

EL PROGRAMA DE RESTRICCIÓN VEHICULAR EN MEDELLÍN COMO INSTRUMENTO DE CONTROL A LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS*

Edison Vásquez Sánchez**
Paulo Cesar Pérez Lambráño***

RESUMEN

Se presenta una disertación acerca de la posibilidad de convertir el programa de restricción vehicular *Pico y Placa* aplicado en Medellín en un instrumento de mandato y control ambiental para disminuir los niveles de contaminación atmosférica causados por fuentes móviles. El fundamento de tal decisión puede derivarse del examen de balance costo-beneficio asociable al programa, considerando dos versiones, una

* Este escrito recoge y reinterpreta la esencia del resultado de la tesis titulada "Incidencia del programa de restricción vehicular *Pico y Placa* sobre las emisiones atmosféricas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá", presentada en el año 2008 por el Ingeniero Pérez Lambráño, bajo la dirección del Profesor Vásquez Sánchez, como requisito para optar al título de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo, programa adscrito a la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Recibido: 15/05/2009. Aprobado: 20/08/2009.

** Administrador de Empresas, Magíster en Economía de la Universidad de Antioquia, Profesor Asistente del Departamento de Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Coordinador del Grupo de Estudios Ambientales y Socio-Políticos -GRASP-. Correo: evasquez@unal.edu.co.

*** Ingeniero Sanitario, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Correo: pcperez@bt.unal.edu.co

de referencia o partida y otra de modificación o extensión de éste. La evaluación preliminar permite establecer que el programa representa una posibilidad de facto en el control de los niveles de contaminación atmosférica causados por fuentes móviles, sin embargo, limitantes en la disponibilidad de cierto tipo de recursos informacionales conducen a la parcialidad del ejercicio analítico, impidiendo concluir con rigor si la extensión del programa ofrece un beneficio neto que justifique su modificación en el sentido señalado, se presenta en su lugar un indicio de partida desfavorable a dicho presupuesto.

Palabras clave: contaminación atmosférica, congestión vial, restricción vehicular, movilidad urbana, análisis costo-beneficio, gestión ambiental.

ABSTRACT

This paper presents a dissertation about the possibility of converting the so called *Pico y Placa* vehicle restriction program applied in Medellín city in an environmental command and control instrument that allows lower levels of air pollution due to mobile sources. The basis for such decision can be obtained from a balance perspective between costs and benefits associated with the program, considering two versions of it, the former one as a base line and the extended one as the proposal of interest. After the survey the conclusion is that the extended program version represents a feasible option to mitigate air pollution caused by vehicles, however, some constraints mainly related with information availability lead to a partial evaluation exercise, which prevent to conclude whether extension of the program offers a net benefit that justify a modification in the indicated form, would have instead an adverse sign against this kind of proposal.

Key words: air pollution, traffic congestion, vehicle restriction, urban mobility, cost-benefit analysis, environmental management.

JEL: Q53, R41, R48 Q51, Q58.

Introducción

El programa de restricción vehicular "*Pico y Placa*" ha sido aplicado durante poco más de un cuatrienio en el municipio de Medellín con el fin exclusivo de mejorar la movilidad urbana, éste es susceptible de ser transformado en un instrumento de mandato y control ambiental en aras de contribuir favorablemente a la disminución de los niveles de contaminación atmosférica causada por las fuentes móviles en la ciudad, un problema diferenciado y conexo con el deterioro de la movilidad.

Restringir y/o regular la circulación de los vehículos incide directamente en el número de automotores que pueden ser usados para realizar desplazamientos en un lugar espacial determinado por un período de tiempo definido, de esta manera se evita que tal número de vehículos restringidos: i) circule por las vías disponibles prolongando los tiempos de desplazamiento de la movilidad realizada en aquellos vehículos no sujetos a restricción en tal lugar y periodo de tiempo, y ii) genere las emisiones contaminantes asociadas al uso de los mismos.

En Colombia los programas de restricción vehicular aplicados en algunas ciudades (Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Pereira, entre otras), han tenido como objetivo principal mejorar la movilidad, más no así controlar la contaminación atmosférica, en otros países este último carácter utilitario del programa ha sido considerado como una opción de mejora contingente frente al deterioro de la calidad del aire circundante a las urbes, que tiende a agravarse principalmente a causa de la mayor movilidad que se realiza en vehículos automotores durante ciertos períodos estacionales, períodos de invierno por ejemplo, y/o en franjas horarias determinadas, conocidas como horas pico, en las que suelen concentrarse el número de viajes hacia los lugares de trabajo o formación, o bien de retorno de éstos hacia los sitios de residencia. Se trata de un problema urbano en ascenso con costos asociados cada vez mayores en términos de salud, medio ambiente, y economía.

La aplicación de los programas de restricción vehicular en Colombia responde a iniciativas regulatorias de carácter estatal, que buscan hacer frente a problemas de deterioro de las condiciones de desplazamiento (movilidad) en algunas ciudades, la naturaleza de este tipo de programas imprime la posibilidad propia de los cambios del poder representado, que por la vía legal surten efecto imponiéndose como regla de juego a la ciudadanía, sin que necesariamente medien iniciativas de validación, por ejemplo, por medio de los cálculos de los beneficios netos que producen tal tipo de medidas, opción loable y compatible con el presupuesto de una institucionalidad que representa el sentir de la sociedad.

Las validaciones actuales para aplicar las modificaciones al programa *Pico y Placa*, especialmente en el caso de la ciudad de Bogotá, en la cual se ha extendido la aplicación de la medida a algo más de una jornada completa (14 horas/día) a partir de febrero de 2009

y por un término de dos años¹, se soportan con base en sondeos de percepción de la ciudadanía (encuestas telefónicas) sobre la aceptación de la medida, este tipo de mecanismo es susceptible de complementarse mediante reportes oficiales de los resultados que se vayan obteniendo del monitoreo sistemático en materia de movilidad y de abatimiento de la contaminación ambiental del aire en la ciudad, así la propia ciudadanía puede y debe informarse con más exactitud y decidir a futuro la conveniencia de las restricciones que deberá enfrentar, éstas tienen unos costos (sacrificios) y unos beneficios asociados, que es necesario presentar en una perspectiva ajustada de balance.

En el área de estudio, el municipio de Medellín, la principal causa de la contaminación del aire son las emisiones producidas por el parque automotor, o fuentes móviles. Estudios recientes dan por sentado un costo representativo en términos de mortalidad y de morbilidad de este tipo de contaminación en las zonas urbanas. Se trata de un tema que suscita debate, está lejos de agotarse por una vía regulatoria de objetivo unidimensional, y con gran probabilidad resulta representativo en la agenda de quienes estén interesados en el diseño de la política pública ambiental local.

El sondeo que se pueda obtener de la respuesta a la pregunta: ¿Es adecuado transformar el programa *Pico y Placa* en un instrumento de mandato y control ambiental en el área de estudio elegida?, resulta ser el centro de atención².

El interés descrito conlleva a elegir un escenario metodológico, en éste se acoge la perspectiva de evaluación resultante de identificar y confrontar algunos de los costos con algunos de los beneficios asociados al programa en dos posibles versiones, la de referencia o vigente hasta julio de 2008, 4 horas en dos franjas horarias pico, un día por semana por vehículo, es la denominada versión del programa a dos placas por día, y la de modificación o propuesta de extensión del programa a 14 horas por día, un día por semana por vehículo.

Se concluye que el programa de restricción vehicular transformado representa por su naturaleza una posibilidad costo-efectiva de control a los niveles de contaminación atmosférica en Medellín, sin

1 El Espectador. Enero 24 de 2009. "Pico y Placa en Bogotá será por todo el día, desde el 6 de febrero" [En línea]. Disponible en Internet: <<http://www.elespectador.com/node/87118/print>>. (Consulta: febrero 11, 2009).

