

ESTIMACIÓN COSTO-BENEFICIO POR LA INTRODUCCIÓN DE POLÍTICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE DE REPÚBLICA DOMINICANA

Estimación de la mortalidad evitada y su valoración económica



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS



PRESENTACIÓN

Los países en desarrollo tienen un gran potencial para reducir las emisiones de contaminantes locales y climáticos provenientes del transporte a partir de políticas nacionales. La introducción de combustibles de bajo y ultra bajo azufre permite la importación/fabricación de vehículos que son compatibles con tecnología post tratamiento (Euro VI) para un control eficiente de las emisiones; esta normativa establece límites a las emanaciones contaminantes de los vehículos nuevos disponibles en el mercado.

Objetivos ambiciosos pero factibles son los que han permitido avanzar hacia un transporte más limpio, ya que las normas Euro suponen límites al monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos, las partículas y el número de partículas sólidas. El *Climate and Clean Air Coalition* (CCAC) (2016) estima que, de lograrse una transición global a diésel de bajo azufre, asociado a estándares de emisiones más estrictos en los vehículos, se podrían evitar alrededor de 500,000 muertes al año mundialmente.

El presente documento tiene la finalidad de resaltar los beneficios a la sociedad en forma de mortalidad evitada por mejorar la calidad del aire a través dos políticas: la desulfuración de los combustibles y el avance hacia una normativa Euro VI en República Dominicana. Primeramente, se muestra un panorama general sobre la situación nacional en referencia a estas dos componentes del sector transporte, específicamente la calidad de la nafta y el diésel disponibles y la normativa asociada a flota vehicular nueva.

Posteriormente, se muestra la metodología general para realizar un análisis costo beneficio, que primeramente incluye una breve descripción del método de Evaluación de Impactos a la Salud (EIS) aplicado a la contaminación del aire ambiente. En dicha sección se exponen las limitaciones de información al llevar a cabo este tipo de evaluaciones, principalmente recurrentes en países en desarrollo. Por lo que se resalta que los valores arrojados aquí son referenciales, dado que es una estimación y no corresponde a un muestreo estadístico.

En referencia, se describen los supuestos que respaldan el método simplificado de la EIS utilizado como una manera de reaccionar a las limitaciones de información y herramientas de modelación. Así mismo, se muestran los resultados estimados de mortalidad evitada en República Dominicana, tanto en sus valores centrales como en los rangos proporcionados por los intervalos de confianza de las funciones concentración respuesta.

Luego del EIS se describe la metodología elegida y los supuestos considerados para la estimación del Valor de una Vida Estadística (VSL, por sus siglas en inglés) como método de valoración económica de la mortalidad elegido, así como la Transferencia de Beneficios para estimar el VSL. Se exponen los valores resultantes de VSL para República Dominicana, tanto en su valor central considerado; en anexo se presenta un análisis de sensibilidad al respecto.

Finalmente, se presentan las consideraciones principales, los costos de inversión y operativos por realizar ambas medidas y los resultados de la relación costo-beneficio.

TABLA DE CONTENIDO

ANTECEDENTES	4
ANALISIS COSTO BENEFICIO	5
EVALUACIÓN DE IMPACTOS A LA SALUD (EIS)	7
INFORMACIÓN BASE.....	9
MORTALIDAD ATRIBUIBLE AL SECTOR TRANSPORTE.....	10
MORTALIDAD EVITADA ATRIBUIBLE A LA INTRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE MÁS LIMPIO Y A LA ADOPCIÓN DE ESTÁNDARES DE EMISIÓN	11
VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA MORTALIDAD	13
ESTIMACIÓN DEL VSL	14
TRANSFERENCIA DE BENEFICIOS	14
COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERATIVOS DERIVADOS DE LAS MEDIDAS	16
RESULTADOS	17
CONCLUSIONES	20
Referencias	22
ANEXOS	26
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE VLS	26

ANTECEDENTES

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), al año se registran alrededor de 4.2 millones de muertes a nivel mundial como consecuencia de la exposición a la contaminación del aire ambiente, convirtiéndose así en el principal factor de riesgo ambiental de mortalidad. De la evidencia epidemiológica y toxicológica más fuerte, resaltan especialmente los riesgos asociados al material particulado con un diámetro menor a 10 y 2.5 micras (PM_{10} y $PM_{2.5}$). Estos últimos debido a su tamaño son capaces de penetrar a las vías respiratorias y al torrente sanguíneo, causando impactos a los sistemas respiratorio, cardiovascular y cerebrovascular.

Entre las actividades humanas que se encuentran listadas dentro de las mayores fuentes de emisiones contaminantes es la combustión de vehículos motores. Según GRSF & IHME (2014), la contaminación proveniente de vehículos motorizados es la causa de 184,000 muertes al año mundialmente, siendo incluso ésta una estimación conservadora, pues de la revisión de literatura que realiza la OECD (2014) encuentra que, de los costos relacionados a daños en la salud por una mala calidad del aire, mínimo el 50% de éstos se relacionan a las emisiones del sector transporte.

No existen reportes nacionales en República Dominicana sobre la calidad del aire, sólo se cuenta con estudios aislados en el tiempo que no reflejan una visión integral del estado de la contaminación en todo el país. Sin embargo, en la última actualización de las bases de datos del Banco Mundial -cuya base es un estudio que corresponde a mediciones satelitales de la concentración de $PM_{2.5}$, se estimó que el promedio anual ponderado por número de habitantes, tanto de poblaciones rurales como urbanas de República Dominicana en 2016 fue de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual excede el valor umbral fijado por la Organización Mundial de la Salud ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) recomendado para mantener un medio ambiente sin riesgo severo para la salud (Brauer, 2012).

En República Dominicana el sector transporte es el que más energía consume, en el año 2016 el 37% de la demanda de energía fue de este sector y el 99% fue para el transporte terrestre; se destaca que los combustibles de mayor demanda son la gasolina y el diésel (42 y 36% respectivamente), sin embargo también existe un importante consumo de gas L.P. para transporte (21%) (CNE, 2017). Así mismo, el último Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero arrojó que este sector produjo el 25% de las emisiones totales de CO_2 (INGEI, 2015).

Desde el 2010, en República Dominicana se suma una flota anual promedio de 84 mil vehículos automotores, de los cuales el 52% corresponde a motocicletas, el 32% a vehículos automotores livianos y el 12% a automotores de carga¹.

¹ Boletines Parque Vehicular 2011-2015, generados por la DGII.

El Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL) es el encargado de determinar los parámetros de calidad de los combustibles. Según las Resoluciones 01-2015 y la 310 del Ministerio de Industria y Comercio, la gasolina distribuida en el país cuenta con 1,500 ppm de azufre. Existen dos tipos de diésel usados para el transporte: 1) el óptimo (ULS) con un máximo 15 ppm de azufre y 2) el regular con máximo 7,500 ppm de azufre.

República Dominicana no cuenta con fabricación de vehículos, es un importador neto de vehículos nuevos y usados, según la Ley No. 4-07 que modificó el Art. 29 de la Ley No. 495, estos últimos deben no contar con más de 5 años de uso. Así mismo, la isla también importa combustible, debido a los problemas con la provisión de petróleo en 2017 importó el 82% de su demanda de gasolina y el 79% de la demanda de diésel. Por lo anterior, a pesar de no contar con estándares de emisiones para la introducción de vehículos nuevos como las normas Euro o USEPA, tienen grandes oportunidades en el mediano plazo para acceder a tecnología de última generación mediante la actualización de la regulación, por un lado, importar y hacer disponible el combustible de bajo azufre y posteriormente la adopción de estándares de emisiones para vehículos nuevos.

ANALISIS COSTO BENEFICIO

Con el fin de reducir las emisiones de $PM_{2.5}$ provenientes de vehículos, resulta urgente la necesidad de introducir combustibles de bajo y ultra bajo azufre y la adopción de estándares de emisiones vehiculares. El CCAC (2016) estima que, de lograrse una transición global a diésel de bajo azufre, asociado a estándares de emisiones más estrictos en los vehículos, se podrían evitar alrededor de 500,000 muertes al año mundialmente. Aunado a lo anterior, mínimo el 50% de los costos relacionados a daños en la salud por una mala calidad del aire están asociados a las emisiones del sector transporte carretero (OECD, 2014).

