

# Impacto de buenas prácticas en el uso de electrodomésticos eficientes en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los hogares urbanos de Ibagué, Colombia\*

Impact of good practices in the reduction of CO<sub>2</sub> emissions through the use of efficient appliances in urban homes of Ibagué, Colombia

Erika Sierra Ramírez <sup>a</sup>

Universidad del Tolima, Colombia

esierrar@ut.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4449-2401>

DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-47.ibpu>

Recibido: 20 Abril 2020

Aceptado: 12 Junio 2020

Publicado: 30 Diciembre 2020

Hernán J. Andrade Castañeda

Universidad del Tolima, Colombia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3398-294X>

## Resumen:

En esta investigación se estimó la emisión de CO<sub>2</sub> que debía ser evitada con el fin de proyectar el impacto de buenas prácticas en los hogares urbanos en Ibagué mediante el uso de electrodomésticos eficientes. Para ello, una encuesta semiestructurada permitió estimar el consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub> actuales derivadas del uso de equipos en el hogar. A partir de los resultados, se proyectó la emisión en cuatro escenarios de cambio de electrodomésticos actuales para los próximos 20 años. El cambio del refrigerador, la lavadora y las lámparas incandescentes o fluorescentes disminuyen las emisiones de 55,8 Gg a 52,8 Gg CO<sub>2</sub> para el año 2039. El cambio total de estos equipos por unos eficientes reduciría la emisión en cerca de 40 Gg CO<sub>2</sub> durante 20 años. La propuesta de la investigación radica en alentar a la ejecución de estrategias locales que incentiven la modificación de hábitos, políticas de consumo y uso de equipos eficientes.

**Palabras clave:** Consumo de energía, eficiencia energética, impacto ambiental, sector residencial.

## Abstract:

This research estimated CO<sub>2</sub> emission to be avoided in order to project the impact of good practices in urban homes in Ibagué through the use of efficient appliances. A semi-structured survey was used to estimate current consumption and CO<sub>2</sub> emissions derived from the monthly use of existing equipment at home. The emission in four scenarios was projected to change current appliances for the next 20 years. Replacing the refrigerator, washing machine and incandescent or fluorescent lamps reduces emissions from 55.8 Gg to 52.8 Gg CO<sub>2</sub> by 2039. A total change of the appliances by efficient ones would reduce emissions by around 40 Gg CO<sub>2</sub> during 20 years. This study also motivates the execution of local strategies encouraging the modification of habits, consumption policies and use of efficient equipment.

**Keywords:** Energy consumption, energy efficiency, environmental impact, residential sector.

## Introducción

El aumento significativo del consumo de energía en las últimas décadas ha incentivado la gestión de este recurso en todos los sectores económicos. El 75% de la energía consumida en Colombia es derivada del uso de los combustibles fósiles (Moreno et al., 2018). El sector residencial ocupa el tercer puesto de mayor consumo de energía en el mundo y se estima que para el 2035 la demanda de electricidad aumentará en un 24% considerando el crecimiento poblacional, el incremento económico, así como el desarrollo tecnológico e industrial de los países emergentes (Qurat et al., 2018). Además, la pandemia de COVID-19 tiene un efecto negativo, tanto provisional como prolongado, sobre la sostenibilidad de ciudades del mundo en términos energéticos, debido a los cambios sociales, económicos, ambientales y tecnológicos relacionados con la demanda energética de los hogares (Cheshmehzangi, 2020).

<sup>a</sup> Autora de correspondencia. Correo electrónico: esierrar@ut.edu.co

En Colombia el 16,5% del consumo energético del sector residencial se destina principalmente a la cocción de alimentos, refrigeración, televisión e iluminación. Excluyendo el consumo energético en el transporte de los hogares urbanos, la mayor demanda ocurre al emplear: electricidad 55%, gas natural 35% y un porcentaje menor equivalente al 10% en otros energéticos como gas GLP, leña y carbón (Ministerio de Minas y Energía [MME], 2016). La cobertura de servicios de energía eléctrica y gas natural en Colombia para el año 2018 fue de un 96% y 67% respectivamente; mientras que en el Tolima esta cobertura fue de 98% y 69% (Dane, 2019).

El país cuenta con diversidad de recursos renovables con potencial para ser transformados en energía, en la Política Energética se han integrado planteamientos de incentivos e iniciativas para mejorar la eficiencia energética (Castillo et al., 2015). Esta política se enlaza con la Política Nacional de Producción y Consumo que enfatiza la necesidad de promover el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial de manera sostenible (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Esto condujo a que el gobierno nacional trazara como meta indicativa de ahorro entre 2017-2022 en el sector residencial un total de 56.121 TJ<sup>1</sup>, así como el aumento de la eficiencia energética, además de la suma de los esfuerzos nacionales para contribuir mundialmente y la inversión en I+D+i en tecnologías limpias y eficientes para el 2030 (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2017).

