El Efecto de la Interrupción del Servicio de Energía Eléctrica Sobre la Salud en Colombia

Hernán Mauricio León Barreto

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Maestría en Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2020

El Efecto de la Interrupción del Servicio de Energía Eléctrica Sobre la Salud en Colombia

Hernán Mauricio León Barreto

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias Económicas

Director:

Ph.D. Hernando Bayona Rodriguez

Línea de Investigación:

Economía del Desarrollo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Maestría en Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2020

"(...) I wouldn't take you wisdom, Dad, and thank you for your time

You said, some keep on working 'til the stars, one day, align

But maybe luck'll see them shine on stubborn fools like me and you

Make the most of what they give ya, to yourself you must be true

To yourself you must be true

To fight another day

Things don't always go our way

And we'll live

To fight another day

Yeah, that's what my old man would say "(...)

My hero - Dropkick Murphys

Agradecimientos

Quiero agradecer al profesor Hernando Bayona por su apoyo y asesoría, adicionalmente a mis amigos Alejandro Gamez, Oscar Morales y Gabriel Hernando Angarita. Un especial agradecimiento a la profesora Blanca Leticia Arteaga, quién fue mi directora tesis de pregrado en la Universidad Externado y quien con sus enseñanzas me hizo entender que en el desarrollo de mis capacidades estaba la clave para sentirme libre y completo. Quiero agredecer a mi familia ya que son mi soporte y luz.

Por ultimo, quiero expresar mi especial agradecimiento al Instituto Nacional de Salud y a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, cuyos funcionarios fueron fundamentales para la obtención de los datos y tratamiento de los mismos.

Resumen

Esta trabajo analiza el impacto que generan las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre la salud en Colombia. Para cumplir este objetivo, se usan dos tipos de metodología para la estimación del efecto que son: *propensity score matching* y el modelo de *diferencias en diferencias* con datos panel, mediante la información sobre las características en la calidad del servicio de energía eléctrica a través de los Índices de Calidad SAIFI y SAIDI, que miden la frecuencia y el tiempo de los cortes del servicio por usuario, confrontando la variable resultado con los casos epidemiológicos de *malaria* y *dengue* registrados para los años 2013-2016. En este periodo de tiempo, se encuentra que la mala calidad en el servicio de energía esta directamente relacionada con la atención en salud de las personas. En complemento, el estudio evaluá el factor diferencial que resulta pertenecer a un cierto nivel de estrato o régimen de seguridad social, en los municipios con fallas en la calidad del suministro. A partir de los resultados obtenidos, se evalúan las implicaciones que tiene la calidad del servicio de energía eléctrica sobre la salud más allá de la cobertura.

Palabras clave: Propensity score matching, diferencias en diferencias, calidad del servicio, malaria, dengue, régimen de seguridad social, estrato, energía, SAIFI y SAIDI.

Código JEL: C52, D63, H22, H53, I11, D31.

Abstract

This paper analyzes the impact generated by failures in the quality of the electric power service on health in Colombia. To meet this objective, two types of methodology are used for estimating the effect that are: *propensity score matching* and the *difference in differences* model with panel data, through information on the characteristics in the quality of the electric power service through the SAIFI and SAIDI Quality Indices, which measure the frequency and time of service cuts per user, comparing the result variable with the epidemiological cases of malaria and dengue recorded for the years 2013-2016. In this period of time, it is found that the poor quality of the energy service is directly related to people's health care. In addition, the study evaluates the differential factor that results from belonging to a certain level of social security system or stratum, in cities with failures in the quality of supply. Based on the results obtained, the implications of the quality of the electric energy service on health beyond coverage are evaluated.

Keywords: Propensity score matching, differences in differences, quality of service, malaria, dengue, social security, stratum, energy, SAIFI and SAIDI.

JEL Code: C52, D63, H22, H53, I11, D31.

Índice

1. Introducción **1**

2. Contexto de la intervención **4**

2.1. Salud pública, el acceso y la calidad del suministro de energía en Colombia . . . 4

2.2. El mercado de la energía en Colombia 6

3. Marco teórico y revisión de literatura **7**

3.1. Marco teórico 7

3.2. Revisión de literatura 9

4. Datos y Metodología **14**

4.1. Datos 14

4.2. Metodología 17

4.2.1. Estrategia Empírica por Emparejamiento 17

4.2.2. Estrategia empírica de Diferencias en Diferencias 21

5. Resultados, **24**

5.1. Caracterización de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre el número de casos presentados por dengue y malaria 24

5.2. La calidad del servicio energía eléctrica y el número de casos de dengue y malaria por estrato 26

5.3. Impacto estimado 28

6. Conclusiones **30**

Índice de figuras

1. Producción de Energía y Consumo Final de Energía 2007 - 2017 36

2. Indicadores SAIFI Y SAIDI 2013 - 2016 37

3. Mapa del número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes en Colombia 2013 - 2016 38

4. Mapa del número de horas y frecuencias de las interrupciones por usuario en Colombia 2013 - 2016 . . . 39

5. Gráfico de densidades y dispersión de indicadores SAIFI Y SAIDI por estrato . 40

6. Histograma y distribuciones de probabilidad estimada para soporte común . . . 40

Índice de cuadros

1. **Estadísticas Descriptivas** . . . 41

3. Efecto de las interrupciones del servicio de energía por frecuencia y tiempo sobre contagio 2013-2016 en Colombia . . . 43

4. Variable resultado y características observables promedio por grupo con y sin mala calidad del servicio de energía . . . 44

5. Valores promedio de variable resultado e indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica por estrato, grupo tratado y no tratado del emparejamiento en la asignación . . . 45

6. Efecto de las características de selección del tratamiento sobre el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes . . . 46