2 No sobra hacer explícito que tal pregunta acota la unidad de análisis.

embargo, limitantes en la disponibilidad de cierto tipo de recursos, especialmente de alcance y refinación en la información, conducen a la parcialidad del ejercicio de evaluación, lo que impide concluir con rigor si la extensión del programa, una vez valorados los aspectos a considerar, ofrece un beneficio neto tal que justifique una modificación del mismo en el sentido señalado, sólo habría un débil indicio de partida en favor de ello, justo al considerar el potencial resultado tras la resolución de las limitantes encontradas.

A continuación se presentan cuatro secciones en las cuales se estructura el análisis realizado en torno al problema de interés. En la sección dos se establece la relación entre dos fenómenos, si bien diferenciados, relacionados entre sí, la demanda por movilidad, un factor dinamizador de la contaminación atmosférica en las áreas urbanas; en la sección tres se presenta el escenario contextual relativo al control de la contaminación atmosférica causada por las fuentes móviles mediante la restricción vehicular; en la sección cuatro se ajustan a un marco metodológico los presupuestos hipotéticos y conceptuales de las secciones previas, al considerar la perspectiva del programa de restricción vehicular *Pico y Placa* en el escenario de control a la contaminación atmosférica en el área de estudio elegida; en la sección cinco se traza un límite forzoso e imaginario a la disertación acerca del tema, a modo de comentario final, con cierto carácter arbitrariamente conclusivo.

La demanda de movilidad como factor dinamizador de la contaminación atmosférica en áreas urbanas

La movilidad en el contexto organizativo de la sociedad de consumo es una condición necesaria para alcanzar un cierto nivel de bienestar, es una necesidad sentida, especialmente dentro de las zonas urbanas, donde habita gran parte de la población de casi cualquier país del mundo.

Cerca de tres cuartas partes de la población colombiana vive en zonas urbanas³, y desde éstas, las personas acceden a los lugares de trabajo, de formación, de adquisición de bienes y de servicios, de residencia, usualmente tras desplazarse haciendo uso de algún medio de transporte motorizado, que en mayor o menor proporción usa combustible proveniente de fuentes fósiles. No sobra recor-

3 DANE. 2005. "Censo General 2005" [En línea]. Disponible en Internet: <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/resultados_am_municipios.pdf>. (Consulta: febrero 08, 2009).

dar que a tales lugares deben llegar previamente los inventarios de materia-energía de que están hechos, incluidos aquellos que serán objeto de transformación, transacción, consumo, desecho, todos deben ser transportados en sentido horizontal⁴, siendo el transporte motorizado el medio recurrente.

El mundo occidental considera un signo de desarrollo el consumo de energía obtenida de fuentes fósiles, y de cualquier otro tipo, tanto más cuanto más alto sea tal consumo, ello presupone mayor dinámica de la producción y del consumo. La movilidad en medios de transporte motorizados demanda un consumo energético notable y forma parte del presupuesto global de bienestar social y económico deseado.

En sí misma tal movilidad difícilmente representa un servicio deseado⁵ o una necesidad efectiva a ser satisfecha, se trata de una necesidad intermedia, forzosa, transversal y complementaria del macro-proceso lineal de producción-consumo-descarte de bienes-servicios que rige en la esfera mercantil. El desplazamiento de la materia-energía usada para crear bienes-servicios objeto de consumo suele registrarse a modo de costo, una fracción integrante del precio final que los consumidores deberán cubrir.

La movilidad efectuada a través de vehículos que usan gasolina, diesel (ACPM), o gas natural comprimido vehicular (GNC ó GNV) como combustible, trae aparejada consigo otro tipo de costos, a modo de externalidades, usualmente poco visibles, y aún siéndolo, no valoradas monetariamente en el sistema de mercado.

Las externalidades han sido definidas en la economía ambiental, campo de análisis especializado de la disciplina económica, como los cambios positivos o negativos en el bienestar de una persona, que sin haber sido partícipe de las iniciativas de consumo o producción de otra persona, termina afectada por las acciones de referencia de ésta última. Lo usual es que dichas acciones estén encaminadas a hacer uso de bienes y/o servicios del ecosistema, bajo la función de sumidero de desechos que éstos pueden cum-

4 Véase Naredo (2006: 47-64) para un entendimiento en detalle del sentido horizontal de desplazamiento de materiales y sus implicaciones.

5 Probablemente los viajes de turismo sean una excepción, el servicio referido usualmente no es el epicentro de consumo, incluso quienes necesitan movilizarse en el contexto de una rutina por lo regular evitan extender el tiempo "muerto", en sentido económico y de bienestar, e intentan minimizar el esfuerzo que presupone tal tipo de operación, ello no elimina la naturaleza aditiva de la operación al presupuesto de consumo total.

plir, caso del aire⁶ o de las corrientes de agua, el sistema de mercado rara vez contabiliza el deterioro por uso de éstos recursos, son catalogados en gran medida como bienes comunes o bienes públicos, de libre acceso ambos tipos, por tanto, los derechos de propiedad sobre éstos usualmente no se encuentran establecidos, de ahí que su uso no pueda ser objeto de arreglos entre agentes involucrados a modo de compensaciones económicas y se requiera de la intervención de un tercer agente (agencias de carácter estatal) que haga las veces de regulador al respecto. En caso de presentarse la compensación debida se dice que la externalidad ha sido asumida, internalizada (Azqueta, 2002: 29-52; Field y Field, 2003: 233-255).

El mayor flujo vehicular para atender la movilidad no debería conllevar un costo notable en términos de congestión si se considera la posibilidad de evolución paralela de la oferta en la infraestructura vial. Los estándares internacionales convergen en estimar como requisito necesario para un desempeño satisfactorio del transporte en las zonas urbanas alcanzar una malla vial que represente entre el 15% y el 25% del área urbana⁷.

La mayoría de municipios colombianos está por debajo de tal estándar propuesto, Medellín en particular es una excepción al ubicarse en el intervalo mencionado, su área urbana son 110km², 17.3% de los cuales corresponden a vías, sin embargo, al ser parte integrante de una región metropolitana el nivel medio, el porcentaje que se alcanza no supera el 12% (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005 y 2006: 256-260; Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín, 2008).

La mayor parte de la circulación de los vehículos de ésta región confluye en las vías de Medellín por ser este un eje económico y administrativo ubicado justo en el centro geográfico del Valle de Aburrá donde se asienta la metrópolis, compuesta por diez municipios, dicha confluencia relativiza el indicador de disponibilidad de vías en el municipio.

6 Mezcla gaseosa, compuesta esencialmente por nitrógeno (78%) y oxígeno (21%), la cual forma la atmósfera terrestre, sus propiedades relativas de calidad pueden ser perturbadas transitoriamente por la emisión de gases o partículas en cantidades tales que, por sus características de naturaleza, concentración y duración, tienden a ser nocivas para las condiciones de salud de los organismos vivos y/o para los diversos bienes o equipamientos materiales expuestos (Fraume, 2007; Miller, 1994: 635-665).

7 Parámetros del Banco Mundial referenciados en AMVA (2006).

Es usual que las condiciones de evolución de la infraestructura vial disponible, traducida en una red de carriles de circulación, sus características y aditamentos inherentes, la información disponible, las instituciones y los instrumentos de regulación y control de la actividad del sistema vial y de transporte, dispuestos para atender la mayor demanda de movilidad, no compensen la dinámica de esta última, generándose progresivamente un brecha, un deterioro consecuente.

En algunas ciudades colombianas tal brecha es cada vez más marcada, y suele traducirse en una congestión vial creciente causante del aumento del tiempo medio de desplazamiento, un indicador contundente del deterioro de las condiciones de movilidad urbana, su debida valoración, no necesariamente en términos monetarios, quizá sea el costo más visible del problema en cuestión.

La diversificación y la mayor oferta de servicios crediticios, la oferta de vehículos a precios más accesibles, los ritmos de aumento del ingreso medio *per capita*, y las demandas de movilidad inherentes al proceso de expansión y de densificación urbana inciden de modo positivo en la adquisición de un mayor número de vehículos, en franca competencia por el uso de las vías públicas de circulación, lo cual se traduce en incrementos de la congestión vial.

