lo anterior Wallace, R. (1995) dice que, en cuanto mayor sea el número de vehículos de motor y más distancia recorran, mayor será su contribución al cambio climático. Por lo tanto, comprender las tendencias en el número de vehículos registrados y examinar opciones de política para frenar el aumento del parque vehicular de combustión interna, puede ser beneficioso en la lucha contra el cambio climático.

Tenemos que nuestra problemática a modelar se relaciona con el tema de externalidades bilateral pues observamos que la externalidad en este contexto es la emisión de GEI que estos por su parte ocasionan alza en la temperatura del ambiente. Entonces el parque vehicular genera una externalidad negativa a terceros, en forma de alza en la temperatura. Es por eso por lo que a través de econometría calcularemos las dos funciones necesarias para calcular un impuesto que restablezca el óptimo.

La estructura del reporte está organizada de la siguiente manera. En la sección 2, se presentará la metodología describiendo la forma de extracción de los datos, el análisis de datos y el modelo desarrollado. La sección 3 son los resultados, donde se describen e interpretan los resultados del modelo. Finalmente, en la sección 4 se plantea una política ambiental que se podría implementar para resolver la problemática.

2. Metodología

Utilizamos los datos sobre la temperatura en México de los resúmenes mensuales de lluvia y temperatura, los cuales están divididos por año y por estado, de la misma manera contienen un agregado a nivel nacional dividido mensualmente por años. Asimismo, la información sobre el número de vehículos en México se extraerá del Parque Vehicular del INEGI. Por último, los datos sobre el crecimiento poblacional serán extraídos de la base de datos de nacimientos registrados en México del INEGI. Todos los datos utilizados son, mensuales, de enero 2008 a diciembre 2022.

Para analizar los datos utilizaremos distintos métodos estadísticos como la media, los máximos y mínimos, la desviación estándar y su distribución. Asimismo, observaremos el comportamiento de nuestros datos a través del tiempo para determinar qué tipo de tendencia siguen nuestras 3 variables.

Crecimiento Poblacional: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Natalidad y fecundidad*. <https://www.inegi.org.mx/temas/natalidad/>

Cantidad de vehículos: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Parque vehicular*. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

Temperatura: Comisión Nacional del Agua. (s. f.). *Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

Análisis de datos sobre parque vehicular en México

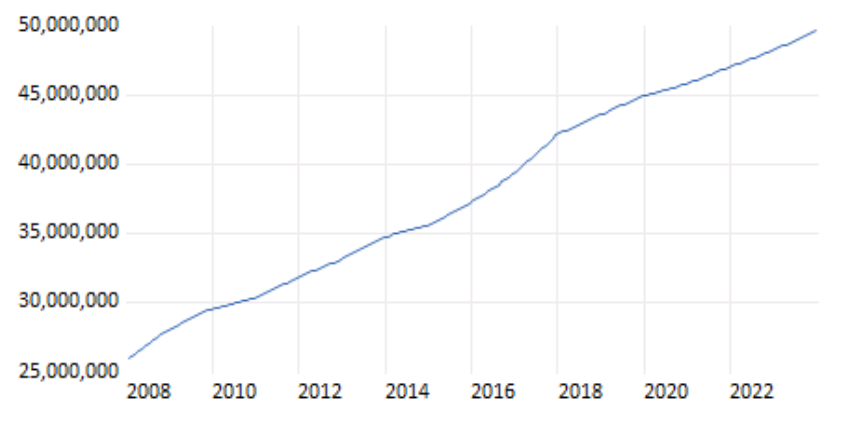
Tabla 1. Controles estadísticos de la variable parque vehicular

Mean	38121289
Median	37284742
Maximum	49618221
Minimum	25959504
Std. Dev.	7017984.
Skewness	0.024555
Kurtosis	1.639925
Jarque-Bera	14.81772
Probability	0.000606
Sum	7.32E+09
Sum Sq. Dev.	9.41E+15

Fuente: Elaboración propia a partir de Eviews.

Para la variable parque vehicular el numero promedio de vehículos en existencia son 38,121,289 millones de vehículos a lo largo del tiempo. Sin embargo, podemos observar cómo existen mediciones por arriba y por abajo del promedio que ocasionan una desviación estándar de 7,017,984. Dicha desviación estándar se explica por el comportamiento completamente lineal entre el parque de vehículos y el tiempo. En este caso los datos no se comportan con una distribución normal.

Gráfica 1. Parque vehicular a través del tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de Eviews.