Sin embargo, el desarrollo eficiente de la energía requiere de fuertes cambios tecnológicos enmarcados en sistemas de gestión acogiendo las necesidades de la población y reduciendo el impacto ambiental para cada alternativa, que permita garantizar la alta eficiencia y emisiones bajas de CO<sub>2</sub> (Serrano et al., 2017; Li et al., 2019). Por ejemplo, la gran mayoría de energía eléctrica en Colombia se deriva de centrales hidroeléctricas que en promedio generan 130 g CO<sub>2</sub>/kWh (Camargo et al., 2013) e impactan de manera negativa los ecosistemas al alterar las condiciones originales del agua, el suelo y la dinámica poblacional (Rojas, 2016). El país tampoco está exento de la reducción de caudales de agua disponibles debido a los intensos eventos hidro-climáticos de larga duración que se han presentado en años anteriores (Kreuzer y Wilmsmeier, 2014), lo cual obviamente afecta la generación de las hidroeléctricas.

El mantenimiento de los recursos energéticos, demanda acciones que le permiten mantenerse de manera exitosa. Entre las fuentes de energía no convencionales se encuentran: bioenergética, solar directa, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica y eólica. Estas amplias opciones de diversificación de la matriz energética necesitan ser independientes de la concepción tradicional, centralizada hacia un modelo de distribución desarrollado con estrategias inteligentes en la búsqueda continua del control de la demanda (González, 2014). Sin embargo, promover el desarrollo de energías renovables es difícil debido a los altos costos (Li et al., 2019), lo cual ha impulsado al MME (2016) a plantear incentivos e iniciativas de eficiencia energética para reducir el 9% del consumo de energía del país entre 2017 y 2022.

Dentro de las estrategias previstas se encuentra la adopción de criterios de construcción, promoción de sustitución de bombillos, sustitución de refrigeradores viejos por equipos más eficientes, ejecución de proyectos eficientes con aires acondicionados, uso de energía solar para precalentar agua, la autogeneración de energía con fuentes renovables y la suspensión de aparatos *stand* (MME, 2016). Así mismo, se ha incorporado la Estrategia Nacional de Economía Circular que propende por la consolidación de ciudades sostenibles al optimizar tanto la eficiencia de la producción, el consumo de materiales, como también la reducción de la huella hídrica y de carbono (Gobierno de la República de Colombia, 2019). Estas estrategias alientan la disminución del consumo de energía y aseguran el abastecimiento energético al incorporar productos de eficiencia energética, aunque se debe erradicar la carencia de coordinación técnica y pedagógica, que afecta la adherencia a las políticas públicas. Es por eso que aclarar, distinguir y transmitir la información que aparece en la etiqueta energética de los equipos se hace indispensable, principalmente en el sector residencial (Torres, 2020).

Si bien algunos autores, como Baquero & Quesada (2016) y Marmolejo et al. (2018), han evaluado la eficiencia energética, pocos han estimado el impacto del cambio de equipos tradicionales por nuevos, de

mayor eficiencia. Este estudio pronostica el impacto de buenas prácticas en los hogares urbanos de Ibagué para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> al emplear electrodomésticos eficientes.

## Materiales y métodos

El municipio de Ibagué se encuentra ubicado en la cordillera central de Colombia, cuenta con un área de 1439 km<sup>2</sup>, de los cuales el 2,4% pertenece al área urbana (3468 ha) dividida político-administrativamente en 13 comunas y 445 barrios (Findeter, 2018). Esta ciudad alberga alrededor de 500 mil habitantes entre estrato socioeconómico 1 y 6 (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2020), lo que la constituye como una ciudad intermedia en Colombia al igual que Manizales, Pereira, Pasto, Neiva, Villavicencio, Montería Santa Marta y Cúcuta (Bateman et al., 2015) y a otras ciudades del Europa como Bilbao, Santa Coloma de Gramenet, Sabadell, Maribor (Acero et al., 2019).

En el 2018, la demanda energética de Ibagué fue de 478,63 GWh, siendo el sector residencial quien demandó el 45% de esta, seguido del comercio, la industria y demás sectores con el 27, 15 y 13%, respectivamente (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2020). Además, Findeter (2018) identificó que Ibagué es la segunda ciudad del país con mayor área verde *per capita* (6,7 m.). Sin embargo, el arbolado urbano fija alrededor de 3,81 Gg CO<sub>2</sub>/año, lo que representa solo el 2,3% de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los hogares de la ciudad (Acuña et al., en prensa).

La demanda de energía eléctrica derivada del consumo en el sector residencial de la zona urbana del municipio Ibagué, se analizó al emplear un diseño de muestreo aleatorio de hogares. Se desarrolló un arquetipo de abajo hacia arriba (*bottom-up*) el cual calcula el consumo de energía por vivienda y luego lo extrapola para representar todo el sector residencial (Reyna y Chester, 2017). Se obtuvo una muestra de 252 viviendas, en las cuales se realizaron encuestas semiestructuradas y la recopilación de información integró datos de: el consumo de energía eléctrica, la identificación de equipos, antigüedad, el tiempo de uso promedio mensual y la opinión de la aceptación de programas que incentivan la eficiencia energética, tomando como referencia a Kaza (2010), Baquero y Quesada (2016) y Marmolejo et al., (2018).