Para potenciar las políticas en transporte en República Dominicana, se optó por realizar un análisis costo beneficio para dos escenarios hipotéticos, el primero y más ambicioso supone la introducción de dos medidas que se recomienda aplicar conjuntamente, ya que son complementarias y permiten disminuir los impactos del sector transporte.

Escenario 1 o ambicioso:

1. La adopción de estándares de eficiencia energética y de emisiones: Euro VI tanto en vehículos livianos como pesados.

2. La introducción de gasolina y diésel de bajo azufre en todo el país (10-15 ppm) respectivamente².

El segundo escenario 2 o “moderado”, sólo contempla la introducción de combustibles limpios, enfocado tanto a gasolina como a diésel con <15ppm de azufre.

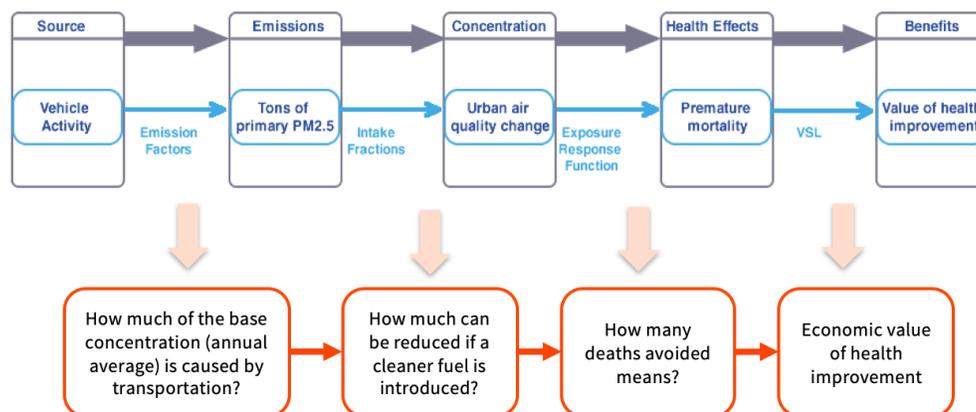
Para ello, fue necesario estimar primeramente los impactos por la ausencia de estas dos medidas; para el presente análisis sólo se consideraron los impactos a la salud atribuibles a la exposición de contaminantes en el aire ambiente. De manera general, el procedimiento para estimar los impactos a la salud consistió en la adaptación de la metodología utilizada por la *Global Sulphur Strategy* y del ICCT misma que consistió en las siguientes fases consecutivas (Chambliss, Miller, Facanha, Minjares, & Blumberg, 2013) (CCAC, 2016):

- Identificar la fuente de emisión del contaminante. En el presente análisis, corresponde a las emisiones de PM_{2.5} en el sector transporte.
- Evaluación de las emisiones evitadas por las medidas en particular.
- Identificación del nivel de concentración de partículas PM_{2.5} en el área de estudio y del gradiente en el nivel de concentración por la medida.
- Cuantificación de los impactos a la salud, a través de la aplicación de funciones concentración-respuesta de los dos escenarios.
- Valoración económica de los impactos a la salud estimados. Para el cual se eligió la aproximación del Valor Estadístico de la Vida (VSL por sus siglas en inglés) estimada a través del método de transferencia de beneficios³. Lo anterior, permitirá monetizar los beneficios asociados a la mortalidad evitada por la introducción de la medida.

² La Estrategia Mundial de Desulfuración, señala para que una refinería que mantiene un proceso para producir combustible con >2000ppm de azufre resulta complejo disminuir su nivel a ultra bajo azufre en una sola intervención, esto en consecuencia a los requerimientos del proceso, por lo que se recomienda primeramente ir a un punto intermedio 50ppm. No obstante, en República Dominicana se importa diésel de bajo azufre, por lo que la disponibilidad de este podría ser inmediata.

³ Metodología utilizada para estimar los valores económicos de una política mediante la transferencia de información disponible de estudios ya completados en un lugar al contexto de otro mediante indicadores económicos, demográficos y los propios de la situación/medida/política a evaluar, la cuál ha sido usada en su mayoría para evaluar beneficios a la salud (OCDE, 2005).

Figura 1. Metodología para estimar beneficios a la salud por la implementación de política pública en transporte y sector energético.



Fuente: Cleaning up the global On-Road Diesel Fleet, (CCAC, 2016).

Posteriormente se estimaron para República Dominicana los costos de inversión de introducir mejoras en el proceso de refinado para la desulfuración y su operación, así como los gastos asociados a modificar la estructura regulatoria para la adopción de estándares Euro; así mismo, se contemplaron las ganancias adicionales por la venta de combustible limpio.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS A LA SALUD (EIS)

Los efectos a la salud debido a la mala calidad del aire pueden clasificarse por su exposición en agudos y crónicos. Los primeros los niveles de exposición son altos, pero por períodos breves (horas o días) y los segundos se deben a un nivel de exposición menor, pero por períodos prolongados (años). Así mismo, también pueden clasificarse según la gravedad del efecto que producen; en este sentido un primer grupo representa el riesgo mortalidad prematura, mientras que el otro grupo representa a la morbilidad, que incluye ingresos hospitalarios, visitas a urgencias, días de productividad perdidos por una afección respiratoria relacionada etc.

La OMS define a la Evaluación de Impactos a la Salud (EIS) como la combinación de procedimientos, métodos y herramientas utilizadas para evaluar el potencial efecto a la salud de una política, programa o proyecto. El uso de este tipo de análisis permite producir recomendaciones que ayuden a los tomadores de decisiones en la elección entre alternativas para prevenir o corregir el deterioro de la salud, como resultado de las externalidades negativas de ciertas políticas o por la ausencia de estas. Su realización requiere de información detallada sobre el lugar del análisis y aquella asociada a las políticas a implementar.

De manera general, la realización de una EIS es intensiva en recursos tanto económicos como de información y herramientas, esto se debe a la complejidad en la interacción de las múltiples variables involucradas en este tipo de análisis, la calidad de la información es fundamental,

aspectos como suficiencia, representatividad y metodología adecuada y auditada, son fundamentales para la validez de los resultados.

En el caso de la morbilidad se requiere contar con un registro acerca de los ingresos hospitalarios, consultas e incidencias a causa de enfermedades respiratorias; información sobre el absentismo laboral y escolar; uso de medicamentos, entre otro tipo información que presenta muchas dificultades de obtener, y que además tiene un alto grado de incertidumbre. Aunado a lo anterior, la gran mayoría de los países en desarrollo, entre los que se encuentran República Dominicana y otros de América Latina y el Caribe, presentan problemas sobre la información relativa a la calidad del aire (tanto de monitoreo atmosférico del aire como disponibilidad de inventario de emisiones), información de salud y epidemiológica.

Así mismo, más del 80% de los beneficios a la salud cuantificados recaen de manera muy específica en evaluar la mortalidad evitada por la exposición crónica de partículas finas, a consecuencia de la falta de certeza en la información sobre morbilidad (EPA, 2011). Por esto, ante las limitaciones de tiempo y recursos que implican la elaboración del presente análisis, y con el fin de establecer una metodología estándar que pudiera aplicarse a República Dominicana, se estableció una metodología simplificada de la EIS inspirada en los documentos: “The impact of stringent fuel and vehicle standards on premature mortality and emissions” y “Cleaning up the global on-road diesel fleet” del ICCT y del CCAC respectivamente.

La metodología simplificada, se basa principalmente en los resultados del *Global Burden of Disease* (GBD), el cual es una herramienta coordinada principalmente por la Universidad de Washington y el *Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME), que pretende cuantificar todas las afectaciones a la salud a nivel mundial, desagregando la información por tipo de enfermedad, lesión y factor de riesgo. La información para el desarrollo del GBD es recolectada y analizada por un consorcio de más de 3,000 investigadores de más de 130 países.