En este caso el máximo se presenta en la última medición de nuestra muestra, mientras que el mínimo fue capturado en la primera medición de la muestra. Esto nos indica que el comportamiento del parque vehicular es completamente lineal y va creciendo a través del tiempo.

Análisis de datos sobre natalidad

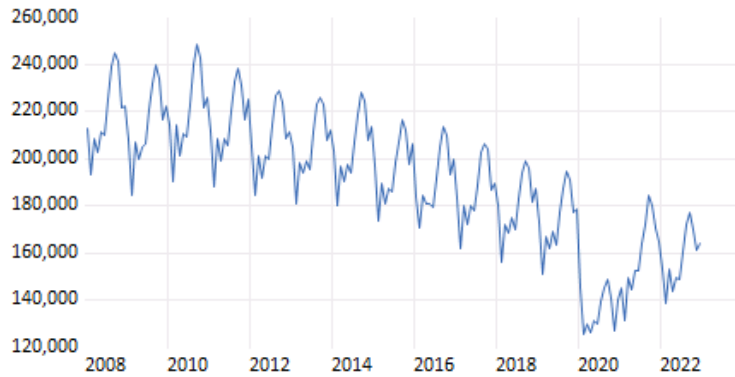
Tabla 2. Controles estadísticos de la variable natalidad

Mean	191371.4
Median	194207.5
Maximum	248567.0
Minimum	125694.0
Std. Dev.	28223.73
Skewness	-0.370855
Kurtosis	2.552170
Jarque-Bera	5.630140
Probability	0.059901
Sum	34446854
Sum Sq. Dev.	1.43E+11

Fuente: Elaboración propia a partir de Eviews.

Para la variable de natalidad, la media mensual de nacimientos en el país es 191,371.4. En un país con una población de 126 millones de personas, esto significa que mensualmente en promedio la población aumenta en 0.15%. Igualmente podemos observar que el rango entre mínimo y máximo es amplio, esto debido a que la natalidad no es algo controlado, lo cual ocasiona que la desviación estándar sea de 28,223.73.

Gráfica 2: Crecimiento poblacional a través del tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de Eviews.

Al observar la gráfica podemos observar como el crecimiento poblacional antes de la pandemia año con año los mínimos van disminuyendo gradualmente y de la misma manera sucede con los máximos. Sin embargo, debido a la pandemia se tuvo una reducción drástica en la natalidad la cual se ha ido aproximando a los posteriores a este suceso. Por lo tanto, podemos concluir que sin el fenómeno de la pandemia la natalidad en México se ha ido reduciendo, debido a las tendencias sociales de la actualidad.

Análisis de datos sobre temperatura

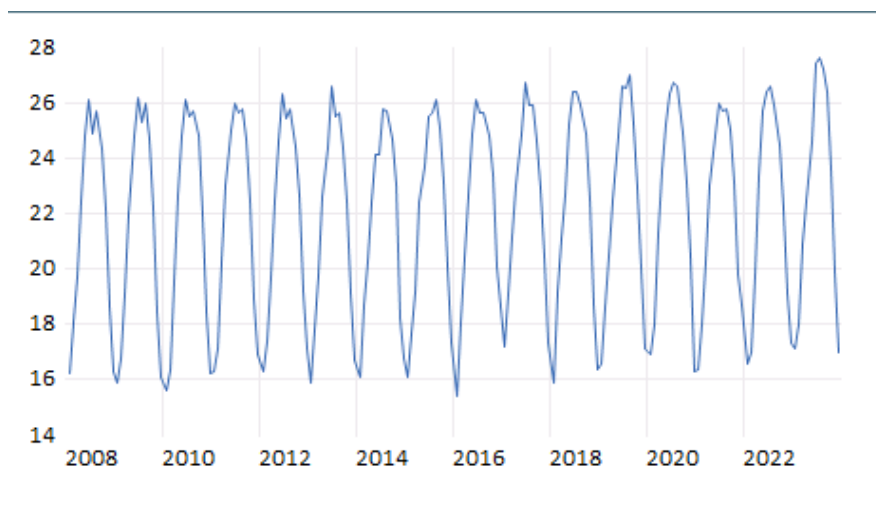
Tabla 3. Controles estadísticos de la variable temperatura

Mean	21.98490
Median	22.65000
Maximum	27.60000
Minimum	15.40000
Std. Dev.	3.601924
Skewness	-0.297320
Kurtosis	1.652384
Jarque-Bera	17.35732
Probability	0.000170
Sum	4221.100
Sum Sq. Dev.	2478.006

Fuente: Elaboración propia a partir de Eviews.