Posteriormente, se estimó el consumo total anual del hogar al multiplicar el número de dispositivos, consumo nominal y horas de funcionamiento al año mediante la fórmula (1) descrita por Rojas (2016). Luego se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub> considerando el factor de emisión que recomiendan Camargo, Arboleda y Cardona (2013) para el consumo de energía eléctrica en Colombia (130 g CO<sub>2</sub>/kWh). En la Tabla 1 se evidencian los consumos de energía eléctrica de los equipos más comunes en el hogar que en la actualidad tienen etiqueta energética eficiente con los cuales se estimó el consumo ideal.

$$Ec = (N * CU) * t * \left(\frac{1kW}{1000W}\right)$$

[ Fórmula 1 ]

Donde:

EC: Consumo de energía en (kWh/día)

N: Número de equipos

CU: Consumo unitario de energía del equipo (W)

t: Tiempo de uso (h)

TABLA 1.  
Consumo de energía nominal de los electrodomésticos más comunes  
(antiguos y eficientes) que poseen los hogares en Ibagué, Tolima, Colombia

Equipos	Antiguo	Eficiente
	Kwh/unidad/mes	
<b>Refrigerador</b>	64,30	30
<b>Congelador</b>	117	38
<b>Lavadora</b>	38,16	11,30
<b>Bombillos</b>	17,60	0,60
<b>Aire acondicionado</b>	480	129,15

Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz (s. f.); Consorcio Corpoema-CUSA (2012); Hernández y Carrillo (2017).

Luego se pronosticó el consumo y las emisiones a 20 años, el cual se incluye en la Política Pública Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Tolima “Ruta Dulima, el Tolima enfrenta al cambio en el clima” (Asamblea Departamental del Tolima, 2019), teniendo en cuenta el 3,43% de crecimiento anual del sector residencial en Colombia para el año 2018 (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2019). En estas proyecciones se consideró un incremento del 3,43% anual del consumo eléctrico del sector residencial en Colombia para el año 2018 (UPME, 2019).

Posteriormente, se plantearon cuatro escenarios potenciales que podrían darse por el establecimiento de políticas dirigidas al ahorro de energía eléctrica en la ciudad: 1) uso ideal del 100% de los equipos eficientes del mercado (conversión del 100% de refrigeradoras, lámparas y lavadoras por aquellas eficientes); 2) cambio del 100% de las refrigeradoras antiguas por eficientes; 3) cambio del 100% de las incandescentes o ahorradores por lámparas LED; y 4) cambio del 100% de lavadoras antiguas por eficientes. Los cuatro escenarios consideraron que los cambios se desarrollarían de manera paulatina durante los siguientes diez años e incluyeron la tasa del 3,43% anual de incremento en el consumo eléctrico. Se consideraron como línea de base las emisiones actuales con el respectivo incremento en consumo.

## Resultados

Entre los principales electrodomésticos que contribuyen a la generación del mayor consumo de energía en los hogares urbanos de Ibagué se encuentra el refrigerador y las lámparas fluorescentes con 204 MWh y 63 MWh, respectivamente en el año evaluado (ver Figura 1). Además, se encontró que el 7% de los hogares encuestados aún utilizan lámparas incandescentes (de filamento y halógenas), a pesar de que la normatividad colombiana ha prohibido la comercialización de éstos, se espera que en próximos años termine la vida útil de las lámparas incandescentes comercializados en el año 2018 (MME, 2016).

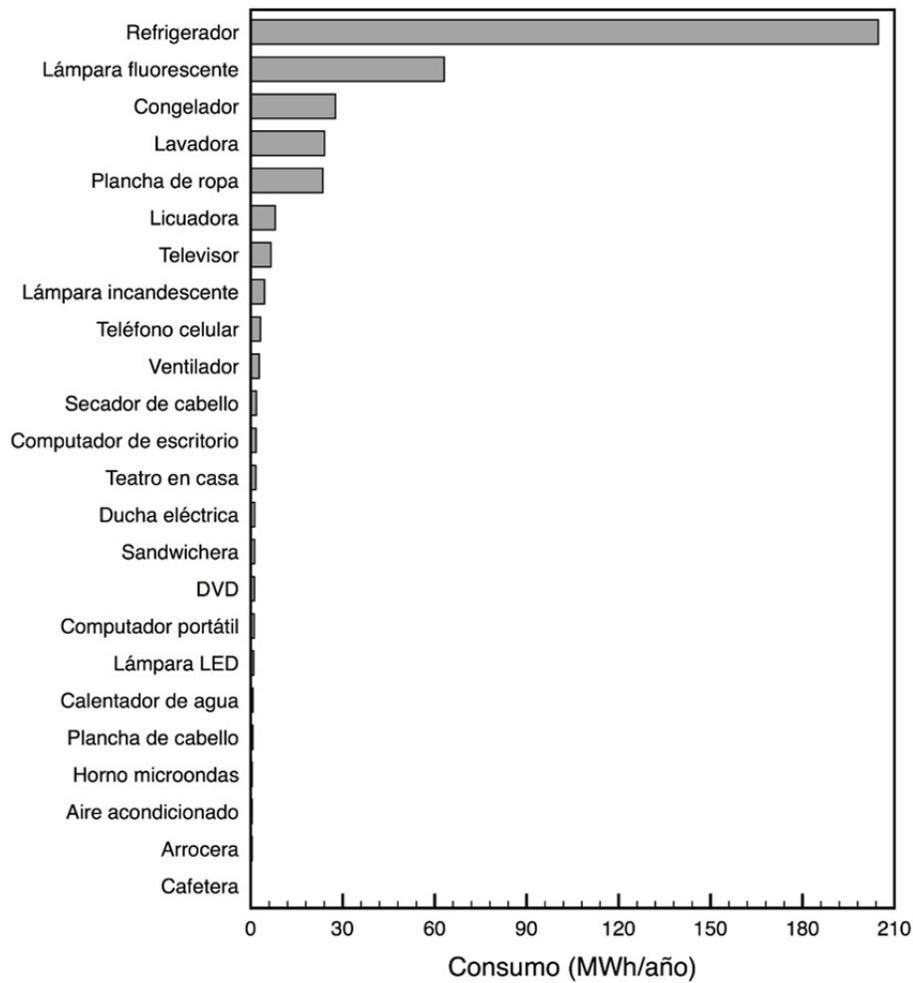


FIGURA 1.