Adicionalmente, un mayor número de vehículos en circulación intensifica el uso de las vías, lo cual acelera el proceso de deterioro de las mismas. Si los recursos invertidos en mantenimiento, provenientes de diversos impuestos aplicados especialmente a los automotores y los combustibles, no compensa el deterioro vial, el resultado previsible es un déficit aún mayor, un aumento adicional de los tiempos de desplazamiento. Otro factor que resta movilidad, o de modo equivalente contribuye al congestionamiento, es el aumento de la edad media del parque automotor, su efecto se presupone despreciable frente al déficit y el deterioro de las vías, pero resulta ser un factor relevante en materia de contaminación atmosférica (Sterner, 2007: 269-295).

La congestión, entendida como interacción social en la cual la participación de cada individuo reduce la velocidad del servicio recibido por otros usuarios (Shy, 1995: 437-457), trae consigo en el terreno vial costos de diversa índole a modo de externalidades. El aumento del tiempo de desplazamiento es tan solo uno de ellos, el valor del tiempo perdido por un usuario en particular es una fracción internalizada del costo que representa la contribución a la congestión que éste genera, lo usual es que dicho usuario

contribuya a pérdidas de tiempo de los demás usuarios por valor superior, es decir, transfiere costos al resto de la población, sin que haya lugar a compensaciones por ello (Polése, 1998: 107-141).

Eventualmente se presentan aumentos en los niveles de insatisfacción, de estrés, de accidentalidad, de contaminación atmosférica o acústica, todo esto presupone un mayor costo de la movilidad, y por tanto, un sobre costo de casi cualquier actividad socioeconómica, del cual se desconocen estimaciones netas en el contexto colombiano.

Un mayor número de vehículos en funcionamiento eleva por agregación las emisiones de gases contaminantes y favorece por esta vía las condiciones de concentración de los mismos, de igual modo induce a un nivel mayor de congestión vial, en presencia de ésta los automotores deben permanecer más tiempo en funcionamiento incrementando así las emisiones, más aún si los vehículos son de edad avanzada. El incremento y la consecuente concentración de las emisiones de gases contaminantes y de material particulado en la atmósfera urbana resulta ser, por sus consabidos efectos en la salud humana, la externalidad ambiental negativa más significativa (Larsen *et al.*, 2006: 115-165; CONPES, 2005).

Entre los gases subproducto del uso de combustibles fósiles se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), los óxidos de azufre (SO_x), los hidrocarburos (HC), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el monóxido de carbono (CO), este último, aunque inestable, volátil y difícil de medir resulta especialmente letal por impedir la absorción de oxígeno, los restantes por causar daños e infecciones respiratorias y contribuir a la lluvia ácida, la formación de humo y al calentamiento global del planeta. Otro tipo de subproductos contaminantes son el material particulado en suspensión (PST), y el material particulado de un tamaño de 10 micras (PM_{10}) o inferior, los cuales causan enfermedades respiratorias. Los NO_x y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) al entrar en reacción fotoquímica contribuyen a la formación de ozono, un gas irritante, oxidante, tributario principal de la capa grisácea de humo fotoquímico. Al igual que los SO_x , el PM_{10} se asocia principalmente al uso de diesel, en tanto los NO_x y el CO se asocian del uso de gasolina (Fraume, 2007; CONPES, 1991; Canter, 1998: 177-229).

Estos subproductos contaminantes inciden directa e indirectamente en la productividad de las personas, lo que afecta finalmente las posibilidades de crecimiento económico de un país. En Colombia se ha reconocido a las fuentes móviles como la principal causa de

contaminación atmosférica en las ciudades⁸, entre un 80% y un 86% de tal contaminación proviene del transporte terrestre, y se estima que el costo medio de dicha contaminación atmosférica en zonas urbanas llega a representar un 0.8% del Producto Interno Bruto anual, cerca de 3 billones de pesos en la actualidad, de los cuales el 65% se asocia a costos de mortalidad y el restante 35% a costos de morbilidad (Larsen *et al.*, 2006; Morgenstern y Sánchez-Triana, 2006: 209-261; CONPES, 2005).

En este escenario la movilidad de la población por medio de sistemas de transporte masivo movidos con hidroelectricidad, u otra fuente energética "más limpia" en relación a los combustibles fósiles tradicionales, como ocurre en el caso de Medellín y el Área Metropolitana a la que este municipio se circunscribe, aparece como una solución ideal, a su vez costosa e insuficiente para cubrir las demandas diversas y dispersas de cerca de 3.3 millones de personas⁹. Aceptar este presupuesto conduce a visualizar la vigencia que mantendrá el problema descrito líneas atrás y la presencia que deberá mantener en la agenda de trabajo de quienes diseñan la política pública ambiental.

Control a la contaminación atmosférica causada por fuentes móviles mediante la restricción vehicular

El control a la contaminación atmosférica en las ciudades provocada por las emisiones de gases contaminantes derivadas del consumo de combustibles fósiles que hacen las fuentes móviles puede realizarse mediante la aplicación de programas de restricción vehicular (Gwilliam *et al.*, 2003).

En Colombia esta posibilidad sólo representa un escenario teórico, aún no se traduce en una necesidad, quizá por un plazo no superior a dos décadas cuando el parque automotor se haya duplicado en las principales ciudades, ahora el foco de atención gira en torno de aplicar este tipo de programas como solución unidimensional al problema visible de deterioro de la movilidad urbana, este tipo de solución no puede ser más que transitoria frente a un problema estructural en expansión, cual es el déficit de vías disponibles, adjuntando el faltante presupuesto de planeación y de financia-

8 Véase Uribe, Juan. "Lo que el humo se llevó". En: El Tiempo, Bogotá. (09, nov., 2005), 1-9, c. 4.

9 DANE, *op cit.*

ción de las obras requeridas, así como de gestión vial urbana que optimice el uso de las mismas.

Al hacer frente al aumento de la congestión vial que restringe la celeridad de la movilidad en los centros urbanos, las administraciones de los entes territoriales circunscritos a dichos centros han acudido a la aplicación de medidas de mandato y control decretando restricciones sistemáticas a la circulación de los vehículos.

Una medida de mandato y control es aquella que diseña y aplica por medio del sistema legal una agencia reguladora, usualmente de carácter estatal, a fin de inducir un comportamiento considerado socialmente deseable, habida cuenta de los beneficios sociales netos que se presume reporta la conducta objetivo. Como ocurre en el caso de las normas, es necesario crear los mecanismos de fiscalización de cumplimiento y los de castigo para quienes probadamente infrinjan la norma (Field y Field, 2003). Tal es el caso de los programas de restricción vehicular.

La aplicación de los programas de restricción vehicular se ha justificado por su potencia para incidir directamente en el número de automotores, que pudiendo ser usados para realizar desplazamientos en un lugar determinado y por un período de tiempo definido, quedan impedidos para circular por las vías disponibles, so pena de la sanción a que se exponen en caso de ser sorprendidos incumpliendo con la restricción impuesta¹⁰, facilitando así la movilidad realizada en los vehículos no sujetos a restricción en tal lugar y período de tiempo.

Este tipo de programas se inicia en Colombia en agosto del año 1998, al aplicarse el programa "Pico y Placa" en Bogotá, ciudad donde se estimaba que circulaban cerca de 1.2 millones de vehículos diarios, esta cifra se estima cercana a 1.5 millones en la actualidad. El programa contempló una restricción de circulación de cuatro horas por día de los vehículos particulares, distribuidas en dos franjas horarias, una en la mañana y otra en la tarde, bajo una modalidad de rotación diaria asociada al último dígito de la placa, de modo que a cada vehículo le correspondía a la semana dos días de restricción. Con el Pico y Placa se ha pretendido alcanzar una restricción en la circulación del 40% de los vehículos particulares en la ciudad¹¹.