Como podemos observar en el caso de la temperatura la media es de 21.98 grados centígrados, lo que nos indica una temperatura media un poco elevado si la comparamos que el promedio de datos hasta 2015 que muestra una media de 21 grados. La media indica que el valor del promedio sería el dato en el centro y que los valores en el tiempo se acercan a este valor. Sin embargo, al medir la temperatura en un país como México en donde existe diferentes climas esto ocasiona la presencia de valores superiores e inferiores que se contrarrestan entre si modificando el promedio. Asimismo, las temperaturas mensuales se ven afectadas por las estaciones del año, por lo tanto, tenemos datos muy contrastantes con la media, por lo que la desviación estándar de los datos es de 3.6

Gráfico 3: Temperatura (2008- 2023) a traves del tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de Eviews.

El máximo de nuestros datos es 27.6, el cual se registró en el mes 7 de 2023, esto sugiere que poco a poco la temperatura va incrementando en los últimos años, ya que el máximo fue registrado el año pasado. En el gráfico, podemos observar cómo en el 6 y 7 del año los picos máximos de temperatura aumentaron gradualmente, lo que indica que la temperatura en efecto ha aumentado con el tiempo. Otra manera de comprobar esto es a través de los mínimos, como podemos observar en la gráfica en los últimos cuatro años de nuestra muestra los mínimos cada vez son más grandes. Por último, al tener un valor de probabilidad Jarque Bera menor a 0.05 concluimos que nuestra distribución no sigue la forma de una normal.

El objetivo central del presente reporte es inferir si el tamaño del parque vehicular tiene una relación positiva con el aumento de la temperatura, por lo tanto, desarrollamos un modelo econométrico para determinar la relación de las variables. En este caso utilizamos el parque vehicular como variable independiente de interés, por lo tanto, nos interesa encontrar un parámetro estadísticamente significativo que explique la temperatura. Asimismo, decidimos agregar al modelo la natalidad para reducir el termino de error y mejorar la estimación de nuestro modelo. El modelo utilizado fue construido de la siguiente manera:

$$Temp_i = \beta_0 + \beta_1 Parque Vehicular + \beta_2 Natalidad + \varepsilon_i$$

Se corrieron distintos tipos de modelos para poder encontrar el que mejor se adaptara a la finalidad de este proyecto. Una vez hecho esto, se tomó en cuenta el criterio de información de Akaike (AIC), el criterio de información Bayesiano (BIC) y el coeficiente de determinación R^2 . Comparando los resultados obtenidos de los distintos modelos, se concluyó que el mejor modelo era el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). Gracias a esto, nos hemos decantado por el uso del modelo antes mencionado.

Finalmente, una vez decidió el modelo lo convertimos a logaritmo para ver si los resultados mejoran, posteriormente se analizarán los resultados para determinar si es necesario implementar una política ambiental que limite la cantidad de vehículos en el parque vehicular mexicano. No obstante, al ser un modelo donde se busca explicar una variable medida en el tiempo con variables independientes que también son series de tiempo, se pueden presentar problemas de autocorrelación. Para verificar esto, se realizó la prueba de autocorrelación Durbin Watson, en esta prueba si el coeficiente DW esta abajo de 2 nos indica una autocorrelación positiva, si es mayor a 2 existe una autocorrelación negativa, mientras que si es igual a 2 no existe autocorrelación.

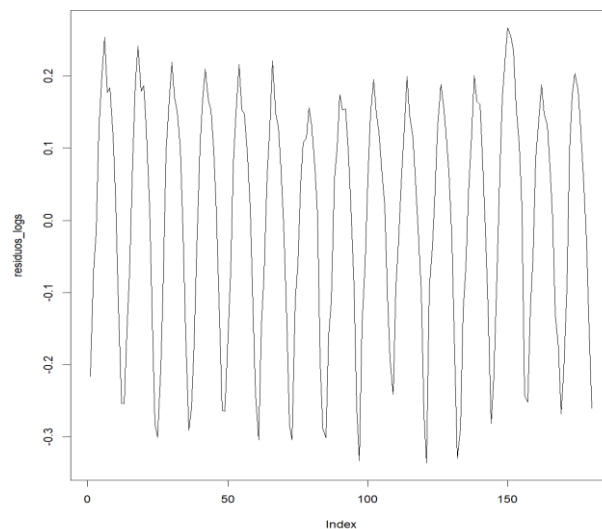
Tabla 4. Test de Durbin Watson

Durbin Watson Test			
Lag	Autocorrelation	D-W Statistic	p-value
1	0.81696163	0.3427001	0.0
2	0.441873	1.0869582	0.0
3	-0.02221633	2.0149171	0.9
4	-0.44198384	2.8505551	0.0

Fuente: Elaboración propia a partir de R Studio.