Consumo de energía eléctrica de 252 hogares por cada equipo en la ciudad de Ibagué, Tolima, Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

El sector residencial de Ibagué consumió aproximadamente 706,5 TJ en el año 2019 los cuales causaron cerca de 255,1 Gg CO<sub>2</sub>. Al proyectar las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo eléctrico desde 2020 hasta 2039 con una tasa de incremento anual del 3,43%, se observa que el cambio del refrigerador, la lavadora, las lámparas incandescentes o fluorescentes contribuyen de manera positiva a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> de 52,8 a 55,8 Gg hasta el año 2039. Al observar en detalle, el cambio de refrigeradores antiguos por unos nuevos con mayor eficiencia, puede contribuir con la disminución de 2,4 Gg al año 2039 (Figura 2a).

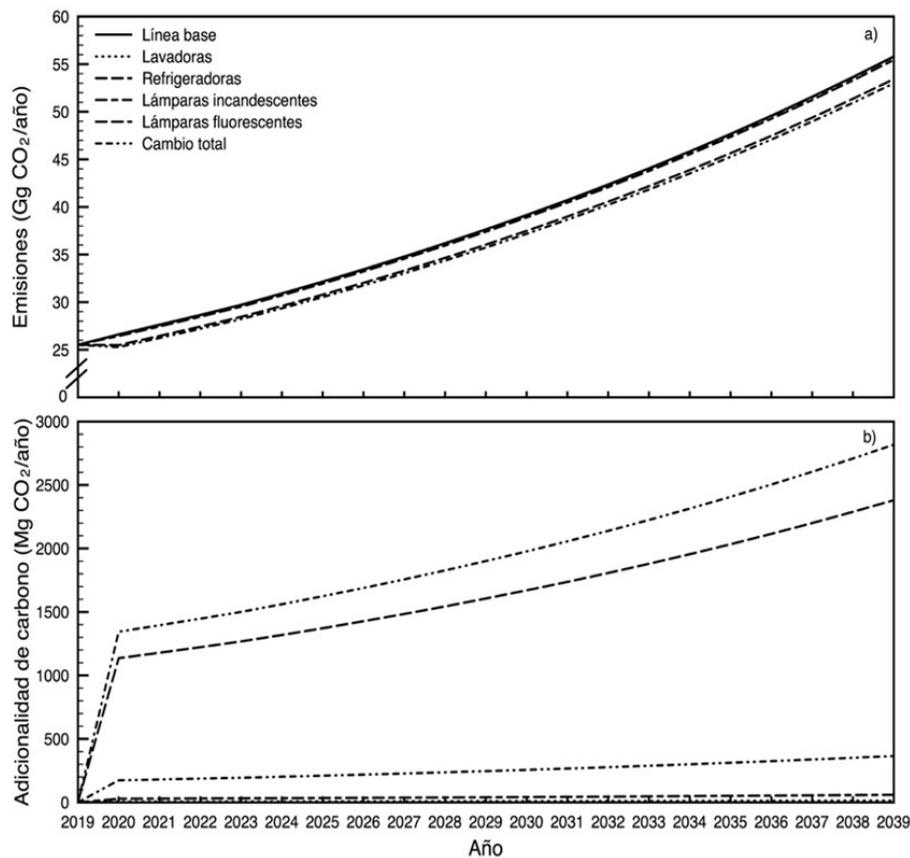


FIGURA 2.  
Emisiones y adicionalidad de carbono por cambio en equipos eficientes en la ciudad de Ibagué entre 2019 y 2039.

Nota: Proyección de: a) la emisión de CO<sub>2</sub> de la ciudad de Ibagué en línea con base y escenarios al cambiar: cantidad lavadoras (escenario ideal), 100% de refrigeradores, 100% de lámparas incandescentes, 100% lámparas fluorescentes y cambio total de equipos viejos por equipos eficientes desde 2019 a 2039; b) la adicionalidad de carbono (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>) de los escenarios mencionados respecto a la línea base desde 2019 a 2039.

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de las reducciones en consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2</sub>, solo el 56% de los hogares encuestados en la zona urbana de Ibagué desean cambiar sus equipos actuales por aquellos con mayor eficiencia energética. Entre los más mencionados se encuentra la lavadora y el refrigerador con 48% y 17%, respectivamente. Estos equipos tienen una antigüedad de  $5,1 \pm 0,3$  y  $5,5 \pm 0,3$  para las lavadoras y refrigeradores, respectivamente. La adicionalidad de carbono se incrementa con el tiempo y tiende a ser superior con el cambio total de equipos viejos por unos más recientes y eficientes con 2817 Mg CO<sub>2</sub> para el año 2039, a diferencia de la adicionalidad con solo el cambio de los refrigeradores, las lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes y las lavadoras con 2380, 365, 59,9 y 13,8 Mg CO<sub>2</sub>, respectivamente en 20 años (Figura 2b).