10 Infracción por valor de un salario mínimo legal vigente e inmovilización del vehículo en el horario de restricción.

11 El Espectador, *op cit.*

Al cabo del primer cuatrienio de aplicación del programa la Secretaría de Tránsito de Bogotá estimó que la velocidad promedio de desplazamiento aumentó en 20% (Gwilliam *et al.*, 2003). En el año 2001 el programa sufrió modificaciones a fin de extender la cobertura al transporte público (taxis, buses y microbuses). Tras una década de aplicación del *Pico y Placa* la evaluación de la ciudadanía y de la administración local acerca del resultado del programa en relación a su objetivo tiende a ser favorable, este resultado aunado al hecho factual de evolución del deterioro de la movilidad ha inducido a propuestas de ajuste, específicamente de ampliación y modificación de las franjas horarias del programa, hasta llegar a la restricción actual de 14 horas/día, incluso pasando por propuestas de exención de la restricción para la modalidad de transporte público lograda con esfuerzo en el 2001, lo cual se consideró en su momento un retroceso.

Frente a los retos del deterioro expansivo de la movilidad en las ciudades colombianas, pronto se hizo necesario replicar el *Pico y Placa* en la ciudad de Medellín. Considerando como referente la experiencia "*positiva*" de la capital colombiana se adopta en febrero del 2005, mediante el Decreto 0097, una variante poco disímil del programa pionero en el país, cuyo objetivo ha sido disminuir la circulación del 20% de los vehículos particulares y un 10% de los vehículos de transporte público individual (taxis) (Alcaldía de Medellín, 2005).

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá el parque automotor ha crecido en los últimos cuatro años a una tasa media del 10.7%. De este incremento cerca de ocho puntos porcentuales se explican por la dinámica de las motocicletas. Al igual que en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en Medellín la tasa de crecimiento de los vehículos descontando las motocicletas está cercana al 3% anual. En 2007 el número total de vehículos matriculados en el AMVA asciende a cerca de 700 mil, de los cuales un 36% corresponde a motocicletas, 48% a automóviles, incluidos los de transporte público (taxis), y el 16% restante corresponde a vehículos de mayor tamaño; del total de vehículos matriculado se calcula que 0.5 millones circulan a diario realizando el 70% de su recorrido diario en el Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005; Alcaldía de Medellín, 2005; Contraloría General de Medellín, 2006: 87-104; Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín, 2008 y 2009).

A un cuatrienio de aplicación del programa es escaso lo que se ha publicado acerca de estimativos de los logros alcanzados en términos de la velocidad media de desplazamiento, o bien de sondeos que se hayan realizado a fin de chequear la aceptación del programa en relación con su objetivo, no obstante, en 2009 los días de restricción se duplicaron pasando de uno a dos días para cada placa, con jornadas de cuatro horas por día distribuidas en dos franjas horarias, una en la mañana y otra en la tarde en las cuales se presentan los picos de la congestión vial, quedando sujetas a la restricción cuatro tipos de placas en lugar de dos por día, la Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín (2008) estima que la restricción cobija el 34% de los vehículos, esta misma Secretaría estima que el ahorro medio de aplicar el *Pico y Placa* en tiempo de viaje por cada vehículo no sujeto a restricción se acerca a los 5.5 minutos.

La Encuesta de Percepción Ciudadana 2008 aplicada a una muestra de residentes del municipio de Medellín indagó por la estimación que éstos tienen acerca de la variación en el tiempo de desplazamiento a su lugar de trabajo y/o de estudio en el último año, el resultado indica que un 23% de los encuestados percibe que tal tiempo se incrementó, un 63% lo percibe invariable, un 14% percibe un decrecimiento. Comparativamente estos resultados respecto a los de 2007 presentan poca variabilidad (Proyecto Medellín Como Vamos, 2008).

La tendenciosa pretensión de convertir el programa en la panacea contingente de solución al problema estructural señalado, que por demás ha sido previsible, representa un cierto equívoco, no se resuelve el problema de fondo, la congestión vial sigue en su lugar, la solución se aplaza, el equívoco está en el envío de una señal errática que hace presuponer el encuentro de una solución sostenible y costo-efectiva al problema identificado, cuando lo que se tiene a mano es un indicio de no incremento de una externalidad derivada de la congestión, cual es el aumento de los tiempos de desplazamiento, haciendo uso o desgaste progresivo de un instrumento de política de valía para enfrentar una externalidad correlacionada, de notable costo y que previsiblemente se intensificará: la contaminación atmosférica en áreas urbanas específicas y por períodos de tiempo específicos.

El mecanismo de mandato y control bajo el que opera el programa de restricción vehicular puede usarse de modo más legítimo por su precisión y bajo costo de aplicación en la regulación (normali-

zación) de los niveles de contaminación atmosférica en los centros urbanos en situaciones contingentes, valga decir, en períodos de previsible elevada concentración de gases contaminantes con probado riesgo de daño a la salud. Las administraciones de Ciudad de México y de Santiago de Chile han acudido a este tipo de medida a fin de regular los picos de concentración de contaminantes en sus zonas urbanas.

En el primer caso el programa se inicia a partir de una iniciativa ciudadana de carácter voluntario y se torna obligatorio a partir de 1989 bajo el nombre "Hoy No Circula", instrumento éste de restricción a la circulación con fines ambientales, a través del cual se ha establecido la meta de evitar la emisión de 30.000 toneladas anuales de contaminantes, la naturaleza del programa ha implicado discriminar entre vehículos nuevos y aquellos con más de dos años, sujetos a revisión periódica de los niveles de emisión, a fin de determinar si quedan exentos de la restricción en caso de cumplimiento con las normas de emisión de contaminantes, o si deben dejar de circular un día por semana en caso contrario, tal como lo deben cumplir de manera obligada todos los vehículos que sobrepasan los diez años de antigüedad. Con acierto, la edad del vehículo es una variable crítica a considerar en la optimización de la aplicación del programa, dada su relación directa con el volumen de emisiones contaminantes, este tipo de relación varía según la caracterización que pueda establecerse de los desempeños de las tecnologías usadas en las condiciones particulares de cada país (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

En Chile la restricción vehicular comienza a operar desde 1986 con el fin de atender una emergencia de contaminación atmosférica por material particulado respirable (PM_{10}) en la Provincia de Santiago en el período invernal. Con base en el resultado positivo alcanzado tras cerca de un quinquenio de aplicación de la medida bajo este objetivo se decidió su extensión a un mayor número de meses del año. La restricción se aplica a todos los vehículos motorizados sin convertidor catalítico y comprende un período diario de 12 horas para vehículos particulares, 8 para el transporte de carga y 6 para el transporte público, en diversos horarios por modalidad (CONAMA, 2007; CONAMA y SCL Econometrics, 2007).

La experiencia en algunas ciudades latinoamericanas y la naturaleza de los programas de mandato y control dibujan las posibilidades de control a la contaminación atmosférica causada por fuentes móviles mediante la restricción vehicular, este tipo de decisión tiene un balance de resultado que es necesario examinar.

Perspectiva del programa Pico y Placa en el escenario de control a la contaminación atmosférica

Es deseable evaluar el *Pico y Placa* en términos de los costos y los beneficios asociados en el escenario de mutación a un programa de mandato y control cuyo objetivo central sea evitar la emisión de determinada cantidad de toneladas de cierto tipo de gases contaminantes emitidos por las fuentes móviles, al incrementar las horas de restricción a una jornada de 14 horas un día por semana por vehículo, sin excluir el objetivo complementario, aunque marginal, de reducir el efecto de la externalidad causada por la variación en los tiempos de desplazamiento.