Dentro de la información disponible en el GBD, en particular sobre la clasificación por factores de riesgo, es posible encontrar la cuantificación de impactos a la salud causados por factores ambientales, y dentro de éstas, es posible encontrar la mortalidad derivada de la exposición a la contaminación del aire ambiente por material particulado y ozono. Estudios de la OECD y el Banco Mundial (World Bank & IHME, 2016) (OECD, 2016), destinados a la cuantificación global de los impactos por una mala calidad del aire, utilizan estos datos por representar información con un respaldo metodológico para países que de otra manera no se tendría información.

A continuación, se describen los supuestos e información utilizada en la metodología simplificada de la EIS del presente análisis:

INFORMACIÓN BASE

El **promedio anual de PM_{2.5}** para República Dominicana es de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2016, dicha concentración, es un promedio ponderado por número de habitantes, tanto de poblaciones rurales como urbanas del país, esta información se encuentra desagregada por país y año en las bases de datos del Banco Mundial y corresponde a la medición global vía satelital⁴ de concentración de PM_{2.5}, a partir del estudio de (Brauer, 2012)⁵.

La información epidemiológica utilizada referente a la **Función Concentración Respuesta Integrada** (IER, por sus siglas en inglés), fue desarrollada por Burnett, R. (2014), con el fin de estimar la carga de enfermedades atribuible a la exposición de largo plazo a material particulado fino, y se integró a partir de la información del Riesgo Relativo (RR) obtenida de diversos estudios en la materia. Cabe mencionar que esta información también ha sido utilizada por el *Global Burden of Disease* para realizar el análisis de mortalidad por país.

Los datos de **mortalidad** utilizados a nivel país, atribuibles a la contaminación ambiental por material particulado fueron los reportados por el GBD (2016) para República Dominicana. Se utilizaron datos para todas las edades y ambos sexos, sin embargo, sólo fueron considerados el número de muertes por accidente cerebrovascular, cáncer de pulmón, enfermedad isquémica del corazón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infecciones respiratorias menores; por ser las causas de muerte que muestran una causalidad más fuerte con la exposición contaminación por PM_{2.5}. Para este caso, la mortalidad por dichas causas atribuible a la contaminación del aire por partículas asciende a 1.913 muertes al año.

Tabla 1. Mortalidad atribuible a la contaminación por PM_{2.5} en República Dominicana.

Causa de muerte	Muertes en 2016
Accidente cerebrovascular	367
Cáncer de pulmón	91
Enfermedad Isquémica del corazón	1.055
Infecciones respiratorias menores	255
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	146
Total	1.913

Fuente: GBD (2016)

Así mismo, fue necesaria la estimación de la **población expuesta y la tasa de mortalidad base**, es decir, la totalidad de muertes por los padecimientos analizados que no forzosamente están

⁴ Calibrada con información de estaciones de monitoreo y modelos de transporte químico y meteorológicos.

⁵ Esta información se encuentra respaldada por el GBD en el Estudio de 2016 para evaluar la mortalidad.

asociados a la contaminación del aire, para ello se parte de la ecuación de la mortalidad atribuible (MA) a un nivel de concentración dado (C_0):

$$MA(C_0) = P * y_0 * PAF(C_0) \quad (1)$$

Donde:

$MA(C_0)$, es la mortalidad atribuible a un nivel de concentración C_0 ;

C_0 , es la concentración observada ($\mu g/m^3$);

P , es la población en riesgo expuesta a la concentración C_0 ;

y_0 , es la incidencia de mortalidad para el padecimiento analizado, entre la población en riesgo a un nivel de concentración C_0 (muertes/año);

$PAF(C_0)$, es la fracción de muertes por el padecimiento analizado atribuible a C_0 ⁶.

Aplicando la ecuación anterior al nivel de concentración de $PM_{2.5}$ (promedio anual) del GBD en 2016 y despejando las variables de interés, se puede estimar la población en riesgo expuesta y la incidencia de mortalidad para cada padecimiento analizado al nivel de concentración C_{GBD} , de la siguiente manera:

$$P * y_0 = \frac{MA(C_{GBD})}{PAF(C_{GBD})}$$

Lo anterior aplicado al caso de República Dominicana, da como resultado que la mortalidad base de los padecimientos analizados en 2016 es de 10.808 muertes, desagregadas de la siguiente manera: 1.551 muertes por accidente cerebro vascular, 694 por cáncer de pulmón, 5.451 por enfermedad isquémica del corazón, 1.753 por infecciones respiratorias menores y 1.361 por enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

MORTALIDAD ATRIBUIBLE AL SECTOR TRANSPORTE

De las campañas de monitoreo atmosférico y de caracterización de partículas que se han realizado en República Dominicana, se ha observado que de un nivel de concentración base (C_0), una proporción p de 0.3 se puede atribuir a emisiones del sector transporte terrestre, con lo que $\Delta = p * C_0$ corresponderá a la concentración de $PM_{2.5}$ atribuible al sector transporte, según Achad & López (2014).

Para estimar la mortalidad atribuible a la exposición de $PM_{2.5}$ proveniente específicamente del sector transporte, se utilizó la metodología *top of curve* recomendada en el *Global Burden of disease* expuesta en los Anexos metodológicos de GRSF & IHME (2014). En esta, se aplica el supuesto de que la concentración será reducida de C_0 a $C_0 - \Delta$. El riesgo relativo de dicho cambio estará dado

⁶ Se calcula como $RR(C_0) - 1/RR(C_0)$, con $RR(C_0)$ el riesgo relativo de muerte de un padecimiento dado a un nivel de concentración C_0

por $RR(C_0)/RR(C_0 - \Delta)$. Con este, se calcula la fracción de muertes para cada padecimiento analizado (PAF) y se aplica la ecuación 1, para en el caso de República Dominicana obtener un total de 1.058 (717 – 1.484) muertes atribuibles a las emisiones de partículas del sector transporte.

Tabla 2. Mortalidad atribuible a las emisiones de PM_{2.5} del sector transporte en República Dominicana

Causa de muerte	Muertes en 2016		
	Bajo	Central	Alto
Accidente cerebrovascular	113	284	453
Cáncer de pulmón	13	54	82
Enfermedad Isquémica del Corazón	423	440	601
Infecciones respiratorias menores	129	195	224
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	39	85	124
Total	717	1.058	1.484

Fuente: Elaboración propia.

MORTALIDAD EVITADA ATRIBUIBLE A LA INTRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE MÁS LIMPIO Y A LA ADOPCIÓN DE ESTÁNDARES DE EMISIÓN

Para calcular la mortalidad evitada atribuible a las medidas se consideró que, de aplicarse las medidas de manera combinada, las emisiones directas de PM_{2.5} provenientes del sector transporte se reducen hasta un 70% en el escenario 1 y 48% en el escenario 2 (CMM Chile, 2016). Tales supuestos provienen de una modelación de emisiones realizada para la ciudad de Lima⁷, misma que hasta hace algunos años contaba con combustibles de alto contenido en azufre y para la cual fue simulada la entrada de ambas políticas en el sector transporte.

De acuerdo con la metodología seguida por Chambliss et al. (2013) del International Council on Clean Transportation (ICCT), al no contar con la capacidad técnica para modelar las concentraciones relacionadas a las emisiones contaminantes, sugieren la estimación de la concentración a través de la aplicación de una *intake fraction*⁸ (IF) específica para la ciudad analizada (Apte, Bombrun, Marshall, & Nazaroff, 2012).

$$C_{trans} = \frac{iF * E}{P * BR} \quad (2)$$

Donde,

⁷ Hasta ahora no se ha encontrado un estudio para República Dominicana.

⁸ Relación que resumen la ingesta de emisiones que es inhalada por la población expuesta para una fuente de emisión específica. Varía espacial y temporalmente dependiendo del tamaño de la población expuesta, la proximidad entre las personas, las emisiones y la persistencia ambiental de un contaminante (Chambliss, Miller, Facanha, Minjares, & Blumberg, 2013). Es específica para cada ciudad y con ella es posible contar con un valor orientativo de la cantidad de concentración para determinadas emisiones directas.

