

2022-09-28

Disponibilidad a pagar para mitigar las emisiones urbanas: un abordaje desde los hogares, Ibagué-Colombia

Erika Sierra Ramírez

Universidad del Tolima, esierrar@ut.edu.co

Hernán J. Andrade

Universidad del Tolima, hjandrade@ut.edu.co

Milena A. Segura

Universidad del Tolima, masegura@ut.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/eq>

Citación recomendada

Sierra Ramírez, E., H.J. Andrade, y M.A. Segura (2022). Disponibilidad a pagar para mitigar las emisiones urbanas: un abordaje desde los hogares, Ibagué-Colombia. *Equidad y Desarrollo*, (39),. <https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss39.4>

This Artículo de investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Equidad y Desarrollo* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Disponibilidad a pagar para mitigar las emisiones urbanas: un abordaje desde los hogares, Ibagué-Colombia*

1

Erika Sierra Ramírez**

Hernán J. Andrade***

Milena A. Segura****

Palabras clave

Créditos de carbono, emisiones de los hogares, mercado voluntario de carbono, mercado regulado de carbono

Clasificación JEL

E61, E62, O11, O43

Resumen

Acelerar la implementación de acciones que disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es necesario. Por ello, se estimó la disponibilidad a pagar (DAP) de los hogares de Ibagué para mitigar las emisiones de GEI derivadas del consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica. Se empleó el método de valoración contingente para conocer la DAP mediante entrevistas semiestructuradas. El 38% de las 1816 familias encuestadas tienen DAP para mitigar las emisiones de GEI en sus hogares, aportando de manera voluntaria en promedio \$33.987/hogar/año. Por lo tanto, en el escenario de implementar mercados obligatorios y voluntarios de carbono en el 38% del total de los hogares de la ciudad, se lograría mitigar entre 3 y 86% del total de las emisiones (169 mil t CO₂ emitidas en los hogares al año).

Cómo citar este artículo: Sierra-Ramírez, E., Andrade, H. J., & Segura, M. A. (2022). Disponibilidad a pagar para mitigar las emisiones urbanas: un abordaje desde los hogares, Ibagué-Colombia. *Equidad y Desarrollo*, (39), e1437. <https://doi.org/10.19052/eq.voll.iss39.4>

Recibido: 26 de junio de 2021. **Aceptado:** 22 de abril de 2022

Publicación final: 30 de junio de 2022

* Artículo resultado de la investigación “Valoración biofísica y económica de las emisiones de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles y electricidad en hogares de la ciudad de Ibagué” con código 260130517, financiada por la la Oficina de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad del Tolima (convocatoria No. 004 - 2017).

** Universidad del Tolima. ✉ esierrar@ut.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-4449-2401>

*** Universidad del Tolima. ✉ hjandrade@ut.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-3398-294X>

**** Universidad del Tolima. ✉ masegura@ut.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-4813-1224>

1 \$ = COP (pesos colombianos, 1 COP = USD 3276 para el 31/12/2019).



Willingness to Pay to Mitigate Urban Emissions: A Household Approach, Ibagué-Colombia

Abstract

Implementing actions that reduce greenhouse gas (GHG) emissions is necessary. The willingness to pay (DAP) of Ibagué households was estimated to mitigate the GHG emissions derived from their consumption of fossil fuels and electricity. The contingent assessment method was used to find the WTP through semi-structured interviews. 38% of the 1,816 families surveyed have DAP to mitigate GHG emissions in their homes, voluntarily contributing \$ 33,9871/household/year on average. Therefore, implementing carbon markets in 38% of households would mitigate between 3 and 86%, compared to the 169 thousand t CO₂ emitted yearly.

Keywords

Carbon credits, household emissions, voluntary carbon market, regulated carbon market

Introducción

La economía ambiental se ha empleado para asignar un valor económico a los bienes y servicios que prestan los ecosistemas, lo cual ha permitido visibilizar los beneficios de la naturaleza y su irreversibilidad, además de la incertidumbre del mantenimiento de la vida en futuras generaciones (Montoya, 2019). El método de valoración contingente (VC) permite conocer la preferencia declarada de la disponibilidad a pagar de un bien que no se comercializa en el mercado (Ouyang et al., 2019), o del desarrollo de proyectos que potencian el mercado de carbono en el mundo (Donofrio et al., 2019; World Bank Group, 2020).

Dentro de las ventajas de su estimación se destaca la información que apoya las actividades de mitigación, incentiva la modificación de la normatividad o mejora el proceso de formulación de políticas públicas, internaliza las pérdidas ambientales e interviene las prácticas cotidianas en busca del desarrollo sustentable (Lara-Pulido et al., 2018; Ouyang et al., 2019).

Las actividades antrópicas han incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual es una de las causas del cambio climático que puede elevar la temperatura en unos 1,5°C, entre 2030 y 2050 (Intergovernmental Panel

on Climate Change [IPCC], 2019). En el 2018, las emisiones globales ascendieron a 55,3 miles de millones de tCO₂e (Fawzy et al., 2020) e históricamente eran mayores en los países desarrollados; sin embargo, desde el 2017 las emisiones basadas en la producción son mayores en los países en vías de desarrollo (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020). Esta problemática es causada por el crecimiento demográfico y la demanda excesiva de los recursos, debido a los hábitos de consumo y aumento del producto interno bruto (PIB) (Hashmi & Alam, 2019). El aumento de las emisiones se acentúa en aquellas regiones que continúan con un modelo de desarrollo en contravía a la preservación ambiental, generando impactos negativos sobre el ambiente y la salud del mundo (Ouyang et al., 2019).

Contrarrestar los efectos del cambio climático y gestionar un crecimiento verde es una necesidad de todos los países (ONU, 2020). Las estrategias de mitigación del cambio climático recaen en dos acciones: reducir emisiones de GEI e incrementar los sumideros de carbono (IPCC, 2007; 2014; Fawzy et al., 2020). Esto impulsó el establecimiento de tres mecanismos de mercado regulado de carbono como lo mencionó Dilas-Jiménez et al. (2020): 1) Comercio internacional de derechos de emisión, 2) Mecanismos de desarrollo limpio (MDL) e 3) Implementación Conjunta.