Sea cual fuere(n) el(los) objetivo(s) de un programa de política pública, la población a la cual se compromete con el mismo deberá asumir el resultado de su aplicación, tal es función de las características del mismo y de la(s) alternativa(s) disponible(s). Se asume un costo con la esperanza de ser receptor de un beneficio neto a cambio, el papel del incentivo económico y el presupuesto de la racionalidad económica de los individuos de elegir las alternativas más rentables o de mayor impacto en el bienestar no pueden desecharse con facilidad en un mundo mercantil, están presentes como condicionantes en la toma de decisiones y en la actuación de gran parte de los individuos.

El ejercicio de confrontar los costos de un cambio determinado con los beneficios del mismo representa una herramienta sencilla, pero útil para formarse juicios de valor sobre la certeza de las decisiones en juego.

El Análisis Costo Beneficio (ACB) como método comparativo de evaluación agregada, ofrece la posibilidad de formalizar el ejercicio referido, el inconveniente es que la realización del ejercicio se torna costosa en términos de los recursos requeridos, especialmente de información, los cuales no siempre están disponibles, ello explica en parte su discreta aplicación o su marcada limitación en las aplicaciones empíricas (Barba-Romero y Pomerol, 1997; Azqueta, 2002).

La consideración expuesta cobra un sentido pragmático en términos del análisis pretendido, signando un alcance limitado en los resultados, que no es pretexto para justificar el aplazamiento de la búsqueda de respuestas.

Interesa *aproximar* el valor del beneficio marginal social por la menor emisión de algunos contaminantes: SO_2 , NO_2 , material particulado en suspensión, como el PM_{10} , habida cuenta de su impacto sobre la salud pública. La medición económica de éste beneficio social adicional debería conllevar al uso de instrumentos de construcción de valor económico, pero la realización de los estudios primarios de valoración económica ambiental respectivos, aunque deseables en la ciudad analizada, resulta ser de costo elevado, cuasi-prohibitivo, al margen del alcance deseado. En ausencia de este insumo se acude a la transferencia de beneficios.

Ésta consiste en transponer los resultados de estudios realizados en otro lugar (sitio de estudio), a fin de obtener la estimación del valor económico de los cambios en la cantidad y/o calidad de un bien o servicio ambiental con características similares en un lugar específico (sitio de política), para ello se toman los valores de una situación biofísica y económica en un espacio y tiempo determinado y se transfieren a otra situación de interés (Brouwer, 2000; Spash y Vatn, 2006).

Los estudios empíricos bajo este enfoque particular comenzaron a aplicarse con fuerza a principios de la década de los 90's en el campo de los recursos naturales. La razón más atractiva para aplicarlo desde escenarios conocidos a otros de interés fue y sigue siendo lo costo-efectivo del procedimiento, en efecto, una entidad reguladora probablemente se interesará en acudir a procedimientos que le permitan estimar con relativa rapidez y bajo costo los parámetros de valor asociados a algún aspecto de un programa de política pública que desea evaluar, sin necesidad de asignar recursos a nuevos estudios primarios de valoración, especialmente cuando se trata de bienes o servicios sin mercado, como los recursos naturales, cuando éstos resulten afectados por la aplicación del programa en cuestión y su afectación tenga consecuencias en el bienestar de un segmento de población usuaria de tal recurso.

Existen varias formas de realizar la transferencia de resultados desde un sitio de estudio p a uno de política q . Bajo la forma *valor medio ajustado* se transpone la disponibilidad a pagar (DAP) media por un cambio en relación con un bien o servicio ambiental, tras considerar el respectivo ajuste a que debe dar lugar el diferencial de ingreso *per cápita* entre la población del sitio de estudio (Y_p) y aquella del sitio de aplicación de política (Y_q), dada la presunción de relevancia de ésta variable en la determinación de la DAP.

En el campo de la economía ambiental una disposición a pagar positiva por un bien o servicio indica que éste genera un beneficio, es decir, se opera bajo la presunción de que se valora positivamente aquello que genera un cierto bienestar (Spash y Vatn, 2006; Labandeira *et al.*, 2007: 200-212).

Formalmente la transferencia de beneficio por esta vía corresponde a tomar en consideración el valor de un cambio en la cantidad o calidad de bien o servicio ambiental obtenido mediante la siguiente equivalencia, en la que η es la elasticidad-ingreso de la DAP (Labandeira *et al.*, 2007):

$$DAP_q = DAP_p \left[\frac{Y_q}{Y_p} \right]^\eta \quad (1)$$

Se podría incluir del lado benéfico de la balanza que presupone modificar el *Pico* y *Placa* un estimativo del valor de la reducción de la accidentalidad asociada a la modificación propuesta, de la reducción del subsidio estatal al combustible tradicional dejado de consumir por los vehículos inmovilizados, en tanto que del lado de los costos se podría incluir la pérdida de dinamismo económico en el comercio, la industria automotriz y otras de servicios conexos por la variación (extensión) de los tiempos de restricción. Basta enunciar estas posibilidades para imaginar los esfuerzos requeridos de valoración que permitan acceder de manera completa al análisis, de este modo el contrapeso de la parcialidad se dibuja en la versatilidad por la que apuesta el presente análisis.

Líneas adelante se retomará nuevamente la faceta benéfica del programa *Pico* y *Placa*, tras identificar y parametrizar antes de ello algunos de los costos o sacrificios comparativos del programa. En esta perspectiva se considera la estimación del Costo Neto Parcial (CNP) resultante de la suma entre: i) El Costo Asociado (CA), compuesto por el valor de movilización en un medio de transporte alternativo al vehículo sujeto a restricción, incluido el ajuste diferencial del tiempo de desplazamiento, y ii) El Ahorro Asociado (SA), compuesto por el valor del consumo evitado de combustible durante el tiempo en que se aplica la restricción vehicular, sumando el estimativo del valor económico del tiempo de viaje ahorrado en promedio por las personas que se movilizan en vehículos no sujetos a la restricción.

$$CNP = CA + SA \quad (2)$$

Se debe tener presente que SA constituye en realidad un beneficio del programa, por lo tanto su signo en relación a la equivalencia descrita en la ecuación anterior es de carácter negativo. CA y SA se describen y especifican en términos de las variables y de los parámetros descritos a continuación (CONAMA, 2007; CONAMA y SCL Econometrics, 2007):

$$CA = (1 - i_{nf}) \cdot Vhr \cdot (P_p + P_t \cdot dt) \cdot O_{vh} \cdot Vj_n \cdot tr \quad (3)$$

El número de vehículos restringidos por día (Vhr) es de 42300 con la versión de referencia del programa a dos placas por día, la cual se traduce en una restricción de un día por semana por vehículo, se controla previamente por un estimativo del porcentaje de vehículos que salen de circulación todo el día ($1 - i_{nf}$), que contribuyen al hipotético objetivo ambiental del *Pico y Placa* de evitar emisiones atmosféricas contaminantes, aunque el objetivo sea hipotético el beneficio del programa en este sentido es efectivo. Tal estimativo se define como uno menos el porcentaje de vehículos que infringen (i_{nf}) ambientalmente la medida, 5% bajo el supuesto de que el programa se modifique a 14 horas por día por vehículo, un día por semana, y 78% bajo la versión de referencia¹².

Las restantes variables en CA son: el precio del pasaje (P_p), a las tarifas vigentes en los medios de transporte alternativo al vehículo sujeto a restricción, discriminado en las modalidades taxi (\$3500) y metro (\$1400), el valor económico del tiempo (P_t) de desplazamiento en un medio de transporte cualquiera, estimado como una fracción arbitraria (0.5) de la remuneración por hora laborada (\$3313.6)¹³, y que se presupone es inferior a la fracción de valor del tiempo de ocio (Azqueta, 2002), el diferencial de tiempo (dt) de desplazamiento alcanzado por medio del vehículo sujeto a restricción y aquel alcanzado en el medio de transporte alternativo usado, la tasa de ocupación de los vehículos definida como el número medio

12 Resultado del sondeo de opinión realizado en desarrollo de la tesis "Incidencia del programa de restricción vehicular Pico y Placa sobre las emisiones atmosféricas en el Área Metropolitana Del Valle De Aburrá", encuesta aplicada a 200 propietarios de vehículos bajo muestreo no probabilístico (intencional), tal porcentaje de vehículos dejan de circular todo el día aún cuando la restricción a que están sujetos es de solo de 4 horas por día en la franja de mayor congestión (horas pico).