Al realizar la consulta sobre programas que fomenten un incremento en la eficiencia energética, el 35% de los hogares encuestados prefieren la reducción de la tarifa de energía eléctrica; mientras que el 25% apoya la reducción del 20% del precio de la adquisición en nuevas viviendas con equipamientos energéticos eficientes, seguido del 21,4% de la adecuación de equipos que permitan identificar el consumo y ahorro energético. Por último, solo el 19% prefiere el financiamiento para adquirir equipos más eficientes con bajas tasas de interés (Figura 3).

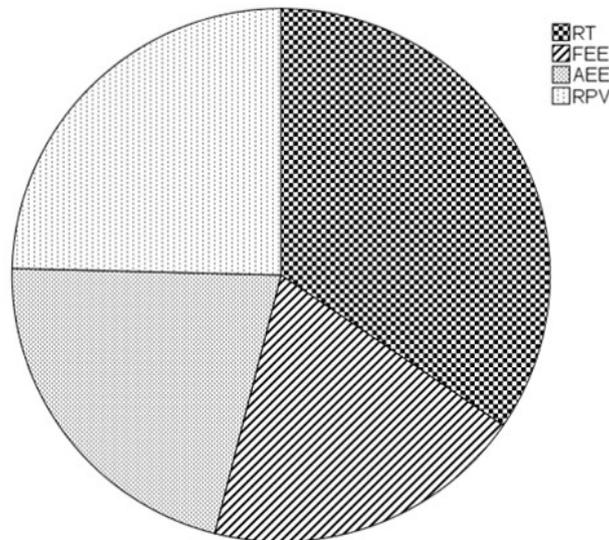


FIGURA 3.

Distribución porcentual de las preferencias de los hogares de Ibagué sobre propuestas que involucran el uso de eficiencia energética, 2019

Nota: RT: reducción de la tarifa de energía y/o gas; FEE: financiamiento para adquirir equipos eficientes con bajas tasas de interés; AEE: adecuación de equipos que identifiquen consumo y ahorro energético; reducción del 20% del precio de adquisición de nuevas viviendas con equipamientos energéticos eficientes.

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

El promedio del consumo de energía eléctrica en los hogares de Ibagué fue de 1320,3 kWh/año siendo menor al estimado en el sector residencial en La Cuenca, Ecuador por Baquero y Quesada (2016), los cuales reportan un consumo de 2384,4 kWh/año por hogar. En este estudio, el mayor consumo de energía se registró en el uso de la nevera con 67,6 (RIC 1,2) kWh/mes/hogar. En cambio, en la zona residencial de Estados Unidos el consumo se da principalmente por la regulación térmica, específicamente la calefacción, seguido del calentamiento de agua. En Texas, el uso de aire acondicionado es mayor que en el resto del país (Kaza, 2010), lo cual es evidente por las diferencias de las condiciones climáticas entre los sitios de estudio.

Tomar medidas que permitan alcanzar las proyecciones realizadas a 20 años, confiere que el cambio total de estos equipos por eficientes, causarían una reducción de emisión o adicionalidad de cerca de 40 Gg CO<sub>2</sub>. Ello equivale a la circulación de 22.222 vehículos, si se tiene en cuenta que el promedio del parque automotor de la ciudad para el 2019 fue de 199.357 (Secretaría de Movilidad de Ibagué, 2019), con emisiones anuales cercanas a 368,2 Gg CO<sub>2</sub> para este sector (Andrade et al., 2017) lo cual es igual a 1,8 Mg de CO<sub>2</sub>/vehículo/año en la ciudad de Ibagué. Se espera que en los próximos años se empleen más equipos que permitan regular la temperatura en Ibagué, debido al incremento que ha tenido en los últimos años, siendo el Tolima uno de los departamentos con las máximas temperaturas registradas y los valores más peligrosos de radiación ultravioleta a inicios del año 2020 (IDEAM, 2020).

Investigaciones en Estados Unidos afirman que el consumo de energía es superior en el sector transporte con un 28%, a diferencia de aquel en el sector residencial con el 22%. En particular, el consumo de la energía en hogares es afectado por el clima, en Estados Unidos ya que el aumento de un grado de temperatura en el día incrementa el consumo excesivo de 1,5 kWh (Kaza, 2010).

A diferencia de Colombia, en España desde el año 2013 es obligatorio contar con el certificado de eficiencia energética de la vivienda, sin embargo, la acogida del mercado inmobiliario ha sido secundaria a diferencia de sectores como el automovilístico o electrodoméstico, ya que en el sector residencial rara vez se pregunta por su consumo, evadiendo un factor fundamental para la toma de decisiones de compra o alquiler (Villca, 2017).