Colombia avanza en la implementación de instrumentos económicos, como el impuesto al carbono creado por medio de la Ley 1819 de 2016 y tiene bajo consideración el establecimiento de las tasas retributivas por emisión de GEI y el sistema de comercio de emisiones (International Carbon Action Partnership [ICAP], 2018; 2019). Adicionalmente, surgen iniciativas voluntarias para la reducción de emisiones (Giraldo-Quintero, 2017).

Los bonos de carbono son transados en el mercado voluntario o regulado bajo una serie de instrumentos específicos como los certificados de reducción de emisiones, los montos asignados anualmente, las unidades de reducción de emisiones y las unidades de remoción de emisiones (Ochoa-Maldonado, 2016). Sin embargo, son escasos los estudios de valoración sobre la disponibilidad a pagar para gestionar iniciativas de mitigación de las emisiones mediante el mercado de bonos o créditos de carbono (Muñoz & Vásquez, 2020; Williams, 2015).

Los mercados de carbono surgen de motivaciones variadas, tal como exigencias de accionistas y clientes, responsabilidad social empresarial, filantropía, adecuación a regulaciones futuras o estrategias financieras para obtener beneficios económicos (Giraldo-Quintero, 2017). El desarrollo masivo de estrategias para el cuidado ambiental requiere más investigación en diversas áreas urbanas para tener

una visión más profunda del valor económico de las riquezas naturales a potenciar (Fruth et al., 2019).

4 Así las cosas, entender el valor que los hogares están dispuestos a pagar para disminuir sus emisiones puede ayudar a contribuir una mejor planeación de las políticas públicas para las zonas urbanas, sitios de mayor concentración poblacional (Escobar, 2019). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue estimar la disponibilidad a pagar para mitigar las emisiones de GEI de los hogares urbanos de Ibagué (Colombia), derivadas del uso de combustibles fósiles y electricidad.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en las 13 comunas de la zona urbana del municipio de Ibagué, capital del departamento del Tolima (Colombia), que proyecta una población de 503.745 habitantes para el 2021 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2021a). Esta ciudad está situada en el piedemonte oriental de la cordillera central de los Andes de Colombia (4°15' - 4°40' N y 74°00' - 75°30' O), en el triángulo de desarrollo urbano del país entre Bogotá, Cali y Medellín.

En el 2012 el departamento del Tolima emitió 7 Mt de CO₂ ocupando el puesto 14 en el país. El 26% de las emisiones fueron originadas en el sector agropecuario, seguido de 25% en el sector forestal, el 22, 13 y 12% provinieron de las industrias manufactureras, transporte y otros sectores económicos, respectivamente (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] et al., 2016).

Ibagué representa el 2,1 y 38,9% del PIB nacional y departamental, respectivamente (Financiera de Desarrollo Territorial S. A. [Findeter], 2018). En el 2020 el PIB *per cápita* del Tolima fue de USD \$4.369, valor inferior al registrado para el país (USD \$5.332) en ese año (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2022). Su economía depende del comercio, servicios, la agricultura y la minería (Findeter, 2018), pero con una fuerte tasa de desempleo (18,6%) (DANE, 2021b). El crecimiento de la tasa de desempleo en los últimos años refleja un incremento de pobreza monetaria y extrema entre sus habitantes, así como el incremento de la inseguridad y pérdida del capital humano (Findeter, 2018). Esta problemática se ha agudizado aún más por la pandemia del Covid 19 en todo el país, donde se

estiman pérdidas de empleo en más de 975 mil mujeres y 184 mil hombres, entre los segundos trimestres del 2019 y 2020 (Herrera-Idárraga et al., 2020).

Diseño del muestreo

La población de referencia para el presente estudio fue de 170.170 hogares, según el número de usuarios del consumo de energía en Ibagué para el 2018 (Enertolima, 2018). Se empleó un muestreo aleatorio estratificado por estrato socioeconómico (1-6) y las comunas de la ciudad (13), el tamaño de muestra fue del 1,1 % del total de los hogares urbanos, discriminando proporcionalmente por estratos socioeconómicos, para un total de 1816 encuestas. Las encuestas fueron aplicadas durante el año 2019, de forma aleatoria y estratificada según el estrato socioeconómico y la comuna. Se utilizaron los siguientes criterios para realizar la entrevista por persona en el hogar: 1) edad entre 18 y 80 años; 2) residir en vivienda que sea de exclusivo uso residencial.

Características de la encuesta

Se realizó una encuesta semiestructurada en la cual se preguntó sobre las características sociodemográficas y socioeconómicas (tabla 1). De la misma forma, en la encuesta se incluyó la DAP bajo el método de valoración contingente para mitigar 169,2 Gg CO₂e generadas en los hogares urbanos de Ibagué por el uso de la energía eléctrica y combustibles fósiles (Sierra, 2020). El método empleado para estimar la decisión de la DAP utilizó el formato de referendo (sí/no) y el formato abierto, donde los encuestados podían decidir la cantidad en pesos colombianos (COP) que podrían pagar para mitigar sus emisiones de GEI (tabla 1). Así mismo, se consideró la argumentación de los hogares que se abstienen de contribuir monetariamente para mitigar las emisiones de GEI, es decir, aquellos en que su DAP es cero.

Tabla 1. Definición de variables empleadas en el estudio

Variable	Descripción
DAP	¿Cuenta con disponibilidad de pagar para mitigar las emisiones de GEI derivadas del uso de combustibles fósiles y consumo de energía eléctrica de su hogar? Sí = 1 / No = 0
DAP_Total	¿Cuál es la cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar por mitigar las emisiones de GEI derivadas del uso de combustibles fósiles y consumo de energía eléctrica de su hogar/mes?
SMMLV	Ingreso mensual del hogar en *SMMLV (1: <1; 2:1-2; 3: 3-4; 4:5-6; 5: ≥7)
NPERH	Número de personas por hogar (1-14)
HOMUL	Hogar multipersonal (Sí= 1 / No = 0)
PRO	Propietario de la vivienda (Sí = 1 / No = 0)
SEXO	Sexo del encuestado (1: hombre; 2: mujer)
ESCO	Escolaridad del encuestado (1: sin educación formal; 2: graduado de primaria; 3: graduado de secundaria; 4: técnico o tecnólogo; 5: graduado universitario; 6: postgrado).
EDAD	Edad del encuestado (18-80)
OCUP	Ocupación del encuestado (1: estudiante; 2: pensionado; 3: labores del hogar; 4: empleado - independiente; 5: desempleado; 6: desocupado; 7: estudiante – empleado).