13 Cálculos propios con base en registros encontrados en:

i) Proexport Colombia. "Panorama Económico Medellín-Antioquia: Información Regional" [En línea]. Disponible en Internet: <<http://www.proexport.gov.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=7658&IDCompany=16>>. (Consulta: abril 16, 2009).

ii) Dinero. 2009. "Indicadores", (322): 94; iii) The World Bank (2007).

de personas que se desplazan en cada vehículo (O_{vh}), estimado en 1.2, el número promedio de viajes por personas por día (Vj_n), estimado en 2.4¹⁴, y el tiempo expresado en número de días al año en que se aplica la restricción (t_r), 250 aproximadamente al descontar los sábados, domingos y días festivos.

$$SA = (1 - i_{nf}) \cdot Vhr \cdot Vh_{Km} \cdot \frac{P_G}{R_{Km}} \cdot tr + (Vh_T - Vhr) \cdot O_{vh} \cdot Vj_n \cdot d_{St} \cdot P_t \cdot tr \quad (4)$$

En SA las variables no identificadas en las líneas previas son: la actividad vehicular (Vh_{Km}), entendida como el número de Km/día recorridos por vehículo, ésta es función de la edad del vehículo como se ilustra en la Tabla 1, el promedio ponderado resultante es de 36.1 Km/día. El precio del combustible (P_G) o valor de un galón de gasolina corriente (7603.08)¹⁵, el rendimiento vehicular (R_{Km}) expresado en kilómetros por galón de gasolina recorridos en promedio (28.1)¹⁶. En el segundo término de la ecuación se tiene el diferencial entre el número de vehículos del parque automotor (Vh_T) de la unidad de análisis y los sujetos a restricción, el ahorro de tiempo promedio por viaje por día (d_{St}) para la población que se moviliza durante la aplicación del *Pico* y *Placa*, 5.5 minutos.

TABLA 1: Nivel de actividad vehicular por tipo de vehículo.

Tipología j de vehículo según el rango de edad	Rango de edad del vehículo	Peso % en el parque automotor del AMVA en 2006	Actividad vehicular (Km/día)
A	$v > 1986$	69.4	40
B	$1979 < v \leq$	17.5	30
C	$1970 < v \leq$	9.4	25
D	$v \leq 1970$	3.7	20

Fuente: Adaptación a partir de los registros encontrados en AMVA

14 Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín (2008).

15 Cálculo propio con base en registros encontrados en: Unidad de Planeación Minero Energética -UPME-. "Serie de Tiempo por Ciudad Mensual - Período 01/01/2008 a 31/12/2008 - Tipo Serie Precios - Grupo Serie Máximo - Variable Gasolina Corriente" [En línea], Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/consulta_series.aspx?idModulo=3&tipoSerie=4&Consulta=301>. (Consulta: abril 20, 2009).

16 Cálculo propio con base en registros encontrados en:

i) Acevedo, Carlos, y Juan Carlos Alvarado. 2001. "Gas natural: alternativa ecológica para el transporte de Colombia en el siglo XXI" *Tecnológicas*, (6): 119-130.

ii) Revista Acogas. 1993. "Uso del gas natural comprimido (GNC) para automotores en Colombia". (7): 8-12.

(2006).

El AMVA (2006) estima el recorrido promedio de un vehículo en 50Km/día, es decir, 18250Km/año, algunas comercializadoras sugieren una revisión técnica del automóvil cada 10000Km o cada año, el evento que ocurra primero. Considerando estos criterios se define en la Tabla 1 de modo arbitrario cada parámetro entre los rangos identificados. Tras considerar que un vehículo del tipo D recorre la mitad de uno del tipo A, lo cual resulta razonable, la proyección es en general conservadora al no sobrepasar en ningún caso los 40Km/día, a fin de evitar sobredimensionar el efecto benéfico del *Pico y Placa* en términos de la mejora en la calidad ambiental al evitar emisiones contaminantes.

La estimación de la tasa de emisión másica, en gr/Km, de un contaminante c generado por un vehículo de tipología j y potencia k (E_{cjk}), se obtiene al multiplicar la actividad de dicho vehículo (Vh_{kmjk}) por el factor de emisión del contaminante c correspondiente al mismo (FE_{cjk}) en función de la velocidad por hora (σ). La emisión total (ET_c) resulta de agregar tales productos para un número N de vehículos en cada año τ , tal como lo indica la siguiente ecuación (Sanhuesa *et al.*, 2004):

$$ET_c^\tau = \sum_{i=1}^N Vh_{kmijk}^\tau \cdot FE_{cijk}^\tau (\sigma) \quad (5)$$

El resultado del estudio realizado por el AMVA (2006) indica que la velocidad promedio varía entre franjas horarias, en aquellas próximas a la aplicación del *Pico y Placa* (06:00-08:00 y 17:00-19:00) ésta se aproxima a los 32Km/h, en las franjas horarias restantes se estima próxima a los 45Km/h, tal diferencia se relaciona con la variable FE_{cjk} , como se indica en la Tabla 2, y es consistente con lo encontrado en el informe de la *Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín (2008)* en términos del porcentaje de diferencia en la velocidad resultante de aplicar el *Pico y Placa* (σ aumenta en 40%).

En este caso se consideran sólo tres tipos de contaminantes, dejando fuera del análisis otros de interés: CO y HC, $PM_{2.5}$, por dificultades de acceso a la información respectiva, lo que implica parcialidad en la estimación de beneficios de un *Pico y Placa* ambiental de 14 horas/día, recuérdese que no todos los costos y beneficios están siendo considerados, es necesario resaltar este

tipo de limitante a fin de evitar interpretaciones ligeras sobre el resultado del ejercicio preliminar que se ilustra.

TABLA 2: Factores de emisión másica (gr/Km) por categoría de vehículo según las cualidades j, k.

Tipología j de vehículo	Potencia k del vehículo en l.	Factor de Emisión FE de PM ₁₀		Factor de Emisión FE de SO ₂		Factor de Emisión FE de NO ₂
		σ : 32Km/h	σ : 45Km/h	σ : 32Km/h	σ : 45Km/h	
A	$v \leq 1.4$	0.06	0.04	0.010	0.008	$1.432+0.003\sigma$ $+0.000097\sigma^2$
	$1.4 < v \leq 2.0$	0.08	0.06	0.013	0.010	$1.484+0.013\sigma$ $+0.000074\sigma^2$
	$v > 2.0$	0.10	0.08	0.015	0.007	$2.427-0.014\sigma$ $+0.000266\sigma^2$
B	$v \leq 1.4$	0.06	0.04	0.012	0.009	$1.616-0.0084\sigma$ $+0.00025\sigma^2$
	$1.4 < v \leq 2.0$	0.08	0.06	0.014	0.010	$1.29e^{0.0099\sigma}$
	$v > 2.0$	0.10	0.08	0.018	0.013	$2.784-0.0112\sigma$ $+0.000294\sigma^2$
C	$v \leq 1.4$	0.06	0.04	0.013	0.009	$1.479-0.0037\sigma$ $+0.00018\sigma^2$
	$1.4 < v \leq 2.0$	0.08	0.06	0.016	0.010	$1.663-0.0038\sigma$ $+0.0002\sigma^2$
	$v > 2.0$	0.10	0.08	0.017	0.014	$1.87-0.0039\sigma$ $+0.00022\sigma^2$
D	$v \leq 1.4$	0.06	0.04	0.015	0.011	$1.173+0.0225\sigma$ $-0.00014\sigma^2$
	$1.4 < v \leq 2.0$	0.08	0.06	0.018	0.013	$1.360+0.0217\sigma$ $-0.00004\sigma^2$
	$v > 2.0$	0.10	0.08	0.022	0.016	$1.5+0.03\sigma$ $+0.0001\sigma^2$

Fuente: AMVA (2005 y 2006). Observación: se asume el FE de NO₂ que corresponde a σ : 45Km/h con los mismos valores de σ : 32Km/h incrementados en un 12.5%, de acuerdo con lo encontrado en el estudio de CONAMA (2007).