C , es la concentración anual de $PM_{2.5}$ proveniente de emisiones de fuentes móviles;

iF , es la *intake fraction* específica por ciudad para emisiones de fuentes móviles;

E , son las emisiones totales de fuentes móviles dentro de la ciudad;

P , es la población de la ciudad;

BR , tasa anual de respiración individual, que según la EPA es de 5,292.5 $m^3/año$;

Como se puede observar en la ecuación 2, ésta mantiene una relación lineal entre emisiones y concentraciones, por lo que manteniendo constante el resto de los componentes de la ecuación (*intake fraction*, tasa de respiración individual y población considerada), una disminución del 70% de las emisiones representa una disminución del 70% de la concentración para el caso del sector transporte.

Considerando que de un nivel de concentración base (C_0) una proporción p de 0.5 se puede atribuir a emisiones del sector transporte terrestre, una proporción p_1 de 0.35 (0.5×0.7) y un $\Delta_1 = p_1 * C_0$ corresponderá a la introducción de combustibles más limpios.

Posteriormente, se siguió la misma metodología *top of curve* ahora para estimar la mortalidad evitada por la introducción de combustible más limpio, aplicando el supuesto que la concentración será reducida de C_0 a $C_0 - \Delta_1$. Para el caso de República Dominicana se obtiene un total de 685 ($421 - 1.073$) muertes evitadas por la introducción de combustibles más limpios.

Tabla 3. Mortalidad evitada por la introducción de combustibles y vehículos más limpios en República Dominicana.

Causa de muerte	Muertes en 2016					
	Escenario 1			Escenario 2		
	Bajo	Central	Alto	Bajo	Central	Alto
Accidente cerebrovascular	56	201	376	28	154	299
Cáncer de pulmón	7	36	49	7	24	38
Enfermedad Isquémica del Corazón	235	264	441	141	176	321
Infecciones respiratorias menores	96	135	140	64	105	112
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	26	49	67	13	36	56
Total	421	685	1073	253	495	826

Fuente: Elaboración propia.

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA MORTALIDAD

La principal consecuencia negativa en una población expuesta a una mala calidad del aire, son el aumento en la morbilidad y mortalidad, con el fin de evaluar las políticas públicas propuestas que atiendan este problema, resulta pertinente la adopción de métodos que permitan la valoración económica de dichas afectaciones. En el presente estudio, sólo se analizan los costos monetarios derivados de la mortalidad prematura, las consecuencias no fatales fueron excluidas debido a los siguientes puntos (World Bank & IHME, 2016):

- La morbilidad y su valoración económica resultan en un efecto y valor mucho menor en proporción con la mortalidad.
- Existe menos consenso en las métricas y metodologías utilizadas para medir los efectos en morbilidad, tanto en el aspecto epidemiológico como en el tema de valoración económico.

Específicamente para el caso de la valoración económica de la mortalidad, existen dos aproximaciones principales: la aproximación por capital humano y el método de disposición a pagar (WTP, por sus siglas en inglés), ésta última agregada en una sociedad conforma el Valor de una Vida Estadística (VSL, por sus siglas en inglés).

En la **aproximación por capital humano** se analiza el valor del incremento en el riesgo de mortalidad a través de la pérdida en productividad que una muerte prematura traería como consecuencia. El valor se estima a través del valor presente de las ganancias futuras esperadas que dejan de ser percibidas ante un fallecimiento prematuro (MDS, 2011; Arthur, 1981). Dicho método tiene la ventaja de basarse en datos duros, disponibles en estadísticas nacionales e internacionales, por lo mismo, dicha aproximación permite una mejor estimación del impacto de la mortalidad prematura en las cuentas nacionales⁹. No obstante, este método presenta dos principales desventajas: no considera a la población que está fuera del mercado laboral, cuando el impacto por una mala calidad del aire es mayor en niños y adultos mayores; además, como es un mal indicador de pérdida de bienestar, al no considerar la intrínseca preferencia de estar vivo y contar con buena salud.

El **valor de una vida estadística** reconoce el deseo natural de las personas de tener una vida longeva y representa un agregado de la disposición a pagar de los individuos de una sociedad, por asegurar la reducción en el riesgo de mortalidad prematura (WHO - OECD, 2015). Además, dicho método puede capturar la pérdida de bienestar de personas de todas las edades, sin estar necesariamente en el mercado laboral, por lo que representa una medida de pérdida de bienestar

⁹ Aun utilizando el método de capital humano, el cálculo del impacto en el PIB no es de manera directa debido a que dicho método es una aproximación de equilibrio parcial, y no considera las interrelaciones de todo el sistema económico nacional (Arthur, 1981). Para poder estimar con mayor precisión el impacto en el PIB de la mortalidad prematura, se recomienda utilizar herramientas de análisis de equilibrio general computable.

más adecuada. Sin embargo, entre las desventajas del método del VSL se encuentra principalmente el método para estimarlo, pues tiene la incertidumbre generada por la restricción informacional de conocer las verdaderas preferencias de los individuos. Los métodos destinados a estimar el VSL, justamente van encaminado en reducir dicha incertidumbre y serán descritos en el siguiente apartado.

ESTIMACIÓN DEL VSL

Los dos métodos más comunes para obtener estimaciones del VSL son el método de preferencias reveladas, el cual incluye técnicas como el de salarios hedónicos y análisis de precios hedónicos; y el método de preferencias declaradas, dentro del cual se incluye la valoración contingente y los modelos de elección (Kochi, Hubbel, & Kramer, 2006).

Idealmente el VSL proviene de estudios empíricos realizados en lugares de estudio específicos; sin embargo, dichos estudios suelen ser intensivos en recursos e información, por lo que para el caso de países como República Dominicana donde no se cuente con este tipo de estudios se recomienda utilizar la aproximación de **transferencia de beneficios**. Dicha aproximación consiste en elegir un VSL proveniente de estudios empíricos y “trasladarlo” al sitio de estudio, ajustando las variables que diferencien el sitio donde se llevó a cabo el estudio original y el sitio a donde se está transfiriendo.

TRANSFERENCIA DE BENEFICIOS

Entre las principales variables cuantificables que influyen en el VSL se encuentra el ingreso, el cual se ha encontrado que entre mayor sea éste, las personas están dispuestas a pagar más por disminuir su riesgo de muerte. Dado lo anterior, la OCDE propone una guía metodológica (OECD, 2012) para realizar la transferencia de beneficios del VSL entre países, ajustando por la diferencia de ingresos a nivel país.

Generalmente para la transferencia de valores unitarios y ajustados por ingreso se utiliza el VSL obtenido a partir de metaanálisis, debido a que como menciona Ready y Navrud (International benefit transfer: Methods and validity tests, 2006) entre más estudios y contextos sean considerados al momento de transferir beneficios, el error por transferencia disminuye considerablemente. Además, también debe considerarse un ajuste por la elasticidad ingreso, que mide la proporción del cambio en el VSL en respuesta a un cambio proporcional en el ingreso real (Hammit & Robinson, 2011).

En su última versión, la OECD (2014) también propone ajustar por elasticidad al crecimiento en los ingresos y los precios, la cual es utilizada en el presente estudio para estimar el VSL de un país y año en particular (a, m) a través de la siguiente ecuación:

$$VSL_{a,m} = VSL_{b,n} * \left[\frac{Y_{a,n}}{Y_{b,n}} \right]^\beta * (1 + \Delta\%P + \Delta\%Y)^\beta$$

Donde,

$VSL_{b,n}$, es el Valor estadístico de la vida base perteneciente al sitio b , reportado en el año n .

$Y_{i,n}$, es el ingreso promedio en el país i en el año n , para $i = a, b$.

$\Delta\%P$, corresponde al ajuste por inflación en el país a , del año n al m .

$\Delta\%Y$, corresponde al ajuste por crecimiento del ingreso promedio en el país a , del año n al m .

β , es la elasticidad ingreso del VSL.

El VSL base que se utilizó es el reportado en Narain & Sall (2016) para países tanto desarrollados como en desarrollo, y corresponde a un monto de 3.83 millones dólares (2011 USD, PPP). Dicho monto resulta del promedio de una base de datos de estudios de Disposición a Pagar (WTP, por sus siglas en inglés), seleccionados con ciertos parámetros de calidad y llevados a cabo en países de altos ingresos pertenecientes a la OECD.