*SMMLV: salario mínimo mensual legal vigente de Colombia equivalente a \$781.242 (COP) = \$264,2 (USD) (1 USD = \$2956,46 COP para el 31/12/2018) en el 2018 (SFC, 2020).

Fuente: elaboración propia.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para conocer, de los 1816 hogares encuestados, tomados del estudio realizado por Sierra (2020), la media y error estándar de la DAP *per cápita* y por hogar. Se generó un modelo econométrico no lineal probit con la DAP como variable dependiente y como variables predictoras se incluyeron la edad, género, escolaridad y ocupación del encuestado, junto a particularidades del hogar como número de personas que lo conforman, si la vivienda es propia y el ingreso monetario en SMMLV. El análisis se realizó con el paquete *stats de R*, con el cual se seleccionaron las variables predictoras que explicaran de manera significativa la DAP, como también sus intervalos de confianza al 97,5 %.

Además, se estimó la DAP total del sector residencial a nivel de la ciudad en tres escenarios (participación del 19, 38 y 100 % de los hogares), considerando el promedio ponderado de la DAP y el número de hogares de cada estrato socioeconómico². Los escenarios establecidos se seleccionaron de acuerdo con la proporción de DAP encontrada en la muestra: 38 %, la mitad de esta fracción (19 %) y, por último, un escenario ideal del 100 % que implica la obligatoriedad del pago para mitigar las emisiones.

Posteriormente, la DAP anual total para la ciudad en cada escenario se empleó para simular la posibilidad de plantear un mercado voluntario o un mercado regulado de bonos de carbono según los precios nacionales e internacionales de CO₂e. Es de aclarar que en Colombia no existe un mecanismo económico que permita recaudar fondos para mitigar las emisiones a nivel de hogar, sin embargo, se consideró que un bono de CO₂e (1 t) para el 2019 en Colombia cuesta \$16.422 (DIAN, 2020), el equivalente a USD 5,1/t CO₂e según la tasa representativa del dólar para el 2019 en Colombia (1 USD = \$3276 COP) (SFC, 2020), como se estableció en el impuesto al carbono para la gasolina, kerosene, jet fuel, ACPM y fuel oil en este país (DIAN, 2020).

Adicionalmente, se restó un 40 % del potencial recaudo considerando los costos de transacción del pago por servicio ambiental (Fauzi & Anna, 2013). Por último, se estimó el porcentaje mitigado de las emisiones de GEI teniendo en cuenta que los hogares de la ciudad de Ibagué emiten 169,2 Gg CO₂e por el uso de la energía eléctrica y combustibles fósiles (Sierra, 2020). De la misma forma, se detalló los motivos de los hogares para no tener DAP para mitigar sus emisiones (Williams, 2015).

Resultados

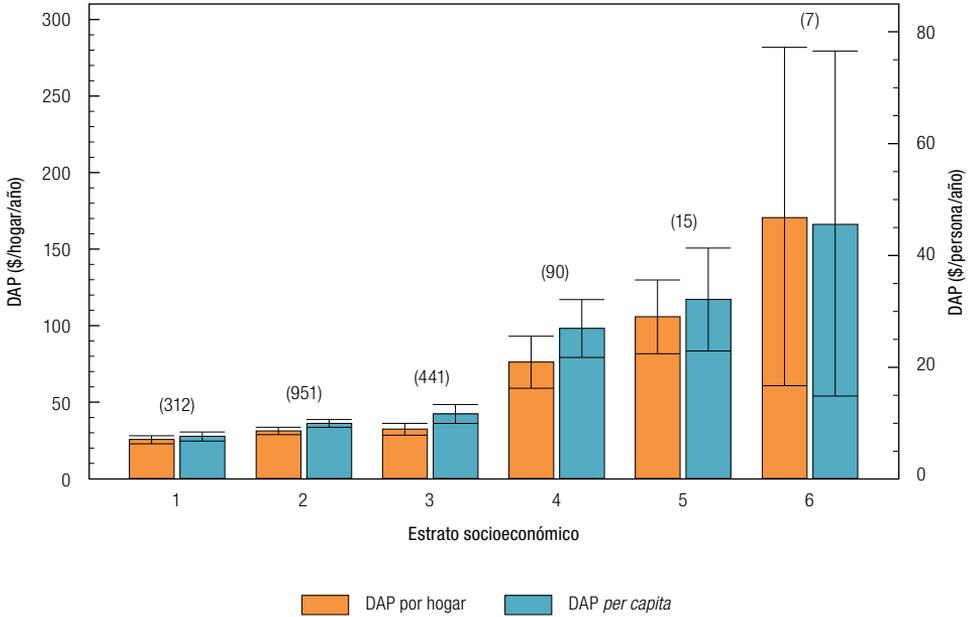
DAP de los hogares encuestados

Los hogares urbanos de Ibagué tienen una DAP del 38 % para mitigar sus emisiones de GEI. Se detectó un incremento en el monto de DAP por hogar y *per cápita* a medida que se incrementa el estrato socioeconómico, así una familia de estrato 1 pagaría \$25,5 mil COP/año; mientras que una de estrato 6 estaría dispuesta a pagar

2 Enertolima, comunicación personal, radicado 201800026472 de 2018

\$171,4 mil COP/año (figura 2). Los pagos *per cápita* variarían entre \$7,6 y 45,7 mil COP/año (figura 1).

8 **Figura 1.** DAP de los hogares urbanos de Ibagué para mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (2018)



Nota: las barras de error corresponden al error estándar. \$: miles de pesos colombianos (COP). Los valores entre paréntesis sobre las barras indican el número de muestras de cada estrato.

Fuente: elaboración propia.

Se encontró relación significativa ($p < 0,05$) entre los ingresos mensuales, número de personas del hogar, edad del encuestado y vivir en una vivienda arrendada frente a la DAP para mitigar las emisiones, según los parámetros estimados por el modelo probit (tabla 2). En cambio, la ocupación, el nivel de escolaridad, el sexo del encuestado y la cantidad de emisiones *per cápita* y por hogar no presentaron relación significativa frente a la DAP. De las variables que aportan de forma significativa a la DAP, se registra que el ingreso mensual tiene un mayor impacto, a diferencia del número de personas del hogar y la edad del jefe del hogar que, si bien aporta a la DAP, su participación involucra un menor impacto (tabla 2).