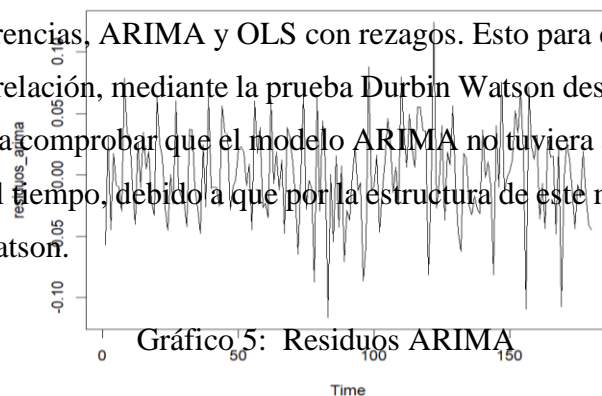
Una vez realizada la prueba podemos determinar que nuestro modelo en logaritmos de mínimos cuadrados ordinarios cuenta con un problema de autocorrelación. Esto se debe a que en 3 de los 4 rezagos encontramos valores menores a dos y mayores a dos lo que nos indica que en el rezago 1 y 2 existe autocorrelación positiva y en el rezago 4 existe autocorrelación negativa. Para comprobar que efectivamente el modelo cuenta con autocorrelación, graficamos los residuos del modelo en el tiempo, se muestra en la figura 4, podemos ver que los residuos muestran un comportamiento de autocorrelación, pues no es ruido blanco.

Gráfico 4: Residuos a través del tiempos



Fuente: Elaboración propia a partir de R Studio.

Para solucionar el problema de autocorrelación probamos con 4 nuevos modelos: autorregresivo, OLS con primeras diferencias, ARIMA y OLS con rezagos. Esto para encontrar la mejor solución al problema de autocorrelación, mediante la prueba Durbin Watson descartamos los modelos OLS y el autorregresivo. Para comprobar que el modelo ARIMA no tuviera autocorrelación graficamos los residuos a través del tiempo, debido a que por la estructura de este modelo no se puede realizar la prueba de Durbin Watson.



Fuente: Elaboración propia a partir de R Studio.

Podemos ver que, en la gráfica 5, los residuos del modelo ARIMA, presentan un comportamiento tipo ruido blanco, sabemos que si los residuos son ruido blanco no hay autocorrelación o es mínima, y comparado con la gráfica 4, si existe una diferencia evidente. Por tanto, utilizaremos este tipo de modelo, pues como ya se comprobó corrige el problema de autocorrelación, y lo hace a través de sus componentes autorregresivos y de medias móviles, este método es capaz de modelar la autocorrelación y ajustar los parámetros para minimizar la autocorrelación del modelo

3. Resultados

Tabla 5: Resultados con ARIMA (5,0,2)

Regression with ARIMA(5,0,2) errors	ar1	ar4	ar4	ar4	ar5	ma1	ma2	xreg1	xreg2
Coefficients:	0.8896	0.3799	0.3799	0.3799	-0.2995	0.1067	-0.7493	0.1331	0.0621
S.E	0.0881	0.1005	0.1005	0.1005	0.0795	0.0673	0.0652	0.0051	0.0073
$\sigma^2 = 0.001634$				$\log \text{likelihood} = 323.41$					
$AIC = -626.83$		$AICc = -625.53$				$BIC = -594.9$			

Fuente: Elaboración propia a partir de R Studio.

El modelo ARIMA (5,0,2) resultó ser el mejor modelo considerando el criterio de Akaike (AIC) y de información Bayesiano (BIC). Una vez corrido el modelo se encontró que el valor del parámetro para el parque vehicular es 0.1331, lo que indica que existe una relación positiva que, al aumentar en una unidad porcentual, el parque vehicular aumenta 0.1331. Asimismo, el valor del parámetro

nos refleja una tendencia positiva que incrementar en 1% la natalidad la temperatura cambia en 0.0073. Además, los valores p de parque vehicular y natalidad son $1.425811e^{-62}$ y $7.340196e^{-15}$ respectivamente. Por lo tanto, ambos coeficientes son estadísticamente significativos con un 95% de confianza, ya que su valor p es menor a 0.05, lo que significa que tanto el parque vehicular como la temperatura tienen efectos positivos en la temperatura media en México.