Si bien se debe reducir el consumo energético en el sector residencial de Ibagué, se requieren medidas de fondo que eviten el extremo de caer en la pobreza energética. Es decir, llegar a la incapacidad de mantener el confort adecuado de un hogar, donde se implementen alternativas que eviten problemas sociales, ambientales y de salud pública que padecen otros continentes (Martín et al., 2019). Una alternativa son los incentivos para el sector residencial, los cuales generan una transcendencia económica al ofrecer incentivos económicos para el propietario y para el Estado una herramienta que permite internalizar los costos ambientales del sector en donde además se podría generar un impacto positivo, reconduciendo los hábitos del consumidor Anal que permite contribuir al cuidado del ambiente mediante equipos eficientes que faciliten el acceso y aumenten el mercado de éstos (Villca, 2017).

Baquero y Quesada (2016) estimaron en 2416,8 kWh el consumo anual de seis viviendas en la Ciudad de Cuenca, Ecuador al desglosar dicho consumo el 72% es atribuido a los tomacorrientes, así como al valor restante de la iluminación. Los cálculos varían principalmente por la eficiencia de los equipos, tipo de lámparas y hábitos de uso de los hogares, los cuales se pueden reemplazar o modificar para causar un menor impacto en el ambiente. Esto conduce a que los ciudadanos y tomadores de decisiones, con apoyo de la academia, pudiesen emplear estrategias agresivas de eficiencia energética, en combinación con fuentes bajas de emisiones para compensar los aumentos proyectados. Reyna y Chester (2017) afirman que estas estrategias han iniciado en el Condado de California tras proyectar el crecimiento poblacional y el aumento de la temperatura y encontrar que la demanda de electricidad residencial podría aumentar desde entre 41 y 87% entre 2020 y 2060.

A nivel de país, Moreno et al. (2018) plantearon un escenario energético entre 2017-2030, el cual mostró una disminución de 6000 GWh al integrar un panorama de cumplimiento de los planes de eficiencia energética y un nivel de integración de Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) de cerca del 20%, principalmente de centrales eólicas y solares fotovoltaicas. Sin embargo, el incremento de la demanda de energía eléctrica en Colombia podría no ser correspondido por el incremento de la oferta requerida, más si la operación de la planta de generación de energía HidroItuango se encuentra con un retraso en la entrada (Zapata et al., 2018). Esta situación hace más relevante la búsqueda de acciones que reduzcan el consumo eléctrico o, al menos, no incrementarlo al ritmo que se tiene pronosticado.

Reyna y Chester (2017) sugieren que orientar acciones de eficiencia energética en equipos podría ser un enfoque eficaz para reducir el pico de la demanda de electricidad en las ciudades. Sin embargo, los programas que integren el cambio de electrodomésticos eficientes deben manejarse aunados con políticas relacionadas con la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Por ejemplo, el programa RED VERDE, gestionado por el Grupo Retorna, en el marco de proyecto posconsumo de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI], vincula al consumidor Anal para recoger aparatos eléctricos y electrónicos en desuso y dar el correcto manejo, aprovechamiento y disposición Anal (Grupo Retorna, 2020).

En otros países como Francia, Suiza y Costa Rica, se han implementado las Tarifas de Tiempos de Uso [TTU], lo cual se asocia con la disminución de la demanda energética, inicialmente el desplazamiento del consumo a horarios menos costosos y en el largo plazo a la adquisición de equipos eficientes (González, 2014). La compra de equipos, y reemplazo de los electrodomésticos, computadores y equipos de comunicación en los hogares de Colombia, se podría alcanzar en menos tiempo si se le da continuidad a la destinación de días exentos del impuesto sobre las ventas (IVA) declarado para el 2020 en el Decreto legislativo 682 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2020).

La efectividad de los programas que promueven la conservación de la energía depende del análisis cuidadoso de los impactos sobre los cuales los planificadores pueden influir en la toma de decisiones

para el futuro del recurso energético en las ciudades (Kaza, 2010). Además de esto urge incluir las implicaciones políticas contra la huella ambiental durante y después de la actual crisis sanitaria por COVID-19 (Cheshmehzangi, 2020), como también el efecto de las conductas de consumo y su variación bajo distintos escenarios tanto socioeconómicos como sociodemográficos en las ciudades intermedias del mundo (Acero et al., 2019). Así pues, es necesario el desarrollo de más investigaciones que protejan el ambiente, y haya una discusión entre la academia y los actores políticos sobre los impactos y las estrategias más favorables para revertir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ambiente. Otro desafío para cumplir la Política Pública Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Tolima “Ruta Dulima, el Tolima enfrenta al cambio en el clima” es la generación y obtención de datos relacionados con la eficiencia energética, particularmente en el sector transporte y residencial, debido a la inexistencia de datos disponibles o de calidad. Kreuzer y Wilmsmeier (2014) mencionan que esta carencia recae por la falta de recursos específicos y baja experiencia técnica en la recopilación, seguimiento y análisis de la información.

## Conclusiones

El sector residencial de la ciudad de Ibagué consumió aproximadamente 706,5 TJ en el año 2019 los cuales causaron cerca de 255,1 Gg CO<sub>2</sub> para ese año. En este panorama, los refrigeradores y lámparas fluorescentes son las de mayor importancia por su alto consumo.