Como medida del ingreso promedio, se utilizó el Producto Interno Bruto per cápita, para el caso de los países correspondientes al VSL base elegido, el PIB per cápita es de 37,000 dólares (2011 USD, PPP). El PIB per cápita del país al que se está calculando el VSL, así como las tasas de inflación de éste, se obtiene de lo reportado en las bases de datos del Banco Mundial.

La elasticidad ingreso del VSL, corresponde al porcentaje de incremento del VSL ante un incremento en el ingreso. Aunque la OECD recomienda en su metodología utilizar valores de 0.8 para países de altos ingresos y 0.9 para aquellos de bajos ingresos, empíricamente se ha demostrado que en países en desarrollo dicha elasticidad es mayor a 1, por lo que se considerarán los rangos de elasticidades recomendados por el Banco Mundial & IHME (2016) que son de 1.2 (1.0 – 1.4) para países de ingresos bajos, medios bajos y medios altos (según la clasificación del Banco Mundial) y de 0.8 (0.7 – 0.9) para países de altos ingresos.

En el caso de República Dominicana, que tiene un PIB per cápita de 6.793 dólares (2011 USD, PPP) y se clasifica como país de ingreso medio bajo según el Banco Mundial, se estima un VSL para el año 2016 de **1.106.789 (\$899.820 – \$1.361.368) dólares**.

Uno de los métodos que se han utilizado para probar que el VSL transferido se encuentre dentro del orden de magnitud de la evidencia empírica es el *benchmark* de éste con respecto al GDP per cápita. Se ha encontrado que el radio VSL/PIB per cápita para países de renta media está entre 50:1 y 80:1. Para países de renta alta se han reportado rentas de 102:1 a 120:1 (Narain & Sall, 2016). Para el caso del VSL estimado para República Dominicana, el radio fue de **82:1** para su valor central, de 65:1 en su valor mínimo y 104:1 para su valor máximo, por lo que el valor estimado para República Dominicana entra en los órdenes de magnitud, dado por el *benchmark*.

Es de resaltar que la cifra obtenida representa una estimación del beneficio económico por evitar una muerte prematura en República Dominicana. Dicha cifra engloba conceptos más allá del consumo, abarcando todo por lo cual los individuos tienen preferencia y pueden disfrutar al

contar con vida. Por lo anterior, se debe tener cuidado de compararlo directamente con costos financieros y señalar explícitamente entre el beneficio financiero y el económico de las medidas o políticas que se estén analizando.

COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERATIVOS DERIVADOS DE LAS MEDIDAS

La reducción del contenido de azufre en los combustibles requiere que las refinerías de petróleo reemplacen, expandan o modernicen equipos especializados (hidrotratamiento por destilación) y contar con un mayor suministro de hidrógeno, lo cual implica una inversión del costo capital (capex) y mayores costos operativos también (opex), aunado a lo anterior, las mejoras podrían generar ingresos extras al mejorar el rendimiento de la refinería, además de la venta un producto de mayor costo.

El CCAC a través de la Estrategia Global de Desulfurización (2016), realizó un estudio con la intención de identificar las prioridades de modernización de varias refinerías en diferentes regiones del mundo, cuya finalidad es la de propiciar la producción de combustibles bajos en azufre. Después de un análisis riguroso del mercado petrolero y de las oportunidades en la actualización de refinerías, el referido estudio concluye que la inversión aproximada para desulfurar el flujo del combustible solamente en una refinería de pequeña a mediana es de un promedio de \$200 millones, y los costos operativos adicionales son de \$ 0.8 centavos de dólar por barril al día (CCAC, 2016). En el mismo estudio se modeló la inversión que necesitaría la refinería de República Dominicana para desulfurar su línea de combustibles, por lo cual, en ausencia de información oficial sobre los costos operativos, el estado de la planta y los flujos de caja que distinguen la línea de combustibles vehiculares, el presente análisis retoma los datos modelados para realizar la estimación de costos dentro de la presente evaluación costo-beneficio.

A manera de capex, República Dominicana tendría que invertir alrededor de 170 millones de dólares aproximadamente para mejorar la línea del combustible vehicular, y sumar un opex cercano a 48 mil dólares de costos operativos al año, considerando la misma producción y comercialización de productos terminados derivados de la refinería antes de ser cerrada (ventas de alrededor de 60 mil barriles al día de distintos derivados de petróleo) (Feller, 2017). Es importante mencionar que estas cifras no incluyen los costos de rescate de la refinería, ya que ha sido declarada en quiebra posterior al estudio de la Estrategia Mundial de Desulfuración. En este sentido se señala que dichos montos están acotados sólo a la desulfuración del combustible vehicular.

En lo que respecta a los costos por el cambio de regulación, se asume que los fabricantes o importadores trasladan el costo a su usuario final, de tal manera que el costo para la sociedad corresponde a la carga incremental para producir un vehículo con tecnología más limpia. El ICCT

(2012) estimó el costo adicional acumulativo de la tecnología de control de emisiones de un vehículo sobre la base de uno convencional, sin tecnología postratamiento para cada segmento de regulación Euro¹⁰. Dicho estudio fue realizado para Europa, sin embargo, aquí se utiliza como referencia ya que República Dominicana importa vehículos de marcas europeas. Con ello y con el número de ventas fue posible monetizar la carga incremental para República Dominicana. En 2015 ingresaron aproximadamente 84 mil vehículos automotores importados, de estos, el 52% son motocicletas, el 32% son livianos y el 12% son pesados. El resultado indica que el costo anual es de \$10.5 millones de dólares para los livianos y 31.3 millones dólares para pesados si consideramos la adopción de regulación Euro VI para los vehículos a gasolina para diésel.

Tabla 4. Costos incrementales para cumplir las normas europeas.

GASOLINE VEHICLE CLASS	EURO 1 (BASELINE)	EURO 1 TO EURO 2	EURO 2 TO EURO 3	EURO 3 TO EURO 4	EURO 4 TO EURO 5	EURO 5 TO EURO 6	CUMULATIVE TO EURO 6
4-cyl, Vd= 1.5 L	\$142	\$63	\$122	\$25	\$10	\$-	\$362
4-cyl, Vd = 2.5 L	\$232	\$3	\$137	\$15	\$30	\$-	\$417
DIESEL VEHICLE CLASS	EURO 1 (BASELINE)	EURO 1 TO EURO 2	EURO 2 TO EURO 3	EURO 3 TO EURO 4	EURO 4 TO EURO 5	EURO 5 TO EURO 6	CUMULATIVE TO EURO 6
4-cyl, Vd = 1.5 L	\$56	\$84	\$337	\$145	\$306	\$471	\$1,399
4-cyl, Vd = 2.5 L	\$56	\$89	\$419	\$164	\$508	\$626	\$1,862

Fuente: Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for Light-Duty Vehicles (Posada, Bandivadekar, & John, 2012).

RESULTADOS

El año base para realizar el análisis costo beneficio fue 2016, cómo ya se ha mencionado se asumió un beneficio para la sociedad por mortalidad evitada. Para el año del análisis, se estimaron aproximadamente 1.913 muertes atribuibles a la contaminación atmosférica, de las cuales, el 53% son responsabilidad del transporte carretero. No obstante, por la aplicación de la medida podrían evitarse hasta 1.058 muertes en consecuencia a la introducción de políticas en transporte.

Tabla 5. Mortalidad evitada por contaminación del aire y transporte en República Dominicana en el año 2016.

Origen	Mortalidad evitada (2016)	Costos a la salud (billones de USD) (2016)
Contaminación del aire	1.913	\$ 2,106
Sector transporte (general)	1.058	\$ 1,170

¹⁰ El estudio está hecho para China, sin embargo, los costos adicionales (tabla 4) son aplicables globalmente debido a las que las empresas usadas como referencia son internacionales y cuentan con plantas ubicadas en todo el mundo.