7. Impacto estimado de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica. . . 47

8. Calidad del emparejamiento . . . 48

9. Regresión probit sobre determinantes de fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica . . . 49

10. Número de casos atendido por dengue y malaria por tipo de afiliación al sistema de seguridad social en Colombia 2013 - 2016 . . . 49

11. Efecto de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre la salud 2013-2016 . . . 50

1. Introducción

La energía eléctrica es esencial para el ser humano, especialmente para todos aquellos aspectos que permitan incrementar la calidad de vida de las personas, tal es el caso de la prevención de enfermedades, los servicios médicos y atención en salud (*Arvidson et al.*, 2006; *Bhatia and Angelou*, 2015; *World Bank*, 2008). Primordialmente en aquellos aparatos que son requeridos para la atención médica y prevención de enfermedades, que sin ellos no podrían realizarse operaciones, refrigerar muestras, mantener vacunas o realizar operaciones (*Arvidson et al.*, 2006). Sobre todo, la *calidad de los servicios públicos*[1] en el sector energético tienen un efecto directo en las poblaciones más vulnerables, por tanto, el acceso al mismo no es una garantía para el mejoramiento del bienestar (*Bhatia and Angelou*, 2015).

Por esta razón, en la mayoría de los países para la década de los 90 en especial los latinoamericanos, se desarrolló una transformación de la industria eléctrica, cuyo objetivo era asegurar el suministro de energía en sus países, se pasaron de estructuras monopólicas a competitivas (*Rothwell and Gómez*, 2003). La tendencia comenzó en Argentina y Chile, los cuales privatizaron las compañías más ineficientes que eran propiedad del gobierno y dividió el sector en diferentes empresas de generación, transmisión y distribución, convirtiendo a la generación de energía en uno de los mercados más competitivos. Asimismo, la estructura y composición del sector eléctrico fue replicada por Colombia y la mayoría de los países de la región (*Rothwell and Gómez*, 2003). En donde para el caso colombiano la generación de energía es suficiente para sostener su demanda, pero la calidad de la distribución de la misma a los usuarios en algunos casos es deficiente.

Bajo esta perspectiva, el objetivo de este estudio es calcular el impacto que tiene la calidad del servicio de energía eléctrica en la salud de los ciudadanos. Para tal fin, se examina el impacto de los cortes de energía provocados por la infraestructura y el marco regulatorio del sector eléctrico en el eslabón de la distribución. De la misma manera, el presente estudio busca complementar la literatura sobre la calidad de la energía y su impacto en la salud de las personas, ya que autores como *Burlando* (2010), *Manning et al.* (2015), *Saha and Bhattacharya* (2019) y *Saing* (2018), analizan el efecto de la entrada del servicio de energía en la salud de las personas en poblaciones donde previamente no tenían el servicio.

El estudio analiza los efectos en salud que tiene la calidad del servicio de energía eléctrica a través de la evidencia sobre el continuo contagió de *enfermedades tropicales,* en donde su mayor efectividad para enfrentar esta patología es la prevención y la higiene a través de la fumigación de las ciudades, el aseo de las áreas públicas y las buenas prácticas en higiene y cuidados del hogar en sus hábitos diarios (*Barghini and de Medeiros*, 2010). Como principal categoría de ellas, es el caso de las *enfermedades transmitidas por vectores* (ETV) como lo son la chikunguña, dengue, malaria, entre otras (*Padilla et al.*, 2017).

[1] En el presente escrito, el término se refiere principalmente a la continuidad de la prestación del servicio.

En consonancia con lo expresado, el presente trabajo examina la relación entre disponibilidad del servicio de energía eléctrica y la salud de las personas. Para esto, se aprovecha la diferencia en la calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica en Colombia, medida en duración y frecuencia de los cortes de energía. Las variables de desenlace que se emplean en salud son el número de casos registrados por cada IPS en Colombia de dengue y malaria[2]. Existe evidencia que sugiere que el consumo de electricidad está asociado a la mitigación de ambientes poco saludables (*Berthélemy et al.*, 2015; *Junxiong and Yee-Sin*, 2015).

El uso de ventiladores y aire acondicionado está relacionado con conductas protectoras de enfermedades como el dengue . Por ejemplo, *Chen and Tan* (2018) Encuentran que el consumo de electricidad aumenta en los hogares con mayor exposición a riesgo de dengue y que este aumento es diferencial entre niveles socioeconómicos. Adicionalmente, ante alertas de aumento de riesgo de dengue, los hogares responden incrementando el consumo de energía eléctrica. En contraste, el consumo de electricidad y malaria tiene resultados mixtos. Alguna evidencia sugiere que la energía eléctrica, vía iluminación de los hogares, está relacionado con aumento de mayor exposición a vectores que trasmiten la malaria (*Tasciotti*, 2017); sin embargo, otros estudios no encuentran ningún efecto (*Izadi*, 2016).

Para realizar el estudio, i) se tienen en cuenta únicamente los casos reportados por *dengue* y *malaria* en los municipios ubicados en zonas de influencia de la enfermedad; ii) el eslabón a examinar del sector eléctrico es el de distribución, ya que este último tiene contacto directo con la población. La estrategia metodológica sigue dos modelos para la medición del impacto, el primero es el método de *emparejamiento* o *propensity score matching* (PSM) y *diferencias en diferencias con datos panel.*

Para ambas estrategias empíricas se toman la frecuencia y el tiempo de duración de los cortes de luz como indicadores de calidad, contrastándolo con el número de casos reportados con alguna ETV a nivel municipal-estrato y municipal. De tal manera, que para el caso del PSM al obtener la probabilidad de tener un mal servicio y controlando por características comunes entre los municipios y estratos, se obtiene como variable resultado la *diferencia* del número de casos reportados con ETV usando diferentes métodos emparejamiento.