Es necesario aproximar los valores económicos asociados al beneficio social marginal que trae para el conjunto de la población del área de estudio la reducción en determinadas cantidades de emisiones de ciertos tipos de contaminantes, elegidos por razones de disponibilidad en la información y por la posibilidad, en el mismo sentido, de obtener una valoración económica de éstos en un sitio de estudio de referencia (Santiago de Chile), cuya transposición resultará no tanto óptima, como viable, tras considerar los escasos sitios referentes disponibles en Latinoamérica. Al ajustar el diferencial de ingreso entre el sitio de estudio elegido y el sitio de política (Medellín), conforme se ha explicado el proceso de

transferencia de beneficios líneas atrás, se tienen los resultados presentados en la Tabla 3.

TABLA 3: Valor medio ajustado de la DAP por reducción de una tonelada del contaminante c.

Tipo de contaminante c	USD/Ton. Santiago de Chile	USD/Ton. Medellín	\$/Ton. Medellín
PM ₁₀	66000	29898	67091112
SO ₂	10038	4547	10203468
NO ₂	7269	3293	7389492

Fuente: Cálculos propios con base en los registros encontrados en CONAMA (2007). Observación: se aplica la tasa de cambio en 2008 de \$2244/1USD [Dinero, *op cit.*], para realizar la conversión a pesos.

El valor de ajuste aplicado a la valoración del beneficio marginal social de reducción de cada tonelada de contaminante en consideración es de 0.351, cifra obtenida del cociente entre el ingreso real *per cápita* del sitio de estudio *p* y el de política *q* en 2003, de acuerdo a los registros del Penn World Table (The CIC, 2006), elevado a la potencia 1.456 (García y Quevedo, 2005), correspondiente a la elasticidad-ingreso de la demanda de importaciones en el sitio de política, considerada como una *proxy* de η .

Establecidos los parámetros evaluativos el resultado que se obtiene para el año 2008 del *Pico y Placa* en las dos versiones consideradas de éste se presenta en la Tabla 4.

TABLA 4: Balance entre dos versiones posibles del programa Pico y Placa (millones de \$ año).

Versión del programa	CNP		Beneficio social marginal por reducción de emisiones contaminantes (PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂)	Balance parcial
	CA	SA		
i. 4h/día/sem. por vehículo	26517.40	50514.47	1630.98	25628.05
ii. 14h/día/sem. por vehículo	114506.96	122541.77	7056.63	15091.44

Fuente: Cálculos propios con base en los diversos registros documentados en las líneas anteriores del texto. Observaciones: i) los cálculos corresponden al año 2008; ii) al suponer que el *Pico y Placa* cumple con un objetivo central de política pública ambiental se infiere, bajo la versión del programa 4h/día/sem por vehículo, que el número de infractores es del 78%, estos se desplazan a una velocidad media de 32Km/h, en la versión del programa 14h/día/sem éstos capitalizan el beneficio de la descongestión y su desplazamiento se presume a 45Km/h, tales presupuestos tienen incidencia en el cálculo del beneficio social marginal por reducción de emisiones contaminantes.

Desde una perspectiva puramente ambiental la Tabla 4 indica que el beneficio social marginal por emisiones contaminantes evitadas al modificar el *Pico y Placa* justifica la aplicación de la respectiva versión del programa, tal beneficio se incrementa en un factor de 4.3, sin embargo, al incorporar el balance económico parcial descrito el resultado se invierte, los beneficios se reducen en un factor de 1.7, las diferencias en términos de valor económico hacen pensar que extender el *Pico y Placa* no es una elección adecuada de política pública, incluso aunque se presuma que el beneficio social marginal se duplica al incluir otros tipos de contaminantes en el análisis.

El ejercicio presentado dista notablemente de representar un balance completo, no descuenta posibles pérdidas por menor dinamismo productivo de algunos sectores económicos. Estimaciones recientes indican que las pérdidas de dinamismo económico en los sectores venta de combustibles, comercio y parqueo de automóviles se acercan al 19%, 27% y 37% respectivamente tras aplicar la medida en la ciudad de Bogotá durante seis meses en jornadas de 14h/día dos veces por semana por vehículo (versión del programa a cuatro placas por día)¹⁷.

No se consideran todos los contaminantes atmosféricos de interés, por tanto los beneficios de evitar las emisiones asociadas a éstos al extender la restricción no se han incluido, así como los beneficios de: evitar deterioro de los inventarios de flora y fauna, evitar la depreciación acelerada de la infraestructura física por efectos de la lluvia ácida y el hollín, reducir la accidentalidad, reducir el subsidio estatal al combustible tradicional dejado de consumir por los vehículos inmovilizados. Una consideración adicional es que los parámetros y la valoración de los aspectos considerados son susceptibles de ser modificados para un cálculo de balance más ajustado.

Con el ánimo de dar cierta perspectiva final al resultado anterior vale la pena comentar que en Colombia los estándares correspondientes al contenido de azufre de la gasolina y el diesel eran en el año 2006 de 1000 y 4500 partes por millón (ppm) respectivamente, cuando los estándares internacionales impiden sobrepasar

17 Caracol. 2009. "Fenalco formaliza propuesta de cambios al pico y placa en Bogotá" [En línea]. Disponible en Internet: <<http://www.caracol.com.co/nota.aspx?id=799258>>. (Consulta: abril 23, 2009).

las 50ppm¹⁸, sin embargo la normativa colombiana mediante la Resolución 1180 de 2006 de los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Minas y Energía, establece que el contenido de azufre en éstos combustibles no deberá sobrepasar en el año 2012 300ppm y 500ppm respectivamente.

En este marco regulatorio Ecopetrol asume el compromiso de reducción escalonada del contenido de azufre en el diesel producido y distribuido domésticamente, para lograrlo importará por valor cercano a 1.91 billones/año¹⁹ uno "más limpio" de 50ppm y lo mezclará con el doméstico, operación prevista al menos por un período de cuatro años mientras sea factible sortear el plan de financiación de la inversión requerida que permita producir domésticamente combustibles más limpios en las cantidades requeridas. La inversión total requerida para llevar a cabo el plan de mejoramiento de los combustibles se estima en USD4500 millones²⁰ (10.1 billones de pesos a la tasa de cambio de fin de año en 2008), una inversión considerable si se considera que representa el 87% las utilidades de Ecopetrol en 2008 (11.6 billones de pesos).

Los beneficios ambientales y sociales resultantes de evitar la contaminación por azufre al enfrentar de este modo el problema de mala calidad de los combustibles producidos domésticamente refuerzan la idea de lo ineficiente que resulta aplicar modificaciones permanentes e incrementales del *Pico y Paca*, mismas que dan señales de reñir con la lógica económica de empleo de factores y de capital productivo.

Una mejora vía combustibles bastaría para mantener el programa bajo la perspectiva utilitaria tradicional, una medida contingente y discrecional frente al deterioro creciente de la movilidad al margen del hipotético objetivo ambiental referenciado en la evaluación

18 Véase:

i) Mac Master, Bruce. 2009. "¿Cuánto azufre está dispuesto a respirar?", *Dinero*, (323): 118.

ii) EU 98/70/EC Directive of the European Parliament and of the Council Relating to the Quality of Petrol and Diesel Fuels and Amending Council Directive 93/12/EEC. <<http://uk.ihs.com/document/abstract/AKHUHAIAAAAAAAAAA>>, citado por CONAMA (2007).