Entre las categorías del ingreso se encontró que las familias con ingresos entre 3-4 SMMLV impactan en mayor medida a la DAP (tabla 2). Las significancias estadísticas de las variables predictoras permitieron generar el modelo de probabilidades basado en la respuesta binaria (SÍ/NO) de la DAP (ecuación 1).

Tabla 2. Coeficientes de variación de las variables que aportan de forma significativa a la DAP de las emisiones de GEI de los hogares urbanos, Ibagué, Tolima, Colombia

	Estimado	DE	EE	p	IC 2,5%	IC 95%
α Intercepto	-0,928	0,425	2,181	0,03	-1,93	-0,18
$\beta 1$ Vivienda arrendada	-0,241	0,066	3,609	<0,01	-0,37	-0,11
$\beta 2$ SMMLV entre 1-2	1,646	0,407	4,043	<0,01	0,95	2,62
$\beta 2$ SMMLV entre 3-4	1,959	0,412	4,745	<0,01	1,26	2,94
$\beta 2$ SMMLV entre 5-6	1,748	0,470	3,719	<0,01	0,90	2,81
$\beta 2$ SMMLV ≤ 7	1,634	0,478	3,414	<0,01	0,77	2,71
$\beta 3$ # personas por hogar	-0,076	0,020	3,736	<0,01	-0,11	-0,03
$\beta 4$ Edad del jefe del hogar	-0,014	0,001	7,587	<0,01	-0,01	-0,01

Nota: DE: desviación estándar; EE: error estándar; p: significancia estadística; IC: intervalos de confianza.

Fuente: elaboración propia.

Ecuación 1

$$P(DAP = 1) = \Phi [\alpha + \beta 1(vivienda\ arrendada) + \beta 2(SMMLV) + \beta 3(\#de\ personas\ del\ hogar) + \beta 4(edad\ del\ encuestado) + \epsilon]$$

Donde;

P: probabilidad

DAP: disponibilidad de pagar para mitigar las emisiones de GEI del hogar

α : intercepto

$\beta 1$ a $\beta 4$: parámetros (pendientes)

vivienda arrendada (alquilada): 0 para arrendada y 1 para propia

SMMLV: ingresos del hogar en salarios mínimos mensuales legales

de personas del hogar: integrantes del núcleo familiar

edad del encuestado: en años

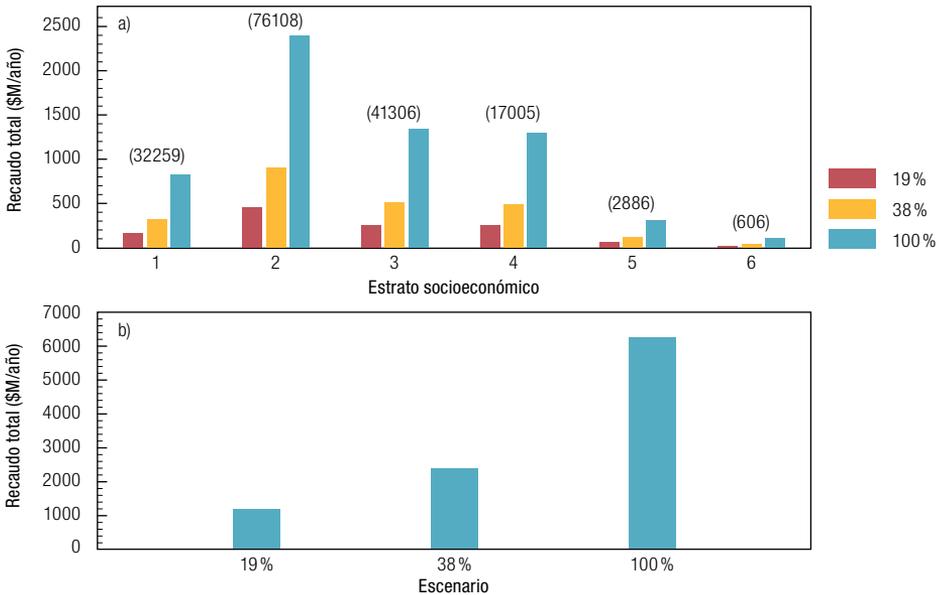
ϵ : error del modelo

Simulaciones de la DAP según la cantidad de hogares partícipes

10 La simulación mostró que según la DAP de los hogares en el estrato socioeconómico 2 se podría recaudar entre \$453 y 2386 millones COP/año a diferencia de los hogares categorizados en el estrato 6 donde la DAP podría variar entre \$19 y 103 millones COP/año, debido a la diferencia del número de hogares que se encuentran en cada estrato (figura 2a).

La DAP de los hogares para mitigar las emisiones de GEI se puede incrementar dependiendo del número de hogares que apoyen la ejecución del mercado de carbono en la ciudad de Ibagué. Al simular la DAP por estrato socioeconómico se encontró que con el 38 % de los hogares se lograría recaudar \$2375 millones COP/año, en cambio en el 19 % de estos hogares se lograría recibir \$1187 millones COP/año. Si el cobro fuera obligatorio, es decir el 100 % de los hogares tuvieran que pagar, se obtendría alrededor de \$6250 millones COP al año (figura 2b).

Figura 2. Simulación del recaudo monetario total de la DAP



Nota: según a) estrato socioeconómico y b) escenarios de participación (19, 38 y 100 %) en hogares de la ciudad de Ibagué, 2018. \$M: millones de pesos (COP).

Fuente: elaboración propia.

Mitigación de las emisiones por contribución monetaria

Si se planteara un mercado regulado mediante algunos de los siguientes mecanismos de carbono más grandes del mundo: 1) Registro Americano de Carbono (ACR), 2) la Reserva de Acción Climática (CAR), 3) Gold Standard y 4) Verificación del Estándar de Carbono (VCS) que explica el World Bank Group (2020), el recaudo lograría mitigar entre 286 y 381 mil t CO₂ y con esto reducir más del 100 % de las emisiones provenientes de los hogares de la ciudad. En contraste, si solo el 38 % o el 19 % de los hogares brindaran aportes monetarios se mitigaría entre 54,3 y 145 mil t CO₂ con los cuales se alcanzaría a disminuir entre un 32 y 86 % de las emisiones (tabla 3).