El objetivo de los resultados es discutir puntualmente la medida en la cual, la mala prestación de un servicio público puede poner en condición de vulnerabilidad a la población. Tal y como lo nombra *Wisner Morales and Wills Herrea* (1996) en el análisis de las causas del razonamiento forzoso de 1992 en Colombia, en donde establece una dicotomía entre sociedades comerciales y entidades estatales, la primera con el objetivo de generar utilidades y multiplicar el capital original, mientras que las segundas pretenden el bienestar general. Por esta razón, las políticas públicas, no pueden desconocer la finalidad de las empresas de generar utilidades,

[2]Se agruparon los casos reportados según el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública -SIVIGILA de malaria asociada (formas mixtas), malaria falciparum, malaria vivax, malaria complicada, dengue y dengue grave.

y las empresas de la misma manera obviar el hecho que manejan la operación de un servicio público esencial.

Desde el punto de vista económico existe la noción de capital humano visto desde la expansión de la capacidad humana (*Sen*, 1999), para evaluar las políticas para estas enfermedades. Para el caso del dengue y malaria, la aproximación de capital humano aborda una percepción lo suficientemente amplia para estudiar por ejemplo el impacto que tiene el riesgo de contagio en la inasistencia escolar en una comunidad (*Barron et al.*, 2019), ya que permite descubrir cómo un efecto en salud impacta el desarrollo de las poblaciones vulnerables desde la formación de habilidades en las personas.

Esta concepción sugiere que la medición más directa de los beneficios es la del valor potencial que una persona puede agregar a la economía sin sufrir la enfermedad (*Andresen and Boyd*, 2010). Bajo una perspectiva social, está visión estudia los efectos que tienen los cambios de hábitos a través de la prevención en el contagio de enfermedades, desde evitar que las familias no envíen a los menores al colegio hasta trabajar en horario nocturno para evitar el contagio por dengue y malaria.

Lo anterior es una consecuencia de la vulnerabilidad a las que se enfrentan comunidades con baja calidad en los servicios públicos, hecho que la *OMS* (2014) define a las ETV como "Enfermedades Desatendidas" principalmente en zonas tropicales, en donde indica que:

> *«... Las poblaciones más pobres, residentes en zonas rurales remotas, barrios suburbanos marginales o zonas de conflicto, suelen ser las más afectadas por estas enfermedades, que persisten cuando hay pobreza y se concentran de forma casi exclusiva en las poblaciones pobres del mundo en desarrollo»*

Una de las formas para mostrar está desatención es la baja calidad en los servicios públicos en zonas geográficamente calificadas para el contagio, (como la costa caribe colombiana), en donde de manera cíclica mantienen epidemias por este tipo de enfermedades. Lo anterior se traduce en que existe una estrategia sistemática de ofrecer cada vez peores servicios públicos en zonas marginadas, deteriorando la calidad de los servicios (*Hancevic et al.*, 2016). Conexo a lo mencionado, en Colombia algunas empresas prestadoras del servicio público de energía eléctrica a través de los esquemas de subsidios referencian directamente una fuente del problema de la insolvencia por parte de la empresa, y en virtud de eso una justificación para las fallas en atención de calidad de las poblaciones vulnerables (*Alzate*, 2006).

A fin de desarrollar el objeto del estudio, el trabajo está dividido en seis secciones: la primera es la introducción; la segunda está compuesta por el contexto de la intervención, el cual estará dividido por la evolución del sector energético en Colombia, y su participación en la economía; en tercer lugar se presenta el marco conceptual y la revisión de literatura de la calidad de los servicios públicos, la salud y las enfermedades transmitidas por vectores; en la cuarta se presenta la estrategia metodológica escogida para el desarrollo de este estudio, los datos,

fuentes de información y las principales estadísticas descriptivas de la estrategia empírica; la quinta sección expone los resultados del estudio, así como las diferentes pruebas de significancia estadística y test de robustez de las variables, así como la interpretación de los resultados más representativos; y por último, se presentan las principales conclusiones del estudio.

2. Contexto de la intervención

2.1. Salud pública, el acceso y la calidad del suministro de energía en Colombia

Para el caso de Colombia, el Sistema de Información Eléctrico (SIEL) reportó que la cobertura de energía para los hogares es del 97.02 % para el año 2016. El número de veces promedio en el que se interrumpió el servicio de energía eléctrica para ese mismo año fue de 49 interrupciones por usuario, lo que a su vez deriva en un promedio de 38 horas interrumpidas (*Superintendencia de Servicios Públicos Domicialiarios*, 2017).

Lo anterior es evidencia de regiones en donde la cobertura de servicio de energía es alta pero su calidad es deficiente, tal es el caso de la región Caribe. Para el caso de está última, el SIEL indica que la cobertura promedio de esta región es del 97.3 %, pero el número de interrupciones son 98 veces por usuario, lo que deriva para los hogares 96 horas al año sin suministro de energía (*Superintendencia de Servicios Públicos Domicialiarios*, 2017). En este caso, el tiempo de interrupción del servicio y la frecuencia está deteriorada de manera significativa respecto al promedio nacional, lo que resulta particular si se tiene en cuenta que en esta región se encuentran ubicados cerca del 20 % del total de usuarios en Colombia.