El uso de equipos eficientes en la zona urbana de la ciudad de Ibagué podría reducir una huella adicional de carbono de 2817 Mg CO<sub>2</sub> con el cambio total de quipos viejos por equipos eficientes entre los años 2019 y 2039. Un cambio del 100% de estos equipos por unos eficientes generaría una reducción de emisión o adicionalidad de cerca de 40 Gg CO<sub>2</sub> durante 20 años, equivalente a 22.222 vehículos en Ibagué durante este período.

La crisis económica de los hogares de Ibagué se evidencia en la explicación de las razones por las cuales no se cambian equipos antiguos por nuevos más eficientes. Solo 56% de los hogares encuestados desean cambiar sus equipos actuales por equipos con mayor eficiencia energética. El saber que la adquisición de electrodomésticos eficientes causa una reducción en la tarifa en estos servicios públicos es la estrategia que podría adoptarse mejor en los hogares de Ibagué.

La conjugación de programas para reducir las emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica en los hogares, es necesaria para obtener una mayor participación y efectividad del cumplimiento de las políticas ambientales del departamento del Tolima. Dicha ejecución y apropiación del cuidado ambiental como patrimonio de la humanidad requiere de investigaciones más amplias en ciudades intermedias, en donde se vinculen futuras líneas de investigación de la realidad territorial con las dinámicas demográficas, económicas y ambientales. De la misma forma, se deben evaluar los efectos del cambio climático en las ciudades, la adherencia de las comunidades al uso de diversas fuentes energéticas renovables y la efectividad de instrumentos que permitan superar la visión de la planificación urbana. También es recomendable realizar estudios sobre el fomento del ahorro y la eficiencia energética mediante estrategias pedagógicas, una modificación de conducta e innovación tecnológica en red que permita generar emprendimientos en la región.

## Referencias

Acero, G., Aguirre, J., Arévalo, J., Díaz, P., Fernández, I., y Hernández, P. (2019). *Planificación urbana integral, aprendiendo de Europa*. Diputación de Barcelona. <https://gaue.diba.cat/wp-content/uploads/2020/01/62439.pdf>