La cantidad de créditos de CO₂ que se podrían mitigar varía de acuerdo a los precios del bono de carbono en cada entidad o acuerdo del país. Al simular el mercado de carbono con los precios designados en Colombia, bajo la contribución voluntaria se lograría mitigar entre 26 y 51 % de las 169.229 t CO₂e anuales que se emiten en los hogares de Ibagué. Si se realizan esfuerzos mayores, la participación del 100 % de los hogares podrían mitigar 228 mil t CO₂, es decir, más del 100 % de las emisiones emitidas en la ciudad. En cambio, para entidades que cobran más de 12 USD/t CO₂ se podrían mitigar menos de 90 mil t CO₂ que corresponden a menos del 53 % de las emisiones del sector residencial (tabla 3).

Tabla 3. Simulación de la variación de los bonos de carbono recaudados en diferentes escenarios de DAP y su relación con la mitigación de las emisiones de GEI provenientes de los hogares de Ibagué en mercados obligatorios y voluntarios de carbono

Entidad del mercado de carbono	Valor de bono de carbono (US\$/t CO ₂)* 2019	Escenarios					
		100 %		38 %		19 %	
		Kt CO ₂	%	Kt CO ₂	%	Kt CO ₂	%
ACM ¹	84	13,6	8	5,1	3	2,5	2
Tokio CaT ²	52,5	21,8	13	8,2	5	4,1	2
RKOCM ³	29	39,4	23	15	9	7,5	4
SENDECO ₂ ⁴	24,8	46,1	27	17,5	10	8,7	5
Alberta SGER ⁵	16,5	69,3	41	26,3	16	13,1	8
CCOP ⁶	14	81,7	48	31	18	15,5	9

Continúa

12

Entidad del mercado de carbono	Valor de bono de carbono (U\$/t CO ₂)* 2019	Escenarios					
		100 %		38 %		19 %	
		Kt CO ₂	%	Kt CO ₂	%	Kt CO ₂	%
QOCM ⁷	12,7	90,1	53	34,2	20	17,1	10
BCOP ⁸	11	104	61	39,5	23	19,7	12
AERF ⁹	10,5	109	64	41,4	24	20,7	12
DIAN ¹⁰ RGGI	5	228,9	135	87	51	43,5	26
Gold Standard ¹¹	4	286,1	169	108,7	64	54,3	32
ACR ¹² VCS ¹³ CAR ¹⁴	3	381,1	225	145	86	72,5	43

*Precio del CO₂ al 2019. U\$ = USD. M (%): porcentaje de mitigación de las 169.229 t CO₂e anuales que se emiten en los hogares de la zona urbana de Ibagué. Siglas en inglés de 1. ACM: Suiza mecanismo de acreditación de certificaciones de CO₂; 2. Tokyo CaT: Programa de tope y comercio de Tokio; 3. RKOCM: Mecanismos de compensación crediticia de la República de Corea (World Bank Group, 2020); 4. SEN-DECO₂: Sistema europeo de negociación de CO₂ (SENDECO₂, 2021); 5. Alberta SCER: Reglamento de emisores de gas especificado en Alberta; 6. CCOP: Programa de compensación de cumplimiento de California; 7. QOCM: Mecanismo de compensación de créditos de Québec; 8. BCOP: Programa de compensación de Columbia Británica; 9. AERF: Australia ERF; 10. DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN, 2020); 11. RGGI: Iniciativas regionales sobre gases de efecto invernadero mecanismo de compensación de CO₂; Gold Standard; 12. ACR: Registro Americano de Carbono; 13. VCS: Verifica el estándar de carbono; 14. CAR: Reserva de Acción Climática (World Bank Group, 2020). Fuente: elaboración propia.

Motivos para no mitigar las emisiones producidas en los hogares urbanos

Entre los motivos para no mitigar las emisiones que se generan en los hogares urbanos de Ibagué, se encuentra que el 62 % de los hogares encuestados expresa desacuerdo en pagar para mitigar las emisiones de GEI que generan. El 68 % de estos hogares no tiene disponibilidad a pagar por limitaciones financieras. El 8 % de los hogares que no pagarían, sostienen que el gobierno es quien debe disminuir las emisiones; mientras que otro 8 % se abstendría de retribuir dinero por la alta corrupción del país, y el 7 % opina que el cobro de los servicios públicos es muy alto.

Otros motivos de los encuestados para no pagar son: 1) se deben implementar otras alternativas para disminuir las emisiones en los hogares, 2) esta mitigación

les compete a las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica y combustibles fósiles, 3) consideran que no emiten muchos GEI como para gastar recursos, 4) sugieren que solo los estratos altos deben de pagar, 5) consideran que contribuir con dinero para mitigar las emisiones del hogar podría aumentar en gran medida las emisiones de los hogares en la ciudad (1 %).

Discusión

Las familias de estrato socioeconómico 4 o superior, presentaron mayor DAP para mitigar las emisiones que los estratos 1, 2 y 3. Esta diferencia afecta el acceso a los recursos socialmente valorados y a las oportunidades para mejorar el ambiente (Marinho & Quiroz, 2018). La categorización del hogar según el estrato socioeconómico depende en cierta medida del capital acumulado y el ingreso de los hogares que contribuyen a la multiplicidad de factores que componen la matriz de desigualdad, actúan de forma simultánea y se acumulan a lo largo del tiempo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2016).

El estudio mostró que las variaciones en el ingreso de la familia afectan la DAP; así mismo, Meya (2020) afirma que la DAP por el mejoramiento ambiental aumenta con el ingreso medio y disminuye con la desigualdad del ingreso, al considerar el ambiente como un complemento para la obtención de bienes de consumo. Las diferencias de los ingresos de las familias limitan la posibilidad de contribuir con el cuidado y mejoramiento del ambiente, evidenciando la brecha económica, ambiental, social y política de los países en desarrollo (Marinho & Quiroz, 2018).

“El 62 % de los hogares encuestados expresa desacuerdo en pagar para mitigar las emisiones de GEI que generan. El 68 % de estos hogares no tiene disponibilidad a pagar por limitaciones financieras. El 8 % de los hogares que no pagarían, sostienen que el gobierno es quien debe disminuir las emisiones; mientras que otro 8 % se abstendría de retribuir dinero por la alta corrupción del país, y el 7 % opina que el cobro de los servicios públicos es muy alto”.