4. Política propuesta

Anteriormente explicamos la relación positiva que tiene nuestra variable de control de interés con nuestra variable dependiente, esta relación nos indica que mientras siga el crecimiento de unidades vehiculares circulando en el país, incrementará la temperatura media; pues como se vio en los resultados si aumenta en 1% el parque vehicular, la temperatura media del país incrementará en 0.1331. El incremento en la temperatura no es ligero, pues como mencionamos al inicio, los incrementos en la temperatura media afectan negativamente nuestra calidad de vida, como a otras especies y el ambiente; por eso, consideramos que debe crearse un mecanismo que coexista con mecanismos que incentivan una reducción de vehículos en circulación.

Nosotros proponemos un mecanismo de tipo cuota, y es que pretendemos presentar una política dirigida al número de vehículos en tenencia por individuo. La cuota constará de la tenencia de un número máximo vehículos de combustión interna por individuo; en caso de exceder esta cuota se aplicará un cargo extra sobre el impuesto de la tenencia vehicular, este cargo extra será el doble del impuesto ya existente, pero aplicará para todos los vehículos que posee el individuo; buscamos desincentivar la compra de vehículos, así como controlar el parque vehicular.

Con esta política buscamos controlar y posiblemente disminuir el parque vehicular del país, al igual que incentivar el uso de alternativas colectivas como el transporte público, como también impulsar la mejora por parte del gobierno, del sistema de transporte público. Esta política creemos que en un tiempo de ser aplicada adecuadamente puede fomentar valores ambientales, mejorar la calidad del ambiente y mejorar la calidad de vida para todos los mexicanos. Aparte de que los recursos recaudados por las cuotas aunadas al impuesto de tenencia vehicular puedan servir para proyectos de investigación enfocados a la mejora de la calidad del aire o incluso al mejoramiento del transporte público, este que incentivaría aún más a disminuir el uso de vehículos de combustión interna privados.

5. Limitantes

Esta política, como muchas otras tendrá limitantes en su cumplimiento, uno es el hallazgo de autos que no están en el registro público vehicular o personas que llegan a comprar uno o más vehículos sin efectuar el trámite legal correspondiente para cambiar de propietario. Esto es porque a veces no existe el contrato de compraventa endoso de facturas, solo por facilitar el trámite de adquirir un automóvil seminuevo o por la venta y compra de autos robados. De acuerdo con Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros se han registrado este año un total de 136,993 reportados como objetos robados en todo el territorio Nacional, por ello es importante considerar que la ilegalidad puede ser un factor para afectar nuestra política vehicular.

La segunda limitante es contemplar que por familia existe la posibilidad de tener un gran número de autos, porque cada integrante podría registrar una unidad a su nombre, pero el número de vehículos podría superar el promedio de autos que se debería poseer por familia.

Por último, existe la limitante de la falta de información sobre el uso del vehículo, ya que se pueden presentar discrepancias entre las mismas personas con un solo vehículo, esto dado por el número de kilómetros recorridos o el tiempo que está el vehículo encendido, un factor importante a considerar en ciudades con altos niveles de contingencia ambiental como la Ciudad de México.

6. Conclusión

La temperatura del ambiente tiene pronósticos no favorables para nosotros los mexicanos y nuestro entorno, así que creemos que esta política puede ser beneficiosa para todos los mexicanos que experimentan la externalidad sin ser parte del mercado, aparte de que los que sí posean un automóvil se volverán más conscientes en el aspecto de sólo tener vehículos de combustión interna de ser requeridos. Reconocemos que existen limitantes para nuestra política, pero consideramos que no son muy significativas como para que la política fracase; consideramos que los posibles beneficios futuros podrían superar los costos presentes que pueda percibir la implementación de la política.

Referencias

Comisión Nacional del Agua. (s. f.). *Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia*.

<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

González, F. (2023). México registra las temperaturas más altas en América Latina. Recuperado el: 15/03/2024 de, <https://es.wired.com/articulos/mexico-registra-las-temperaturas-mas-altas-en-latinoamerica>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Natalidad y fecundidad*.

<https://www.inegi.org.mx/temas/natalidad/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Parque vehicular*.

<https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

Procuraduría Federal del Consumidor. (2018, 13 de junio). Verificación vehicular. El costo de no contaminar. Recuperado de, <https://www.gob.mx/profeco/documentos/verificacion-vehicular-el-costo-de-no-contaminar#:~:text=La%20verificaci%C3%B3n%20vehicular%20en%20M%C3%A9xico,mejorar%20la%20calidad%20del%20aire>

Wallace, R. (1995). Motor Vehicle Transport and Global Climate Change: Policy Scenarios.