De la misma manera, en las regiones donde no existe una continuidad en la prestación del servicio de energía eléctrica, existen condiciones endemoepidémicas persistentes como lo son las *enfermedades transmitidas por vectores (Padilla et al., 2017)*, las más representativas e históricamente estables son el *dengue* y la *malaria.* Según la evidencia empírica de *Barron et al.* (2019) para el caso del *dengue*, existen respuestas en el comportamiento de las personas en zonas con propagación de la enfermedad y con pobres condiciones de vivienda, el autor indica que:

> *«...Ante una nueva epidemia, las personas deben decidir cómo responder. A menudo, la información sobre los riesgos es escasa e imperfecta y las personas responden ajustando su vida diaria y tomando medidas extremas, como evitar lugares públicos y reducir las visitas al hospital.»*

Lo anterior indica un problema con doble implicación por la mala provisión de servicios públicos y una condición epidemiológica persistente en Colombia, ya que, el dengue es una condición persistente en horario diurno, y el vector que propaga la malaria es nocturno (*Huldén et al.*,

2014). La doble afectación se observa en que mientras la población ajusta sus hábitos, cualquier comportamiento es inútil ya que permanentemente se encuentran expuestos a estos vectores.

Todas estas observaciones se relacionan, porque tanto la malaria cómo el dengue son enfermedades de alta propagación, siendo el dengue la enfermedad de transmisión por vectores de propagación más rápida en el mundo en las últimas décadas (*Junxiong and Yee-Sin*, 2015). Uno de los factores fundamentales que ayudan a la propagación rápida del dengue cómo de la malaria se observa en zonas urbanas densamente pobladas en donde la movilidad de la población sea constante y la imposibilidad del uso de aparatos eléctricos como ventiladores y aire condicionado, por tanto, si existe un aumento de temperatura que obligué a la apertura de ventanas o desplazamiento de la población, esta estará expuesta al contagio (*Junxiong and Yee-Sin*, 2015).

Esto contempla dos aspectos fundamentales en la exposición al vector, el primero de ellos resulta en que tanto el dengue cómo la malaria son enfermedades de rápida propagación, por tanto, si no existe un sistema de prevención de largo plazo en comunidad cómo política pública, una falla en los bienes esenciales de los hogares propaga rápidamente el contagio (*Junxiong and Yee-Sin*, 2015; *Izadi*, 2016). En segundo lugar, las fallas en la calidad del suministro de energía podrían afectar el comportamiento de los hogares desde el punto de vista epidemiológico entre la prevención de la enfermedad o ser tratados (*Chen and Tan*, 2018; *Berthélemy et al.*, 2015). Por tanto las fallas de energía prolongadas afectarían las formas de prevenir el contagio a través del comportamiento de las personas, derivando a que las personas por factores de humedad y temperatura salgan de su casa, colegio o recinto de trabajo en horas donde la exposición a los vectores es más alta.

Como resultado, la falla de los servicios públicos constantemente va deteriorando las condiciones de vida de las personas más vulnerables, ya que produce un decaimiento sistémico tanto de los servicios en salud como del comportamiento de los individuos (*Barron et al.*, 2019). Esta condición reflejada en algunas regiones de Colombia con esta doble condición, provoca por ejemplo medidas populistas. Una de estas medidas es el otorgamiento de subsidios insostenibles a poblaciones vulnerables, que en el largo plazo han deteriorado a las empresas proveedoras de servicios públicos (*Hancevic et al.*, 2016). Por tanto, estas medidas tienen baja incidencia distributiva, por lo general beneficiando a los más ricos (*Maboshe et al.*, 2019; *Hancevic et al.*, 2016), ya que son los que reciben mejores servicios porque terminan siendo en alguna medida los que sostienen el sistema.

En este sentido y como se observa en la figura 3 y 4 (ver anexo del documento), el número de casos por contagio de dengue y malaria corresponde a municipios con mayores frecuencias y tiempos de duración en la interrupción del servicio de energía. Por tanto, la calidad del servicio de energía es diferencial por regiones en donde el número de personas contagiadas resulta baja en zonas de mejor servicio y alta en regiones donde la calidad del servicio se ve deteriorada. La variación observada incluye un nexo entre calidad y contagio, el cuál deriva en la razón

para la realización de este estudio.

Dicho lo anterior, el efecto de las fallas de energía en los casos de contagio no es meramente una relación espuria sobre el contagio de dengue y malaria. Por tanto, en un primer ejercicio metodológico se estimaron a partir del tiempo en horas y la frecuencia de las interrupciones el número de casos reportados por dengue y malaria por cada 100 mil habitantes (cuadro 3 del anexo), encontrándose un efecto positivo tanto en las horas de interrupción cómo en la frecuencia de las interrupciones.

El cuadro 3 indica que por cada hora de interrupción de energía en Colombia existen 0.000043 casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes, mientras que por cada interrupción es de 0.000072 casos, para este primer ejercicio exploratorio. Explicando en primer lugar, que podría existir un primer vínculo entre contagio e interrupciones del servicio, y en segundo lugar que según las figuras 3 y 4 existen municipios con altas horas de interrupción del servicio de energía eléctrica y amplio número de casos reportados por contagio.

2.2. El mercado de la energía en Colombia

Es importante resaltar que cómo política de Estado ha prevalecido la cobertura antes que la calidad en la distribución del servicio de energía, habiendo sido ya solucionado el primero actualmente. Lo anterior se indica porque el sector energético colombiano ha tenido muchos cambios en toda la historia, pasando desde periodos de interconexión estatal hasta un mercado regulado con incentivos a proyectos de inversión que ayuden a expandir la matriz energética del país (*Departamento Nacional de Planeación*, 2004; *Larsen et al.*, 2004).

Para Colombia, el cambio estructural del sistema se debe a tres grandes razones: i) al colapso del sistema debido a los dos grandes apagones producidos en 1983 y en 1992- 1993 (*García and Dyner*, 2000), ii) a la incapacidad financiera del gobierno de aumentar la capacidad del sistema ya que sus esfuerzos y el presupuesto se concentraban en enfrentar el contexto social y económico de la época, y iii) el sistema tenía perdidas no técnicas debido a su estructura poco eficiente y burocrática que agudizaban aún más el problema de la insolvencia financiera de las empresas estatales *Larsen et al.* (2004).