Políticas	Combustibles limpios y avance normativo (escenario 1)	685	\$ 0,758
	Combustibles limpios (escenario 2)	495	\$ 0,547

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados, los costos de la contaminación del aire en 2016 para República Dominicana fueron de poco más de ~\$2 billones de dólares al año, siendo el 50% responsabilidad del transporte carretero (\$1.1 billones de dólares). De implementar las medidas del escenario 1 podrían evitarse costos de hasta poco menos de \$1 billón de USD al año (valor presente); en el caso del escenario 2, los costos evitados podrían llegar al orden de medio billón de dólares. Al realizar el análisis costo-beneficio, el monto de la inversión y operativos acumulados a 10 años para el escenario 1 son de un orden de magnitud de ~\$519 millones de dólares, esto equivale a introducir combustible bajo en azufre y modificar la regulación para avanzar en estándares de emisiones a Euro VI, mientras que los beneficios netos llegan a casi \$3,5 billones de dólares¹¹. En el caso del escenario 2, los costos ascenderían a un aproximado de ~\$268 millones de dólares, mientras que los beneficios podrían alcanzar los \$2,8 billones de dólares.

Tabla 6. Resultados de la relación costo-beneficio (valor presente)

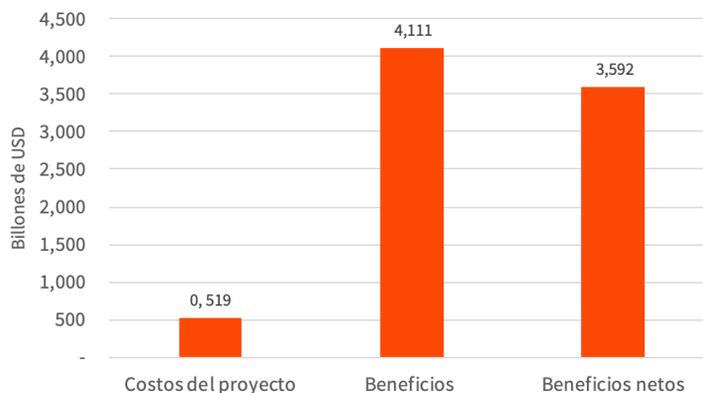
Relación costo-beneficio		Billones de USD (2016)
Escenario 1	Beneficios netos	\$3,592
	Costos de implementación	\$0,519
Escenario 2	Beneficios netos	\$2,834
	Costos de implementación	\$0,268

Así mismo, la evaluación del presente análisis se realizó a 10 años, el VAN del proyecto es mayor a cero, lo que significa que generaría ganancias contables con una recuperación de la inversión al segundo año en los dos casos. En este sentido, los beneficios superan 8 veces los costos en el escenario 1 y 12 veces en el escenario 2, lo cual es correlativo si se considera que a nivel mundial, se estima que los beneficios evaluados hasta 2050 superan los costos en un factor de alrededor de 16 veces (CCAC, 2016).

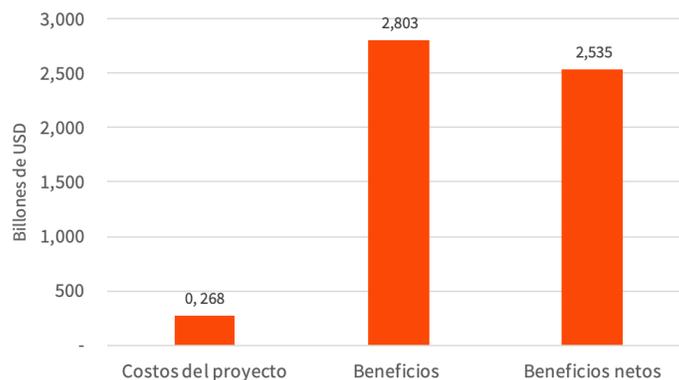
¹¹ La tasa de descuento utilizada es de 9.0%. en países de ingresos bajos según, la CEPAL mediante el estudio: El financiamiento para el desarrollo en América Latina y el Caribe (https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42508/1/S1701075_es.pdf).

Figura 2. Relación costo beneficio por la introducción de políticas en el sector transporte.

Escenario 1



Escenario 2



Fuente: Elaboración propia.

Se señala que aun cuando el escenario 2 tiene una relación costo beneficio de 12:1 no significa que necesariamente tenga más beneficios que el escenario 1 que tiene una relación 8:1. Ya que en el 1 existen 34% más muertes evitadas y 29% más beneficios netos, sin embargo, la inversión en este caso es 48% mayor con respecto al escenario 2. Con lo anterior, es evidente que el gobierno de República Dominicana debe priorizar la introducción de combustibles limpios y posteriormente avanzar en normativa en estándares de emisiones.

El gasto público en República Dominicana en 2016 fue de \$11,5 billones de UDS, por lo que los costos a la salud a causa de la contaminación atmosférica según estos resultados, representaron el 18% de este dato, en contraste, de aplicarse las medidas del escenario 1, los beneficios netos del proyecto equivalen aproximadamente al 31% del gasto público ejercido el mismo año; y en el caso del escenario 2, los beneficios netos equivaldrían al 22% del mismo dato (MH, 2018).

CONCLUSIONES

El riesgo para la población de la presencia de contaminantes en el aire debe considerar dos dimensiones que determinan su exposición: los niveles de concentración y el periodo de exposición. El inventario de emisiones más reciente en República Dominicana expuso que las emisiones de transporte son responsables del 25% de las emisiones totales de CO₂ (INGEI, 2015) por un lado, los elevados niveles de concentración generan riesgos a efectos agudos a la salud en un corto plazo, sin embargo, la formación de aerosoles representa una exposición de larga duración (aun cuando sea en niveles bajos) puede ser causa de riesgo para desarrollar enfermedades crónicas a largo plazo o mortalidad prematura (Bonita, Beaglehole, & Kjellström, 2006).

Según la OMS las enfermedades crónicas son las responsables del mayor número de muertes en el mundo; tan solo enfermedades como el cáncer, enfermedades cardíacas, enfermedades respiratorias y la diabetes, son responsables del 63% de las muertes en el mundo (OMS, 2015). Razón por la cual se consideró importante dar prioridad al análisis de este tipo de efectos, al tratarse de enfermedades de larga duración y progresión lenta, su tratamiento implica un mayor costo para el sistema de salud y los individuos. Según los resultados de este estudio, en República Dominicana, los costos de la contaminación del aire le valieron al Estado cerca del 18% del gasto público del año en estudio (2016), y la responsabilidad del transporte equivaldría al 6% de este porcentaje (18%). Lo anterior resulta grave si consideramos que el 6% del gasto público de ese año estuvo destinado a la educación y un 3% a la salud (MH, 2019).

La tecnología con control de emisiones ha madurado, para el caso de los vehículos livianos esta consiste principalmente en el control preciso del aire y el combustible, así como en el tratamiento posterior del catalizador; en cuanto a los pesados, se trata de sistemas de post tratamiento de emisiones. En los países desarrollados esta tecnología es una realidad desde hace varios años, sin embargo, las marcas de estos mismos países no disponen de la misma tecnología para sus exportaciones y/o fabricación en países en desarrollo como consecuencia a la falta de regulación principalmente de los países demandantes, pero también debido a la poca capacidad técnica y de monitoreo del cumplimiento. Al respecto, se señala que las regulaciones tanto de Estados Unidos como de la Unión Europea¹² son paquetes normativos que sirven como hoja de ruta en países como República Dominicana dónde es viable no se cuenta con ninguna disposición regulatoria para vehículos nuevos, estas establecen límites de emisiones que se comercializarán en el país, así como diversas maneras de verificar el cumplimiento. Adoptar una regulación en un

¹² Las normas europeas fueron adoptadas por el Foro Mundial para la Armonización de las Regulaciones de Vehículos para la Comisión Económica en Naciones Unidas de Europa (CEPE 2012) y se han convertido en las normas globales de facto. Con algunas excepciones de América del Norte y Japón, la mayoría de los países siguen las normas europeas con algunos retrasos en el tiempo de implementación que varían desde unos pocos años hasta décadas (Chambliss, Miller, Facanha, Minjares, & Blumberg, 2013).

país importador neto es garantía para propiciar un recambio de flota más limpia y en consecuencia una disminución de impactos.