- Acuña, L. M., Andrade, H. J., Segura, M. A., Sierra, E., Canal, D. S., y Greñas, O. E. (en prensa). Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero de hogares por arbolado urbano en Ibagué-Colombia. *Ambiente & Sociedad*.
- Alcaldía Municipal de Ibagué. (2020). *Plan de Desarrollo 2020-2023*. <https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2020/30663-PLA-20200528204054.pdf>
- Andrade, H. J., Arteaga, C. C., y Segura, M. A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia) Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103-112. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:561](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561).
- Asamblea Departamental del Tolima (2019). *Ordenanza 014 de 2019. Política Pública Integral de Gestión del cambio climático territorial del Tolima "Ruta Dulima, el Tolima enfrenta al cambio en el clima" al año 2031 con una apuesta inspiradora al año 2040*. <https://www.asambleatolima.gov.co/2019-290776/ordenanza-014-de-2019>
- Baquero, M.T., y Quesada F. (2016). EAciencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista semestral de la DIUC*, 7(2), 147-165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>
- Bateman, A., González, J. I., Nieto, M. J., Ramírez, J. M., Rojas, F., y Lippi, R. (2015). *1er reporte del estado de las ciudades de Colombia: camino hacia la prosperidad urbana*. ONUHABITAT. [https://oscpr.dnp.gov.co/administrator/components/com\\_publicaciones/uploads/1er\\_Reporte\\_del\\_Estado\\_de\\_las\\_Ciudades\\_de\\_Colombia\\_Camino\\_hacia\\_la\\_prosperidad\\_Urbana.pdf](https://oscpr.dnp.gov.co/administrator/components/com_publicaciones/uploads/1er_Reporte_del_Estado_de_las_Ciudades_de_Colombia_Camino_hacia_la_prosperidad_Urbana.pdf)
- Castillo Y., Castrillón M., Vanegas M., Valencia G., y Villicaña E. (2015). Rol de las fuentes no convencionales de energía en el sector eléctrico colombiano. *Prospect*, 13, 1, 39-51. <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a05.pdf>
- Camargo, L., Arboleda, M., y Cardona, E. (2013). *Producción de energía limpia en Colombia, la base para un crecimiento sostenible*. [Boletín virtual XM]. Compañía Expertos en Mercados, Alial de ISA, Colombia. [http://www.xm.com.co/BoletinXM/Documents/MDLColombia\\_Feb2013.pdf](http://www.xm.com.co/BoletinXM/Documents/MDLColombia_Feb2013.pdf)
- Cheshmehzangi, A. (2020). COVID-19 and household energy implications: what are the main impacts on energy use?. *Heliyon*, 6(10), e05202. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05202>
- Consorcio Corpoema-CUSA. (2012). Caracterización energética del sector residencial urbano y rural en Colombia. <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1111/2/v.2.pdf>
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (s. f). Ficha de potencias eléctricas. Unidad de Sostenibilidad Área de EAciencia Energética. [https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/brochure\\_mas\\_gaston.pdf](https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/brochure_mas_gaston.pdf)
- DANE. (2019). *Comunicado de prensa. Censo nacional de población y vivienda (CNPV)-2018*. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-comunicado-3ra-entrega.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2017). *Energy Demand Situation in Colombia*. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Energy%20Demand%20Situation%20VF.pdf>
- Financiera Del Desarrollo [FINDETER]. (2018). *Ibagué sostenible 2037. Territorio conector, colectivo y competitivo*. <https://www.ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2018/21195-DOC-20180814.pdf>
- Gobierno de la República de Colombia (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. [http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf\\_637176135049017259.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf)
- González, E. (2014). Tarifas como instrumento de política energética. *Perspectiva Fes Costa Rica*. 5, 1-10. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/10968.pdf>
- Grupo Retorna. (2020). *Red Verde. Corporación Red*. <https://redverde.co/index.php/que-es-red-verde/quienes-somos>
- IDEAM, (2020). *Informe técnico diario. Boletín número 028*. <http://www.ideam.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/boletines-avisos-y-alertas>
- Hernández, k. A. y Carrillo, J. S. (2017). Análisis de la curva de demanda eléctrica para usuarios residenciales estrato 4 en la ciudad de Bogotá ante diferentes escenarios de los hábitos de consumo. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Kaza, N. (2010). Understanding the spectrum of residential energy consumption: A quantile regression approach. *Energy Policy*, 38, 6574-6585. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.028>
- Kreuzer, F. y Wilmsmeier, G. (2014). *Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe. Una hoja de ruta para la sostenibilidad. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/36798>
- Li, Y., Chiu, Y., and, Chun, L. (2019). New energy development and pollution emissions in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1764. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101764>
- Marmolejo, C., Biere, R., Daumal, F., Botton, J., y Pérez, C. (2018). *Disponibilidad a pagar por la eficiencia energética de las viviendas; un caso de estudio en Barcelona*. Centre de Política de Sol i Valoracions, CPSV / Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/132269/8250-5969-1-SM.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Martín, F., Hernández, A., Oteiza, I., y Alonso, C. (2019). Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España). *EURE (Santiago)*, 45(135), 133-152. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000200133>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018, febrero 15). Decreto 284 de 2018. Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/df-DECRETO%200284%20DE%202018%20-%20GESTION%20INTEGRAL%20RESIDUOS%20RAEE.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015. Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Política nacional de producción y consumo hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva*. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Programa\\_y\\_consumo\\_sostenible/polit\\_nal\\_produccion\\_consumo\\_sostenible.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Programa_y_consumo_sostenible/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf)
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2020). Decreto legislativo 682 de 2020. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20682%20DEL%2021%20DE%20MAYO%20DE%202020.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía [MME]. (2016). *Plan de acción indicativo de eficiencia energética - PAI PROURE 2017 - 2022*. [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI\\_PROURE\\_2017-2022.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf)
- Moreno R., López Y. U., y, Quispe E. C. (2018). Escenarios de desarrollo energético sostenible en Colombia 2017-2030. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 15(1), 329-343. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4743>
- Qurat U.A., Igbai S., Khan s, Mailk Q., Ahmad., and, Javaid N. (2018). LoT operating system based Fuzzy interferencia system for home energy management system in smart buildings. *Sensors (Basel)*, 18(9), 1-30. <https://doi.org/10.3390/s18092802>
- Reyna, J. L., y Chester, M. (2017). Energy efficiency to reduce residential electricity and natural gas use under climate change. *Nature communications*. 1-12. <https://doi.org/10.1038/ncomms14916>
- Rojas, D. M. (2016). *Diagnóstico energético y propuesta de mejoramiento de la eficiencia energética de un edificio existente..* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Bogotá, Colombia.
- Secretaría de Movilidad de Ibagué. (2019). *Parque automotor de Ibagué supera los 199.300 vehículos y motocicletas*. Alcaldía de Ibagué. Ibagué, Tolima. <https://www.ibague.gov.co/portal/seccion/noticias/index.php?idnt=6755>
- Serrano-Guzmán, M. F., Pérez-Ruiz, D. D., Galvis-Martínez, J. F., Rodríguez Sierra, M. L., y Correa Torres, S. N. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 85-93. <https://www.redalyc.org/journal/674/67452917011/html/>
- Torres, Y. (2020). La eficiencia energética y el ahorro energético residencial. *South Sustainability*, 1(1), e011. <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-011>

- Villca, M. (2017). Incentivos Ascales para fomentar actuaciones de mejora en la eficiencia energética de viviendas de construcción antigua. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 8(2), 1-22. <https://doi.org/10.17345/1831>
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2019). *Plan energético nacional 2020-2050. Documento de consulta*. [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2020). *Balance energético potencial energético de generación en la región central. Convenio Interadministrativo 080 de 2019. Región Administrativa y de Planeación Especial RAP-E – Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Zapata, S., Castaneda, M., Garces, E., Franco, C. J., and Dyner, I. (2018). Assessing security of supply in a largely hydroelectricity-based system: The Colombian case. *Energy*, 156(1), 444-457 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.118>

## Notas

- \* Artículo de investigación. Este artículo es resultado del proyecto de investigación “Impacto de buenas prácticas de empleo electro y gasodomésticos eicientes en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en hogares urbanos de Ibagué”, aprobado en la convocatoria No. 1 de 2019 por la Oacina de Investigación y Desarrollo Científico de la Universidad del Tolima. El trabajo fue realizado por Erika Sierra Ramírez en el año 2019, vinculada bajo la resolución 414 de 2019 como Joven Investigadora en el Grupo de Investigación PROECUT de la Universidad del Tolima.

Licencia Creative Commons CC BY 4.0