Conforme a lo anteriormente mencionado, Colombia adoptó el modelo *central-pool*, que es un sistema de precio para la compra y generación de energía del mercado mayorista, el cual es una estructura de oferta de *precio base* y no *costo base* como sucede en los demás países de la región (*Sioshansi and Pfaffenberger*, 2006). A través de subastas primero con el cargo por capacidad y después con el cargo de confiabilidad, se entregan incentivos al mercado para que aumenten la capacidad del sistema, en donde según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) indican que la capacidad de generación paso de 34,28 mil GWh en 1992 a 72,68 mil GWh en 2013, duplicando en un periodo de 20 años la capacidad. Tal y como lo confirma la figura 1 (ver anexo del documento), la producción de energía desde el año 2007 a 2017 ha sido mayor

al consumo final de energía en promedio un 15 %, es decir alrededor de 8.7 mil GWh.

De acuerdo con lo analizado, se podría concluir que el sistema energético en Colombia es bastante robusto, siendo un sector de desarrollo para la industria y la población civil. De la misma manera, se puede asumir que las fallas del sistema no se deben a la incapacidad de cubrir la energía demandada, sino a la calidad y eficiencia de las compañías de distribución de energía, puesto que los esfuerzos de garantizar el suministro permanente ha sido una política de Estado en estos últimos 25 años.

3. Marco teórico y revisión de literatura

3.1. Marco teórico

La energía eléctrica es un bien de primera necesidad y un derecho básico que tiene efectos en la calidad de vida. La política energética en el mundo ha estado en evolución constante con el fin de ampliar el servicio a la mayor población posible. El estudio de *Demski et al.* (2019), sobre la conceptualización del servicio de energía eléctrica en el Reino Unido, concluye que la energía eléctrica y el uso en la sociedad es primordial, se debe establecer como un bien de primera necesidad y un derecho básico de los seres humanos. En la misma revisión de diferentes concepciones, *Demski et al.* (2019) encuentran que la energía es percibida por todos los actores de la sociedad como un bien que permite la supervivencia, la buena salud y la vida digna de los ciudadanos.

En esta misma línea se redefinió el concepto de *acceso a la energía* a través del Programa de Asistencia a la Gestión del sector Energético (ESMAP por sus siglas en inglés) del Banco Mundial, en donde indican que:

> *«...La medición binaria del acceso a la electricidad generalmente se basa en si un hogar tiene una conexión a la red. Sin embargo, el suministro de electricidad deficiente de la red puede limitar su utilidad. El uso de la electricidad también puede verse limitado por su asequibilidad.»*

Es así como uno de los instrumentos que ayudan a aumentar la calidad de vida y a su vez el bienestar de las personas es el suministro de *calidad de energía*[3] en la sociedad. Una de las reformas regulatorias entendidas bajo está concepción en Colombia fue realizada en Medellín, en donde *Vélez et al.* (2011) estudian los efectos de la reforma general del servicio de energía de 1994 sobre una concepción regional del suministro eléctrico entendido como un bien de primera necesidad. El estudio determino que para los dos años siguientes a la reforma, el servicio de energía eléctrica en los estratos estratos uno, dos y tres, genera una mejora en el bienestar

[3] Cuando se hace referencia a calidad del servicio, se refiere a la continuidad o interrupciones del suministro eléctrico.

como porcentaje de sus ingresos del 1.6 %, 5.5 % y 9.2 %, respectivamente. Lo anterior se debe principalmente a una reducción de la tarifa y una mejor continuidad en el suministro, que derivó en una reducción de la cartera morosa de la empresa prestadora del servicio de energía.

Es por eso, que el acceso a la energía moderna es uno de los requisitos más básicos para el desarrollo (*Kanagawa and Nakata*, 2007), por esta razón existe una estrecha relación entre la salud de las personas, el acceso y la calidad de los servicios públicos esenciales como energía eléctrica, gas natural, gas licuado del petróleo y gas natural comprimido en países en vía de desarrollo (*Ajayi*, 2018; *Kanagawa and Nakata*, 2007).

Según *Kanagawa and Nakata* (2007) en su análisis de las mejoras en el acceso de energía y su impacto en las áreas rurales de los países en vía de desarrollo, encuentra que existe actualmente un gran número de personas que no tienen acceso a gas natural y energía eléctrica y dependen de la biomasa tradicional, como la madera, los cultivos y el estiércol para cocinar, este tipo de poblaciones por lo general son los más vulnerables de la sociedad. En su estudio, encontraron que el uso de métodos de cocción de los alimentos a través de estufas eléctrica y/o a gas, tienen un impacto positivo en el ingreso de los hogares, ya que personas con menores problemas de salud son más productivas y tienden a tener mejores prácticas.

Lo anterior se genera solamente reemplazando la biomasa tradicional para la cocción de alimentos y desarrollo de actividades laborales, es decir ampliando el acceso a mejores servicios públicos, las poblaciones más vulnerables mejoran su calidad de vida sustancialmente. El estudio de *Buysman and Mol* (2013) sobre los efectos de energías limpias en los países menos desarrollados refuerza está idea, en el encuentran que el uso de la leña o madera es una cuestión de tradición, que trae un gran impacto directamente al medio ambiente y costos muy altos en la salud de las personas. Estiman que alrededor de 1.6 millones de personas mueren por contaminación dentro de sus hogares, debido a los combustibles sólidos.