19 Carta Petrolera. 2008. "Aires de mejoría" [En línea]. (119). Disponible en Internet: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119/rev_medioambiente.htm>. (Consulta: mayo 10, 2009).

20 Asociación Colombiana de Ingenieros -ACIEM-. "Se reduce contenido de azufre en todo el país" [En línea]. Disponible en Internet: <<http://www.aciem.org/bancoconocimiento/E/Ecopetrolistribuyedieselmejorcalidad/Ecopetrolistribuyedieselmejorcalidad.asp?IdArticulo=30430&CodMagazin=27&CodSeccion=77>>. (Consulta: mayo 06, 2009).

presentada, que permite disipar en el tiempo los resultados previstos de la insuficiente inversión para ampliar la disponibilidad de vías.

En el área de estudio la inversión anual requerida para mantener constante la disponibilidad de metros lineales de vías por habitante, principalmente colectoras y arterias, es de 0.75 billones/año, en contraste el Plan de Desarrollo del Municipio de Medellín contempla una inversión anual 8.6 veces menor de lo requerido (Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín, 2008), estas cifras parecen insalvables y de paso nada afectan la naturaleza del problema de interés señalado.

Comentario final

Desde una perspectiva puramente ambiental el beneficio social marginal por emisiones contaminantes evitadas al modificar el *Pico y Placa* justifica la extensión del mismo, sin embargo, al incorporar el balance económico descrito el resultado se invierte, las diferencias en términos de valor económico hacen pensar que extender el *Pico y Placa* no es una elección adecuada de política pública, incluso aunque se presuma que el beneficio social marginal por emisiones contaminantes evitadas se duplica al incluir otros tipos de contaminantes en el análisis.

Este resultado presentado dista de ser un balance completo y no justifica la inadecuada aplicación dada al programa actualmente, que busca solventar temporalmente por fracciones prácticamente descocidas hasta ahora, probablemente por el método ensayo-error, el problema de deterioro creciente de la movilidad urbana.

Estos argumentos y limitantes reveladas pretenden instar a la realización de trabajos complementarios, de mayor completitud y/o de mejor ajuste de los parámetros y de la estructura del modelo evaluativo usado, que por contraste permitan identificar una solución no tanto alucinante como óptima a un problema que tendrá vigencia y afecta de manera directa el bienestar de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Medellín. 2005. Decreto 0097 de 2005: "Por medio del cual

se adopta una medida en tránsito para el mejor ordenamiento de la circulación en el Municipio de Medellín”.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA-. 2005. *Diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá 2005-2020*. Medellín: AMVA.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA-. 2006. *Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá con georeferenciación de éstas*. Medellín: AMVA.

Azqueta, Diego. 2002. *Introducción a la economía ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.

Barba-Romero, Sergio, y Jean-Charles Pomerol. 1997. *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. Madrid: Universidad de Alcalá.

Brouwer, Roy. 2000. "Environmental value transfer: state of the art and future prospects" *Ecological Economics*, (32): 137-152. Available from Internet: <www.sciencedirect.com>. (Cited: 05 april, 2009).

Canter, Larry. 1998. *Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de los estudios de impacto*. Madrid: McGraw-Hill.

Comisión Nacional del Medio Ambiente de La Región Metropolitana -CONAMA-. 2007. "Evaluación de nuevas medidas de control de emisiones para el sector transporte en la Región Metropolitana" [En línea]. Santiago de Chile: CONAMA. Disponible en Internet: <http://www.conama.cl/rm/568/articles-41184_Dictuc1FMInfFinalV33.pdf>. (Consulta: abril 08, 2009)

Comisión Nacional del Medio Ambiente de La Región Metropolitana -CONAMA- y SCL Econometrics. 2007. *Análisis general de impacto económico y social del rediseño del Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (PM 10) en la Región Metropolitana*. Santiago de Chile: CONAMA.

Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES-. 1991. Documento 2571: Programa para la Masificación del Consumo de Gas. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.

Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES-. 2005. Documento 3344: "Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire" Disponible en Internet: <http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/Subdireccion_Conpes/3344.pdf>. (Consulta: marzo 14, 2009)

- Contraloría General de Medellín. 2006. *Informe del estado de los recursos naturales y del medio ambiente del municipio de Medellín 2005*. Medellín: La Contraloría.
- Field, Barry, y Martha Field. 2003. *Economía Ambiental*. 3ra Ed. Madrid: McGraw-Hill.
- Fraume, Nestor. 2007. *Diccionario Ambiental*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- García, Mario, y Adrés Quevedo. 2005. "Crecimiento económico y balanza de pagos: evidencia empírica para Colombia" *Cuadernos de Economía*, (43): 81-102. Disponible en Internet: <<http://ideas.repec.org/a/col/000093/004432.html>>. (Consulta: abril 24, 2009).
- Gobierno del Distrito Federal. 2004. "Actualización del Programa Hoy no Circula" [En línea]. Disponible en Internet: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/actualizacion_phnc_dip.pdf>. (Consulta: marzo 06, 2009).
- Gwilliam, Ken, Masami Kojima y Todd Johnson. 2003. *Urban Air Pollution: Policy Framework for Mobile Sources*. Washington: World Bank, Air Quality Thematic Group.
- Labandeira, Xavier, Carmelo León y María Xosé Vásquez. 2007. *Economía ambiental*. Madrid: Prentice Hall.
- Larsen, Bjorn, Ernesto Sánchez-Triana y Yewande Awe. 2006. "Fijación de prioridades ambientales: un proceso bidireccional" En: *Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia: un análisis ambiental del país para Colombia*, ed. Ernesto Sánchez-Triana et al., 115-165. Bogotá: Banco Mundial.
- Miller, Tyler. 1994. *Ecología y medio ambiente*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Morgenstern, Richard, y Ernesto Sanchez-Triana. 2006. "Control de la contaminación atmosférica" En: *Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia: un análisis ambiental del país para Colombia*, ed. Ernesto Sanchez-Triana et al. Bogotá: Banco Mundial.
- Naredo, José Manuel. 2006. *Raíces económicas del deterioro ecológico y social: más allá de los dogmas*. Madrid: Siglo XXI.
- Polése, Mario. 1998. *Economía urbana y regional: introducción a la relación entre territorio y desarrollo*. Cartago: Libro Universitario Regional.
- Proyecto Medellín Como Vamos. 2008. *Encuesta de Percepción Ciudadana 2008*. Medellín: Ipsos Napoleón Franco.

- Sanhueza, Pedro, Claudia Clavero y Boris Rebolledo. 2004. "Estimación de emisiones vehiculares en la Región Metropolitana utilizando el modelo Mobile6.2" [En línea]. *Contribuciones Científicas y Tecnológicas*, (1): 19-26. Disponible en Internet: <<http://www.vrid.usach.cl/pub/Pedro%20Sanhueza.pdf>>. (Consulta: abril 22, 2009).
- Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín. 2008. *Pico y Placa en la ciudad de Medellín*. Municipio de Medellín.
- Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín. 2009. *Parque Automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá período 2003-2006*. Archivos de Excel. Medellín: Los Autores.
- Shy, Oz. 1995. *Industrial organization: theory and applications*. London: MIT Press.
- Spash, Clive, y Arild Vatn. 2006. "Transferring environmental value estimates: Issues and alternatives" [Online], *Ecological Economics*, (60): 379-388. Available from Internet: <www.sciencedirect.com>. (Cited: 05 february, 2009).
- Sterner, Thomas. 2007. *Instrumentos de política económica para el manejo del ambiente y los recursos naturales*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- The Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania -CIC-. 2006. "Penn World Table" [Online]. Available from Internet: <http://pwt.econ.upenn.edu/php_site/pwt_index.php>. (Cited: 20 april, 2009).
- The World Bank. 2007. "The little green data book" [Online]. Washington: Development Economics Data Group and the Environment Department of the World Bank. Available from Internet: <<http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/936214-1146251511077/21329572/LGDB2007.pdf>>. (Cited: 22 april, 2009).