República Dominicana puede aprovechar las mejoras proyectadas a la refinería para dar prioridad a la desulfuración de su línea de combustibles vehiculares; según el ICCT (2013) en 2010 representaron más del 80% de las emisiones globales de partículas finas y óxido de nitrógeno del transporte carretero y por lo tanto son los principales causantes de los impactos a la calidad del aire local.

La adopción en conjunto de la normativa Euro VI en vehículos livianos y pesados, y la disponibilidad de combustible de bajo y ultra bajo azufre, mantiene beneficios anuales equivalentes casi tres veces el presupuesto del gasto en salud República Dominicana en el 2017, mientras que los costos del proyecto implicarían sólo el 39% del presupuesto igualmente del gasto en salud (MH, 2018). De sólo introducir combustibles limpios, ya se obtendrían beneficios suficientes que justifiquen la implementación de la medida, puesto que los costos del proyecto en el escenario 2 equivalen al 22% del gasto en salud que el país ejerció en el año 2017.

Es prioritaria la implementación de las políticas en conjunto, el enfoque ecosistémico permite maximizar los beneficios para la sociedad y por ende para el Estado; sin combustible de bajo azufre, no es posible avanzar en la introducción de tecnología amigable con el medio ambiente y si no se adoptan estándares de emisiones, no es posible obtener los beneficios inmediatos de un combustible limpio. Así mismo, los impactos al cambio climático por la disminución de CO₂ es un co-beneficio no considerado en este análisis, pero deberá estar presente en la discusión, ya que podría ayudar a República Dominicana a cumplir sus compromisos climáticos.

Referencias

- Amorós, J. (2004). Métodos de preferencias reveladas y declaradas en la valoración de impactos ambientales. *Ekonomiaz, 3er Cuartimestre*(57), 12-29.
- Apte, J. S., Bombrun, E., Marshall, J. D., & Nazaroff, W. (2012). Global Intraurban Intake Fractions for Primary Air Pollutants from Vehicles and Other Distributed Sources. *Environmental Science and Technology*, 3415-23.
- Arthur, W. B. (1981). The Economics of Risks to Life. *The American Economic Review*, 71(1), 54 - 64.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2006). *Basic Epidemiology*. World Health Organization.
- Brauer, M. (2012). Exposure Assessment for Estimation of the Global Burden of Disease Attributable to Outdoor Air Pollution. *Environmental Science and Technology*, 652-662.
- Burnett, T. T., Pope, C. A., Ezzati, M., Olives, C., Lim, S. S., & Cohen, A. (2014). An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environmental Health Perspectives*.
- CCAC. (2014). *Market Baseline Study on Low Sulphur Fuels*. Obtenido de CCAC: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21549/MarketStudy_sulfur_fuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CCAC. (2016). *Cleaning up the global on-road diesel fleet: A global strategy to introduce low-sulfur fuels and cleaner diesel vehicles*. París: Climate & Clean Air Coalition.
- CCAC. (2016). *Cleanning up the global On-Road Diesel Fleet*.
- Chambliss, S., Miller, J., Facanha, C., Minjares, R., & Blumberg, K. (2013). *The impact of stringent fuel and vehicle standards on premature mortality and emissions*. The International Council on Clean Transportation.
- CMM Chile. (2016). *Estudios de caso diesel limpio: Transporte público en Montevideo, Lima y San José*. Santiago: Preparado para el PNUMA.
- CMM Chile. (2018). *Diagnostic Study Report for Air Quality Management and Capacity Building and Sensitization of Policymakers and Stakeholders on Air Quality from Mobile Sources*. Santiago: Draft CMM Chile.
- CMM, C. M. (2018). *Diagnostic Study Report for Air Quality management and Capacity building and sensibilation of Policymakers and Stakeholders on Air Quality from Mobile Sources*.

- CSEII, C. S., & Technology, U. o. (2016). *Report on Average Vehicle Fuel Economy Trends and Recommendations for Promoting Fuel Economy Regulations in Jamaica*.
- Diaz, M., Santágata, D., Gallardo, L., Gómez, D., Rössler, C., & Dawidowski, L. (2018). Local and remote black carbon sources in the Metropolitan Area of Buenos Aires. *Atmospheric Environment*.
- Dockery, D., Pope, C., Xu, X., Spengler, J., Ware, J., & Fay, M. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine*, 329(24), 1753-1759.
- EPA. (2011). *The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020*. U.S Environmental Protection Agency.
- Feller. (Septiembre de 2017). *Refinería Dominicana de Petróleo, S.A*. Obtenido de Feller Rate: <http://www.feller-rate.com.do/grd/informes/refidomsa1709.pdf>
- GBD. (2016). *Global Burden of Disease Study 2016*. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).
- GRSF; IHME. (2014). *Transport for Health: The Global Burden of Disease from Motorized Road Transport*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Hammit, J., & Robinson, L. (2011). The Income Elasticity of the Value per Statistical Life: Transferring Estimates between High and Low Income Populations. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 2(1).
- Johan Boman, S. M. (2015). *Characterization of Particulate Air Pollution in Kingston, Jamaica*. University of Gothenburg, Department of Chemistry & Molecular Biology, Kingston.
- Kochi, I., Hubbel, B., & Kramer, R. (2006). An Empirical Bayes Approach to Combining and Comparing Estimates of the Value of Statistical Life for Environmental Policy Analysis. *Environmental & Resources Economics*, 34, 385-406.
- Mariana Achad, M. L. (2014). Assessment of fine and sub-micrometer aerosols at an urban environment of Argentina. *Atmospheric Environment*, 522e532.
- MDS. (2011). *Estimación de los costos sociales por fallecimiento prematuro en Chile a través del enfoque de capital humano*. Santiago: Ministerio de Desarrollo Social - Gobierno de Chile.
- MEM, M. d. (2019). *Balances Energéticos Nacionales*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos-0>

- MFPS. (2018). *Public sector consolidated estimates of expenditure*. Ministry of finance and public service , Kingston.
- MMA. (2013). *Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire*. Ministerio del Medio Ambiente.
- Narain, & Sall. (2016). *Methodology for Valuing the Health Impacts of Air Pollution. Discussion of challenges and Proposed Solutions*. Washington, D.C.: International Bank for Reconstruction and Development.
- OECD. (2012). *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Trnsport Policies*. OECD Publishing.
- OECD. (2014). *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*. OECD Publishing.
- OECD. (2014). *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*. PECD Publishing.
- OECD. (2016). *The economic consequences of outdoor air pollution*. París: OECD Publishing.
- OICA. (2015). *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers*. Recuperado el 2019, de Motorization Rate 2015 – Worldwide: <http://www.oica.net/world-vehicles-in-use-all-vehicles-2/>
- OMS. (2015). *Temas de salud. Enfermedades crónicas*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de http://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/
- Petrojam. (2018). Fact Sheet Product. *Products from the Petrojam Refinery*. Kingston , Jamaica.
- Pope, C., thun, M., Namboodiri, M., Dockery, D., Evans, J., speizer, F., & Heath, C. (1995). Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151, 669-674.
- Posada, F., Bandivadekar, A., & John, G. (March de 2012). Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for Light-Duty Vehicles. *White Paper*, 14-15.
- Ready, R., & Navrud, S. (2006). International benefit transfer: Methods and validity tests. *Ecological Economics*, 60, 429-434.
- RTI International. (2015). *Environmental Benefits Mapping and Analysis Program - Community Edition. User's Manual. Appendices*. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Air Quality Planning and Standards.
- SIJ, S. I. (2017). *Population Statistics*. Obtenido de http://statinja.gov.jm/demo_socialstats/newpopulation.aspx