En este orden de ideas, el marco conceptual presentado revaluá el valor que tiene solamente otorgar el acceso de la energía eléctrica a poblaciones vulnerables, ya que los procesos de electrificación por si mismo no son suficientes para la mejora de calidad de vida sino están acompañados con medidas que garanticen la continuidad del servicio, cómo es incluir a la energía eléctrica como un derecho fundamental en la sociedad. En el estudio de *Peters and Sievert* (2016) sobre los impactos de la electrificación rural en el contexto africano, indican que cerca de la mitad de los 1.300 millones de personas que actualmente no tienen acceso a la electricidad viven en África, en el encuentran evidencia sobre tres categorías importantes de impactos socioeconómicos de la electrificación rural: posibles efectos positivos para la salud a través de una reducción en el consumo de queroseno, inversiones en educación relacionadas con el uso de la iluminación para el estudio y potenciales de aumento de ingresos. Conforme a esto los autores también señalan que ante estos posibles efectos, la electrificación de calidad podría conducir a una mayor trayectoria de desarrollo al permitir una mejor provisión de bienes públicos, especialmente la salud y educación.

3.2. Revisión de literatura

La revisión de literatura sobre los efectos del servicio de energía eléctrica a la salud de las personas tiene dos líneas de estudio principalmente: i) los efectos del acceso de energía en la salud de las personas, y ii) los impactos de la ausencia de energía en la salud de las personas. Los dos ejes de análisis son igualmente importantes para la presente investigación, porque ambas áreas miden el cambio en salud que tiene la ausencia o continuidad de la prestación del fluido eléctrico en la salud de las personas.

La tendencia de estos estudios, en una parte se han centrado principalmente en determinar cuáles son los vínculos que puede tener la energía con la salud y su efecto en el desarrollo de las sociedades. Es así como *McCollum et al.* (2018) en su revisión de literatura sobre los vínculos que existen entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la energía, encuentra que un eje fundamental y dependiente de la calidad del sector servicio de energía es la *atención y cuidados médicos,* en el indica que:

> *«...El acceso a los servicios energéticos modernos puede facilitar la mejora de la provisión de atención médica, el almacenamiento de medicamentos y vacunas, la utilización de equipos médicos motorizados y la difusión de información y educación relacionada con la salud.»*

Bajo esta concepción, la afectación en la calidad del suministro eléctrico de los hogares no es un problema de cobertura, sino en la continuidad de prestación del servicio, ya que la ausencia del suministro eléctrico por largos periodos incurre en implicaciones directas a la salud de las personas. En síntesis, lo dicho hasta aquí resume los dos ejes conceptuales que tiene está revisión de literatura, en los que se encuentra la relación entre servicio de energía eléctrica y la salud.

El trabajo realizado de *Lin et al.* (2016), describe los hallazgos de los impactos del huracán Sandy en los factores ambientales, incluidos los cortes de energía y cómo estos afectaron la salud mental. Este resulta ser un ejemplo del segundo eje de análisis de la literatura.

A través de un estudio ecológico en ocho condados del Estado de Nueva York, describieron los cambios en los factores ambientales, especialmente los cortes de energía, y sus relaciones con las visitas al departamento de emergencias (DE) por problemas de salud mental mediante el uso de un modelo de regresión de Poisson. En estas visitas del DE por problemas de salud mental, los autores encontraron que correspondieron al pico de apagones diarios máximos, con un retraso de 3 días, y se asociaron positivamente con apagones en el Bronx (índice de prevalencia [PR]: 8.82, intervalo de confianza [IC] del 95 %: 1.27–61.42) y Queens (PR: 2.47, IC 95 %: 1.05–5.82) condados. Según los resultados anteriores, los autores concluyeron que existiría una posible relación entre el número de horas máxima de apagones (cuantil del porcentaje máximo de apagón) y riesgo de salud mental de la población examinada, especialmente en el Bronx.

En concreto, los usos de la energía tienen menos probabilidades de ser funcionales en instalaciones con suministro de electricidad de menor calidad. Hay que mencionar además que existen varias dimensiones en salud que ilustran aún más las diferentes variables humanas en las que influye el acceso y la calidad del acceso de suministro de energía eléctrica en la salud de las personas. Por esto la segmentación realizada al principio de está sección no es única, ya que muchas veces no se incluyes los efectos del uso de la energía en las actividades del ser humano y que tienen efecto en la salud de las personas.

El estudio de *Suhlrie et al.* (2018) explora las relaciones que existen entre la energía y la prestación de servicios en salud. La investigación pretende conceptualizar el papel de la energía en los establecimientos de salud de manera integral. Los autores tomaron como referencia a Malawi, utilizando datos de la Evaluación de la provisión de servicios (SPA) de las Encuestas demográficas y de salud (DHS) para todos los establecimientos de salud en Malawi en 2013/2014.

Con las características del suministro de electricidad, los autores a través de regresiones logísticas y multinomiales determinaron el efecto de los distintos usos de energía en las instalaciones de salud (por ejemplo, iluminación), y cómo la iluminación funcional o no funcional afecta la prestación de servicios de atención nocturna en Malawi. Los resultados principales indican que en más del 50 % de todas las instalaciones que ofrecen servicios de entrega de niños, la iluminación en el área de entrega no era funcional, de igual manera indican que las instalaciones con peores características en el suministro de energía tenían un 79 % menos de probabilidades de tener una sala de almacenamiento de medicamentos bien ventilada en comparación con la categoría de referencia. Estos resultados se relacionan específicamente con la calidad del suministro de energía y su efecto en la provisión de servicios de salud, al estar relacionada la continuidad de un servicio con la calidad de atención médica.

En suma, los efectos en salud de la continuidad del servicio de energía eléctrica exponen un vínculo directo entre la atención y cuidados médicos, esclareciendo que en los dos casos analizados anteriormente los autores nombraron en mayor medida la calidad del servicio en función del tiempo y frecuencia de los cortes de energía. Asimismo, utilizaron métodos de probabilidad para determinar el efecto en salud que tenía el tiempo y la frecuencia de los cortes de energía.