Además del ingreso familiar, se encontraron otros factores como la edad del jefe del hogar, el número de personas que lo habitan y vivir en una residencia arrendada, que afectan de forma significativa la DAP para mitigar las emisiones en la ciudad de Ibagué. Streimikiene et al. (2019), describen que aparte de los ingresos, se adicionan otros factores que afectan la DAP de las personas para usar energías renovables y mejoras en la eficiencia energética como: la edad, género, educación y precios del lugar de residencia. El bajo ingreso monetario podría explicar que los hogares con necesidades insatisfechas o con ingresos para suplir los gastos esenciales, no cuentan con ingresos adicionales para mitigar los daños que se generan al ambiente. Esto evidencia una barrera importante para contribuir a la mitigación de las emisiones de GEI, hecho que agudiza más el deterioro ambiental (Damián, 2015) y refuerza las desigualdades ambientales (Meya, 2020).

Las condiciones socioeconómicas cambiantes afectan la DAP, por ende, se requiere ajustar los valores ante la actual crisis económica agudizada por la pandemia. Esto en virtud que la pérdida de ingresos mundiales relacionados con la emergencia sanitaria del Covid-19 se estima en 1,1-3,0 billones de dólares en 2020 (Bohoslavsky, 2020). Esta situación invita a los formuladores de políticas ambientales a emplear más información de valoraciones económicas de bienes ambientales no comerciales para disminuir el impacto y la inequidad ambiental (Meya, 2020).

Los escenarios planteados permitirían un recaudo de \$1187 a \$6250 millones de COP al año, los cuales podrían ser efectivos para establecer medidas de mitigación. Esta valoración es base para estimar el potencial aporte de Ibagué a la mitigación del cambio climático, dentro de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). Si se efectuaran mecanismos de acreditación de carbono con el recaudo se podrían mitigar las emisiones en un 32-43 % si al menos 19 % de los hogares contribuye. En cambio, para el valor nacional (DIAN, 2020) el recaudo del 19 % de los hogares solo alcanzaría a mitigar el 26 % de las emisiones. Efectuar un mercado de carbono voluntario requiere la reducción de las emisiones o la mejora de los sumideros de GEI y que sean reales, evidencien adicionalidad, sean medibles y verificables.

El mantenimiento de las interrelaciones socioecológicas que se podrían desarrollar entre el comprador del crédito de compensación, así como la cuantificación del carbono que se habría emitido si no se planteara el proyecto para mitigar las emisiones provenientes de los hogares, junto a las menores emisiones que se producen al implementar el proyecto y la diferencia de las t CO₂e entre la línea base y el desarrollo del proyecto (Bumpus, 2011), permitirían evaluar la eficiencia

de este tipo de proyectos. Entre 2005 y 2018 se han efectuado 2008 proyectos de compensación en el mundo, América latina y el Caribe solo aporta un 11 % y contribuye con 52,2 Mt CO₂ de las 435,7 Mt CO₂ con cobeneficios adicionales a las comunidades y ecosistemas en donde se desarrollan (Hamrick & Gallant, 2018).

Colombia registra entre 2008 y el 2018 más de 10 proyectos de compensación de carbono (Hamrick & Gallant, 2018), tal como la Ley 1819 de 2016 que creó el impuesto al carbono. Este impuesto recae sobre todos los derivados de petróleo y todos los tipos de gas fósil que sean usados con fines energéticos, empleados para combustión exceptuando el sector residencial.

Sin embargo, la diferencia de precio del crédito de carbono determina la intensidad y efectividad de las medidas de mitigación (Muñoz & Vásquez, 2020) como se evidencia en la tabla 3. Es de resaltar que el precio medio ponderado por volumen de tonelada métrica fue de USD \$3,0 en 2018 (Donofrio et al., 2019) y el promedio de los precios compensados en el 2018 por t CO₂e osciló desde USD \$0,1 a más de USD \$70 por t CO₂ (Hamrick & Gallant, 2018).

No obstante, el uso de iniciativas de fijación de precios del carbono se ha diversificado a lo largo de los años en distintas regiones del mundo (World Bank Group, 2020), eso permite realizar exigencias sociales más rigurosas al proponer precios más altos. Por ejemplo, en Switzerland CO₂ Attestations Crediting Mechanism 1 t CO₂ cuesta USD \$83-85 a 2019 (World Bank Group, 2020). En cambio, en América Latina y el Caribe el promedio de los precios fue USD \$2,6/t CO₂e, siendo la silvicultura y el cambio de uso del suelo la categoría más común de proyectos (Hamrick & Gallant, 2018).

Implementar un mercado de carbono requiere de otras estrategias que funcionen de manera integral para lograr mitigar las emisiones (World Bank Group, 2019). Los hogares del sector urbano de la ciudad de Ibagué podrían mitigar las emisiones con un aporte monetario para el establecimiento de áreas de regeneración natural, plantaciones forestales y sistemas agroforestales tanto en la zona urbana como en la zona rural. Así, como el incremento de especies forestales en el arbolado urbano que fije mayor CO₂ en su biomasa (Acuña et al., 2021), ya sea para la implementación de parques o bosques urbanos y árboles individuales en las calles (Bockarjona et al., 2020).

Se encuentran otras alternativas como los techos y fachadas verdes, jardines y agricultura urbana, que al integrarlas con programas educativos y comerciales podrían transformar la calidad ambiental al modificar la planeación de infraestructura verde urbana para mitigar las emisiones de GEI (Acuña et al., 2021) e

incrementar los servicios ecosistémicos en las ciudades (Fruth et al., 2019; Boc-karjona et al., 2020; McCormick, 2020). Las estrategias, al desarrollarlas mediante diversos programas, constituyen alternativas para disminuir el impacto ambiental e impulsar la Política de Crecimiento Verde en el país, aprobada desde el 2018 por el Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES] (2018).