- Statista. (2015). *The Statistics Portal*. Recuperado el 2019, de Motorization rate in selected countries in 2015 (in units per 1,000 inhabitants):
<https://www.statista.com/statistics/610820/motorization-rate-in-selected-countries/>
- Viscusi, & Masterman. (2017). Income elasticities and Global Values of a Statistical Life. *Journal on Cost Benefit Analysis*, 226-250.
- WHO - OECD. (2015). *Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- WHO. (1999). *Monitoring ambient air quality for health impact assesment*. World Health Organization.
- World Bank & IHME. (2016). *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Cazanave, L. B., Lee, R. L., Varona, M. M., Rivas, S. F. P., & Hernández, A. (2015). Calidad del aire en la Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría por partículas e, 3(2).
- CNE, C. N. de E. (2017). *Informe Anual de Actuaciones del Sector Snergético*. Santo Domingo, República Dominicana.
- INGEI. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2010*. Santo Domingo, República Dominicana. Retrieved from <https://bioelectricidad.org/uploads/library/10.pdf>
- MH, M. de H. (2018). *Resultados de las Finanzas Públicas*. Santo Domingo, República Dominicana. Retrieved from <http://www.hacienda.gob.do/wp-content/uploads/2019/01/RESULTADOS-DE-LAS-FINANZAS-PUBLICAS-2017-2018.pdf>

ANEXOS

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE VLS

En el caso de la estimación de impactos a la salud relacionada a la pérdida de bienestar, son dos las principales variables con incertidumbre: por un lado, el VSL base utilizado y por otro el valor de elasticidad del ingreso. Para el presente estudio, se realizó un análisis de sensibilidad variando el VSL y la elasticidad de tres fuentes distintas, las cuales se describen a continuación:

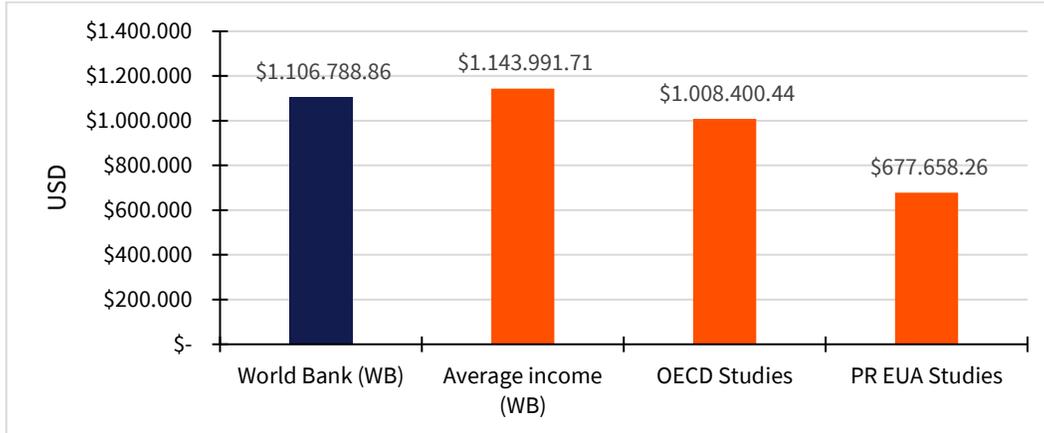
La OECD (2012) recomienda utilizar un VSL base de 3 millones de dólares (2005 USD), el cual fue estimado a partir de un metaanálisis de cerca de 1,095 valores publicados en alrededor de 92 estudios de WTP. También, en dicho estudio se estima que la elasticidad del ingreso se encuentra en un rango de 0.7 – 0.9 para los países de la OECD; sin embargo, dicho rango ha sido criticado cuando se utiliza en países por debajo del percentil 40 de ingreso, por lo que en un estudio más reciente la OECD (2016) ha sugerido utilizar una elasticidad de 0.8 para países de altos ingresos, 0.9 para aquellos de ingreso medio y 1 para los de ingresos bajos.

Narain y Sall (2016), en el mismo análisis de estimaciones empíricas de VSL de donde se obtuvo el VSL base utilizado en el presente estudio, se calcula también el promedio y la mediana del VSL de los países de ingreso medio, los cuales resultan en 383,440 dólares (2011 USD, PPP) con un PIB per cápita asociado de 7,007 dólares y 481,347 dólares (2011 USD, PPP) asociado a un PIB per cápita de 6,360 dólares.

Viscusi y Masterman (2017) sugieren que la mejor forma de calcular el VSL para países con información insuficiente o poco confiable, es transfiriendo un VSL base de Estados Unidos calculado con estimación del mercado laboral (utilizando información del censo del *Fatal Occupational Injuries*). Los autores a través de un metaanálisis estiman un VSL base de 9.6 millones de dólares. Además, los autores estiman elasticidades de 0.5 a 0.7 dentro de Estados Unidos y de 1 para países fuera del mismo.

La comparación de la transferencia a República Dominicana de los distintos VSL base contemplados y el VSL elegido como central (Banco Mundial) se puede observar en la gráfica 1. Se observa que utilizando cualquiera de los dos valores de Narain & Sall (2016) se obtienen resultados muy similares, y que ambos ofrecen un valor medio entre aquel que se obtiene transfiriendo el VSL de la OECD y el del Viscusi & Masterman. Al final se decidió utilizar el VSL de Narain & Sall que contempla todos los estudios (y no el que sólo contempla el de los países de ingresos medios y bajos), debido a que como se mencionó anteriormente, entre mayor número de estudios más robustez en la estimación.

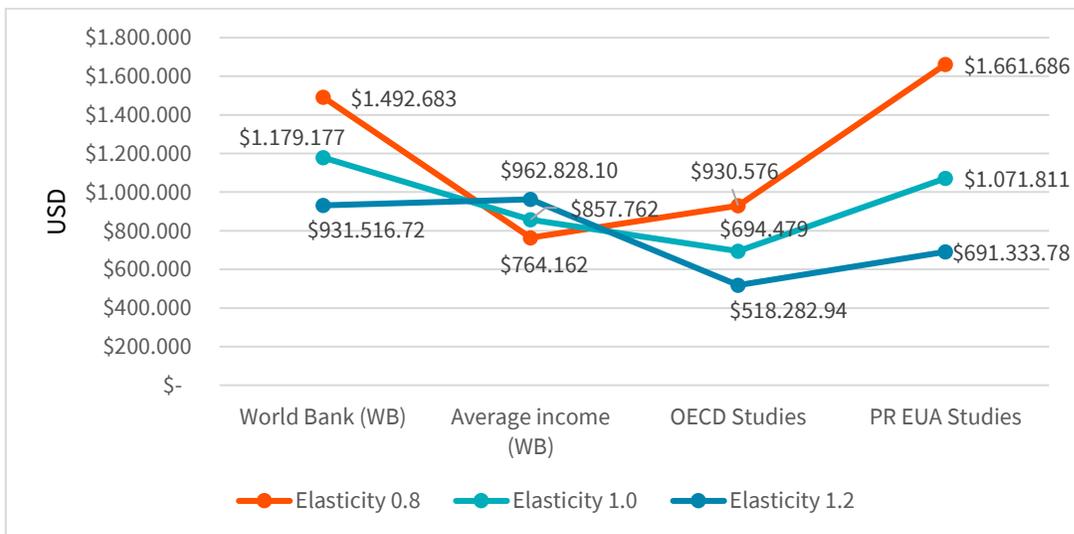
Gráfica 1. VSL para República Dominicana utilizando diferentes VSL base



Fuente: Elaboración propia

Lo referente a la variación por cambiar la elasticidad puede observarse en la gráfica 2, en la cual se utilizan los mismos valores VSL base contemplados en análisis de sensibilidad anterior, pero variando la elasticidad entre 0.8, 1.0 y 1.2. Se reconoce que al aplicar una elasticidad menor a 1, el VSL estimado puede dispararse como sucede cuando se transfiere el VSL de Viscusi & Masterman, confirmando que para países en desarrollo deben utilizarse elasticidades mayores a 1. Además, puede observarse que, como sugiere Narain & Sall, cuando se utiliza un VSL base con características más cercanas al lugar donde se transfiere, el VSL estimado es menos sensible a la variación de la elasticidad. Dicho efecto se puede observar con el VSL de Narain & Sall calculado a partir de estudios de países con ingresos medios.

Gráfica 2. VSL para República Dominicana utilizando diferentes VSL base y elasticidad



Fuente: Elaboración propia