Algo semejante ocurre cuando se analizan los efectos en salud que tienen los procesos de electrificación, ya que en este punto se refiere a la instalación del servicio o sustitución del energético por electricidad, referente al primer eje de análisis de esta revisión de literatura. Resulta similar al punto anterior, ya que estudiar el efecto en salud de otorgar acceso a los servicios de energía analiza el encadenamiento con la prevención y mejora en la salud de las personas.

En esta línea se encuentra el trabajo realizado por *Majid* (2013), en donde a través de un modelo probit examina los efectos del aumento de la conectividad en las zonas rurales en los

resultados de salud infantil. A pesar de que la literatura es amplia en los países asiáticos y latinoamericanos, es importante recalcar que cada país tiene diferentes problemas en salud, y conforme a ello el acceso de energía tiene diferentes efectos en un mismo rango de acción.

En el caso del estudio de *Majid* (2013) se centra en Pakistán y su objetivo es examinar los efectos del aumento de la conectividad en las zonas rurales en los resultados de salud infantil. El autor reconstruye un conjunto de datos de panel de 16 años del Pakistán rural desde el año 1986-1991 a 2001-2002, estima dos iteraciones de un modelo probit, para ello el análisis se centra en aislar cómo el acceso de una comunidad a las carreteras y la electricidad ha afectado el bienestar de las personas, especialmente a los niños.

El autor encuentra que en comparación con las aldeas que perdieron su red eléctrica entre 1986–91 y 2001/02, las aldeas que tenían electricidad en 2001 (solo) y las que tenían electricidad en ambas rondas, ven un efecto positivo y significativo en la incidencia de la atención prenatal, con el efecto de la electricidad en ambas rondas es significativamente mayor que el de una sola ronda. Además, el autor también indica que la mejora de la conectividad con el mercado también tiene un efecto positivo y significativo sobre la incidencia de la atención prenatal. Asimismo, para la atención médico y prevención en salud, los autores encontraron que la probabilidad de ser vacunados aumentaba 37.6 % en las aldeas que fueron electrificadas en 1986 pero no en 2001, siendo estás últimas son las más desfavorecidas.

En consonancia con el análisis integral sobre los efectos entre los servicios de energía eléctrica y el bienestar de las poblaciones, una de sus principales variables es la atención y prevención en salud, tal y como se comentó anteriormente. El factor común de los datos utilizados es la construcción de paneles de datos ya sea con encuestas o datos sobre la continuidad de los servicios de energía, en el buscan un vínculo entre los efectos del servicio de energía y las variables que resulten significativas del análisis.

En está línea se encuentra el trabajo de *Khandker et al.* (2013) sobre Vietnam, a través del estudio de impacto sobre el bienestar de 8 comunas rurales de los procesos de electrificación. Lo anterior se realizó con encuestas entre el año 2002 y 2005 a la población beneficiaria. La muestra consistió en comunas que ya tenían electricidad de la red, aquellas programadas para recibirla en 2005 bajo el proyecto financiado por el Banco Mundial y aquellas que no estaban programadas para recibirla bajo el proyecto (grupo de control).

Los autores encontraron que en términos de *bienestar,* Vietnam ha logrado que la electrificación otorgue acceso a los niños a más horas de estudio en sus hogares, que los negocios permanezcan más tiempo abiertos, mejore la calidad del agua y con ello la reducción de enfermedades relacionadas a la contaminación de las fuentes hídricas, mayores niveles de ingresos calculados en un aumento promedio entre el 28 % y 23 % y por último un crecimiento de la economía vietnamita que la posiciona en el segundo lugar de los países asiáticos con mayores niveles de crecimiento solo superada por China.

En cuanto a los efectos en salud que tuvieron los procesos de electrificación y desarrollo de infraestructura en Vietnam, los autores detallaron que para el año 1993 la mortalidad infantil para menores de 5 años era de 53 casos por mil nacidos vivos, mientras que para el año 2006 era apenas de 26 casos, asimismo la tasa de mortalidad materna para el año 1993 era de 200 casos por 100 mil nacimientos vivos mientras que para el año 2008 era apenas de 75 casos.

Como resultado del anterior análisis surge un punto fundamental en la medición del efecto de la calidad del servicio de energía en la salud, y es que este busca por lo general medir la probabilidad de afectación de la falta de energía ya sea sobre indicadores epidemiológicos (número de casos por cien mil habitantes). De la misma manera, la literatura busca identificar un vínculo entre la calidad del servicio de energía y la salud de las poblaciones.

En este sentido, el estudio realizado por *Pellegrini and Tasciotti* (2016) acerca de la relación que existe entre la electrificación y las *enfermedades transmitidas vectores* (en adelante ETV), examinando específicamente el caso de la malaria en zonas rurales de Uganda para los años 2009-2010. Con el fin de explorar el vínculo entre el uso de electricidad y la malaria y evaluar la magnitud de esta relación, estimaron modelos probit. La variable dependiente es dicotómica y toma en el valor "1" si el miembro del hogar declaró haber tenido malaria en el último mes y "0" en caso contrario.

Los autores por medio de un análisis de comportamiento relacionan la exposición al vector y la densidad de contagio, en el encontraron que la probabilidad de contraer Malaria aumenta entre 10 % y 23 %. A través de la definición de los hogares que utilizan electricidad para la iluminación como "tratados". El grupo de tratamiento está compuesto por todos los miembros del hogar que como consecuencia del uso de la electricidad como fuente de iluminación, tienen una mayor probabilidad de cambiar su estilo de vida, pasar menos tiempo dentro de la vivienda en las horas de la tarde o tienen una mayor probabilidad de vivir en un lugar con una mayor densidad de vectores de malaria (tanto en interiores como en exteriores).