El análisis de los motivos de abstención para el pago en los hogares para mitigar las emisiones en las ciudades es indispensable para tratar de entender las barreras ocultas que podrían afectar la disposición de las personas en lugar de asumir la negación como un nulo interés de participación (Fruth et al., 2019). Excluir la DAP negativa puede llevar a conclusiones erróneas sobre los beneficios sociales netos del cambio propuesto, en cambio la inclusión puede animar un cambio en los hábitos de consumo. Así mismo, se obtendría información para estimar la necesidad de financiación pública adicional para mitigar las emisiones de aquellos hogares que verdaderamente no tienen recursos económicos para mitigar el daño ambiental que originan las actividades diarias de sus hogares (Streimikiene et al., 2019).

Por último, se recomienda el diseño de estrategias para disminuir las brechas que afectan la reducción y mitigación de emisiones de los hogares, puesto que el impacto de la heterogeneidad de los hogares y la dinámica social puede reducir entre 5-9% las emisiones de CO₂ para 2030 (Niamir et al., 2020). Así mismo, se debe considerar la variación de la DAP y la velocidad con la que se difunde la innovación (Kreuzer & Wilmsmeier, 2014).

Con esto surge la necesidad de educar a los consumidores sobre el uso de energía eléctrica y combustibles fósiles, al igual que el conocimiento del cambio climático (Streimikiene et al., 2019) y las metas mínimas planteadas en cada territorio (Corporación Autónoma Regional del Tolima [CORTOLIMA], 2018). Pues estas acciones podrían tener un impacto positivo sobre la DAP para mitigar las emisiones, al igual que el aporte individual y colectivo del cuidado ambiental en un futuro (Akenji & Chen, 2016). Sin embargo, faltan estudios en la ciudad que muestren los costos que implicaría la adopción de dichas acciones.

El avance de otras ciudades del mundo en materia de sostenibilidad invita al análisis de la economía del comportamiento, la implementación del mercado de carbono urbano, la modelación costo-efectividad de las opciones a implementar para la mitigación de GEI (Streimikiene et al., 2019; Niamir et al., 2020), la innovación y el desarrollo conjunto de investigaciones entre la academia, el sector público-privado y la comunidad (McCormick, 2020). Además, es indispensable hacer énfasis en las características socioeconómicas, las actitudes y las intenciones

de los hogares a la hora realizar la contabilidad de las actividades de modelización durante el diseño e implementación de políticas de mitigación del cambio climático (Streimikiene et al., 2019).

Conclusiones

La valoración económica permitió mostrar que el ingreso monetario de las familias genera el mayor impacto en la DAP de los hogares para mitigar las emisiones de CO₂e derivadas de uso de combustibles fósiles y consumo de energía en el sector residencial de la ciudad de Ibagué. Por ello, se resalta la importancia de ejecutar estudios que caractericen a las comunidades como estrategia vinculante en las políticas ambientales que se plantean en los territorios.

El dinero anual estimado que se podría recaudar al considerar la DAP de los hogares de Ibagué estaría entre \$1187 y \$6250 millones de COP, lo cual serviría para mitigar entre el 3 y el 100 % de las emisiones de los hogares. De acuerdo a la DAP declarada por los hogares, se podría mitigar entre el 3 y 86 % de las 169.229 t CO₂e que emiten anualmente los hogares de la ciudad.

La implementación de DAP, para gestionar acciones que permitan la reducción de las emisiones de la ciudad de Ibagué o mejorar los sumideros de GEI, es un estudio de base que permite la planeación de alternativas que en conjunto logren la sostenibilidad, al invertir en estrategias con soluciones basadas en la naturaleza y modificación de hábitos de consumo, no sin antes evaluar los costos de implementar cada una de estas acciones.

De acuerdo con la aceptación y DAP de la ciudadanía se podrían implementar mercados regulados o mercados voluntarios de carbono como una alternativa para compilar fondos que permitan la implementación de estrategias de mitigación, donde se logre disminuir el impacto de las emisiones y se revierta la contaminación en las ciudades.

Referencias

Acuña, L. M., Andrade, H. J., Segura, M. A., Sierra, E., Canal, D. S., & Greñas, O. E. (2021). Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero de hogares por

arbolado urbano, Ibagué-Colombia. *Revista Ambiente & Sociedade*, 24. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200191vu-2021L3AO>

- Akenji, L., & Chen, H. (2016). *A framework for shaping sustainable lifestyles. Determinants and strategies*. United Nations Environmental Programme. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9995>
- Bockarjona, M., Botzen, W., & Koetse, M. J. (2020). Economic valuation of green and blue nature in cities: A meta-analysis. *Ecological Economic*, (169), 106480. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106480>
- Bohoslavsky, J. P. (2020). *COVID-19: Llamamiento urgente para una respuesta a la recesión económica desde los derechos humanos*. Naciones Unidas. https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Development/IEDebt/20200414_IEDebt_urgent_appeal_COVID19_SP.pdf
- Bumpus, A. G. (2011). The matter of carbon: understanding the materiality of tCO₂e in carbon offsets. *Antipode*, 43(3), 612-638. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2011.00879.x>
- Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. (2016). *La matriz de la desigualdad social en América Latina*. Naciones Unidas. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/matriz_de_la_desigualdad.pdf
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2018). *Política de crecimiento verde* [Documento Conpes, 3934]. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2018). *Plan de Gestión del Cambio Climático Territorial del Tolima “Ruta Dulima. El Tolima enfrenta el cambio en el clima”*. https://www.cortolima.gov.co/images/planes_y_programas/residuos_desechos_peligrosos/Documento_tecnico_DTS_cambio_climatico_01.pdf
- Damián, A. (2015). Crisis global, económica, social y ambiental. *Estudios demográficos y urbanos*, 30(1), 159-199. <https://doi.org/10.24201/edu.v30i1.1489>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021a). *Proyecciones anuales de población por sexo y edad para el periodo 2018-2021*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021b). *Mercado laboral Ibagué noviembre 2020 – enero 2021*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- Dilas-Jiménez, J. O., Ortecho-Llanos, R., & Álvarez-Ticllasuca, A. (2020). Captura de Carbono: Un enfoque sobre el cambio climático y los servicios ecosistémicos en el Perú. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 1(2), 2-14. <https://doi.org/10.47422/ac.vli2.8>
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (31 de enero de 2020). Resolución 000009. Por la cual se ajustan las tarifas del Impuesto Nacional a la Gasolina y al ACPM, y del Impuesto Nacional al carbono. <https://www.dian.gov.co/normatividad/Normatividad/Resoluci%C3%B3n%20000009%20de%2031-01-2020.pdf>
- Donofrio, S., Maguire, P., Merry, S., & Zwick, S. (2019). *Financing emissions reductions for the future. State of the voluntary carbon markets 2019*. Forest Trends' Ecosystem Marketplace. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2019/12/SOVCM2019.pdf>
- Escobar, E. M. (2019). La importancia de los bosques urbanos. En E. Guerrero-Forero (Ed.), *Voces sobre Ciudades Sostenibles y Resilientes* (pp. 47-52). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://americadosul.iclei.org/es/documentos/voces-sobre-ciudades-sostenibles-y-resilientes/>
- Fauzi, A., & Anna, Z. (2013). The complexity of the institution of payment for environmental services: a case study of two Indonesian PES schemes. *Ecosystem Services*, 6, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.003>

Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D.W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(5), 2069-2094. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w>

Financiera de Desarrollo Territorial S. A. (2018). *Ibagué sostenible 2037 Territorio conector, colectivo y competitivo*. https://repositorio.findeter.gov.co/bitstream/handle/123456789/200/PDA_Ibague.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fruth, E., Kvistad, M., Marshall, J., Pfeifer L., Rau, L., Sagebiel, J., Soto, D., Tarpey, J., Weir, J., & Winiarski, B. (2019). Economic valuation of street-level urban greening: A case study from an evolving mixed-use area in Berlin. *Land Use Policy*, 89, 104237. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104237>

Giraldo-Quintero, C. (2017). *Evaluación del mercado regulado de bonos de carbono vs el mercado voluntario en proyectos hidroeléctricos en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63147>

Hamrick, K., & Gallant, M. (2018). *Voluntary carbon markets outlooks and trends: january to march 2018*. Forest Trends. https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2018/07/VCM-Q1-Periodical_Draft_7.6_marketactivity.pdf

Hashmi, R., & Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO₂ emissions, population, and economic growth in OECD countries: a panel investigation. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100-1109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.325>

Herrera-Idárraga, P., Hernández-Bonilla, H. M., Gélvez-Rubio, T., Ramírez-Bustamante, N., Tribín, A. M., & Cuyana-Garzón, T. (octubre de 2020). *Informe sobre cifras de empleo y brechas de género*. *Cambios en el*

empleo en actividades de cuidado remunerado a raíz del COVID-19. DANE. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/Informe-sobre-cifras-de-empleo-y-brechas-de-genero-10-2020.pdf>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2016). *Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero – Colombia*. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>

International Carbon Action Partnership. (2018). *Emissions Trading Worldwide: ICAP Status Report 2018*. <https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-worldwide-icap-status-report-2018>

International Carbon Action Partnership. (2019). *Emissions Trading Worldwide: ICAP Status Report 2019*. https://icapcarbonaction.com/system/files/document/19_icap_report_web.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg3/>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *Calentamiento global de 1,5 °C*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

- Kreuzer, F. M., & Wilmsmeier, G. (2014). *Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe: una hoja de ruta para la sostenibilidad*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36798/S1420695_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lara-Pulido, J. A., Guevara-Sanginés, A., & Arias-Martelo, C. (2018). A meta-analysis of economic valuation of ecosystem services in Mexico. *Ecosystem services*, 31, 126-141. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.018>
- Ley 1819 de 2016. (29 de diciembre). Por el cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*. n.º 50.101.
- Marinho, M. L., & Quiroz, V. (2018). *Estratificación social: una propuesta metodológica multidimensional para la subregión norte de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44328>
- Mccormick, K. (2020). *Cities, nature and innovation: new directions*. Lund University.
- Meya, J. (2020). Environmental inequality and economic valuation. *Environmental and resource economics*, 76(5-6), 235-270. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00423-2>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2022). *Información: perfiles económicos departamentales*. Oficina de Estudios Económicos. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/eda93571-34c2-48d8-956e-6cffb358d488/Tolima>
- Montoya, P. C. (2019). *Método para la determinación del valor económica del servicio ambiental del área verde del valle de Moche* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15569>
- Muñoz, M. E., & Vásquez, E. G. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO₂ vehicular en Cuenca, Ecuador* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18390>
- Niamir, L., Kiesewetter, G., Wagner, F., Schöpp, W., Filatova, T., Voinov, A., & Bressers, H. (2020). Assessing the macroeconomic impacts of individual behavioral changes on carbon emissions. *Climatic Change*, 158, 141-160. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02566-8>
- Ochoa-Maldonado, O. A. (2016). Bonos de carbono: desarrollo conceptual y aproximación crítica. *Revista Misión Jurídica*, 9(11), 289-297. <https://doi.org/10.25058/1794600X.141>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *World Economic Situation and Prospects*. https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf
- Ouyang, X., Zhuang, W., & Sun, C. (2019). Haze, health, and income: An integrated model for willingness to pay for haze mitigation in Shanghai, China. *Energy Economics*, 84, 104535. <https://doi.org/10.1016/j.ene-co.2019.104535>
- SendeCO₂. (2021). *Precios CO₂*. <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Sierra, E. (2020). *Relación entre la emisión de gases de efecto invernadero y las características sociodemográficas y socioeconómicas de hogares del municipio de Ibagué, Tolima, Colombia* [Tesis de maestría, Universidad del Tolima]. Repositorio Institucional de la Universidad del Tolima. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/3258>
- Streimikiene, D., Balezentis, T., Alisauskaitė-Seskiene, I., Stankuniene, G., &

Simanaviciene, Z. (2019). A Review of Willingness to Pay Studies for Climate Change Mitigation in the Energy Sector. *Energies*, 12(8), 1481. <https://doi.org/10.3390/en12081481>

Superintendencia Financiera de Colombia. (2020). *Histórico TRM para estados financieros*. <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/9332>

Williams, G. (2015). Households willingness to pay for the emissions reduction policy, Queensland, Australia. *SAGE Open*, 5(3), 2158244015604014. <https://doi.org/10.1177/2158244015604014>

World Bank Group. (junio de 2019). *State and trends of carbon pricing 2019*. https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/5d00ff2306c80b0001010e44/1560346417295/Report_State+and+Trends+of+Carbon+Pricing+2019.pdf

World Bank Group. (mayo de 2020). *State and trends of carbon pricing 2020*. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y>