Por lo tanto, los autores encuentran que la luz eléctrica atrae los vectores de la malaria y que los cambios en el estilo de vida asociados con la iluminación exterior aumentan la exposición humana a los vectores. Este análisis indica que la salud pública como política de infraestructura puede traer efectos adversos a los esperados, es decir la calidad de un servicio se enfoca en un desarrollo integral de la prestación de este. Asimismo, está dimensión expone en un sentido más general, el impacto que tiene en la salud de las personas los cambios de comportamiento humano por procesos de acceso a servicios de energía eléctrica.

En consonancia con lo comentado arriba, la pretensión de que solo los procesos de acceso de energía eléctrica mejoran la salud de las personas no es del todo cierto. La literatura sobre ETV demuestra que cuando existe un acceso a la energía masiva la probabilidad de contagio aumenta, por tanto, el entorno del hogar resulta fundamental en la prevención del aumento de este tipo de enfermedades (*Pellegrini*, 2013). La modificación del entorno familiar podría ser una forma factible de reducir el riesgo de ETV.

El estudio de *Yamamoto et al.* (2010) sobre las características del entorno de la vivienda y el contagio de malaria, examina el efecto de diferentes características de vivienda y hogar en el riesgo de contraer malaria para 98 casos de niños y 185 de control en el área semiurbana de Nouna, Burkina Faso. El resultado del estudio encontró que la electrificación del hogar y si el hogar tenía menos de 10 años de construido se asociaron con un mayor riesgo de malaria hasta el 53 % de probabilidad.

En este sentido, el trabajo realizado por *Barghini and de Medeiros* (2010) resulta relevante en esta revisión, los autores examinan la literatura sobre los efectos de la iluminación en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, para ello escogieron tres tipos de casos, que son: los contagios por Chagas, leishmaniasis y malaria. Los autores a través de sus análisis sugieren que el uso de iluminación artificial produce cambios de comportamiento entre las poblaciones humanas y cambios en la prevalencia de especies de vectores y en los modos de transmisión.

Los investigadores aseguran que los casos de contagio no solo están relacionados con la simple atracción de los vectores tradicionales a las fuentes de luz, sino también con los cambios en el comportamiento de los seres humanos, entre ellos los que los obligan a salir de sus casas de noche que es el momento de mayor contagio de la malaria, o peores prácticas en higiene para el caso de las otras dos enfermedades. Como resultado, el vínculo que existe entre las ETV y la energía eléctrica radica en la modificación del comportamiento que tienen las personas en sus hogares.

En complemento, el estudio realizado por *Tasciotti* (2017) sobre el nexo que tiene el uso de la energía eléctrica y la ocurrencia de malaria en Malawi se hace a través de varios modelos probit, en donde la variable dependiente ocurrencia de malaria a nivel individual (nivel de hogar) toma el valor "1" si se ha registrado que el miembro del hogar (cualquiera en el hogar) ha tenido malaria en las últimas dos semanas y "0" en caso contrario. El autor encuentra que los miembros del hogar que viven en hogares "electrificados" tienen más probabilidades de experimentar malaria, asimismo concluyen que los vectores de la malaria son atraídos por las luces eléctricas y la iluminación exterior disponible después de la puesta del sol, en proceso de electrificación el servicio de energía eléctrica puede cambiar los hábitos de las personas y por esa razón aumentar su exposición a esos vectores.

Por otra parte, aunque se podrían mencionar múltiples beneficios del uso de la energía eléctrica, el estudio de *Izadi* (2016) para tres villas en Irán, encuentra que el acceso a la electricidad en comunidades rurales no tienen un efecto directo en la prevención y control de la malaria. El estudio es realizado para los años 2005-2009, a través del banco de datos de los centros de salud para estas provincias, y se corrió un modelo de datos paneles con efectos fijos y aleatorios, para determinar los efectos de la electrificación en esas áreas rurales. Así mismo, el autor indica que tampoco existe efecto contrario a la introducción del servicio de energía en comunidades rurales, lo que es contrario al caso observado en África por el nexo entre

iluminación del alumbrado público y atracción del vector de la malaria.

Un eje de relación de contagio por algún vector y la energía eléctrica, es el comportamiento en el consumo de las personas. El estudio de *Chen and Tan* (2018) realiza un análisis sobre los efectos del comportamiento ante el riesgo de contagio en áreas de prevalencia del dengue, sobre el consumo de energía eléctrica en Singapore. La investigación agrupa cluster de contagio y encuentra que una forma en la cuál las personas se protegen de la epidemia es aumentando el consumo de energía significativamente, debido a que el cierre de ventanas y puertas provoca un mayor uso de sistemas eléctricos de regulación del ambiente del hogar, cómo es el aire acondicionado. Los autores concluyen que una de las formas en que se protegen los hogares a ciclos epidémicos es través del uso de aparatos electrónicos, por tanto, el consumo de energía aumenta alrededor 1-1.7 %. Bajo está perspectiva, se encuentra que la continuidad del servicio de energía resulta una prioridad a la hora de prevenir el contagio por algún vector para los hogares, en especial en áreas y temporadas de alto contagio.

En resumen, la intervención sobre la calidad de los servicios, particularmente el de energía eléctrica, resulta fundamental en muchos casos para cada paso de tratamiento y prevención de enfermedades en el contexto de los países en vía de desarrollo. Conforme a lo anterior, el manejo y desarrollo de tecnologías esenciales incrementa los servicios de calidad de la salud de las poblaciones vulnerables (*Adair-rohani et al.*, 2017). Por tanto, la presente investigación construye a la literatura por varias razones. i), busca encontrar el vínculo que existe entre las ETV y la calidad del servicio de energía eléctrica ii), examina el efecto que tiene la calidad del suministro eléctrico en el contagio de una enfermedad y iii) contribuye a un desarrollo a la literatura epidemiológica y económica sobre los efectos de la energía eléctrica más allá del acceso mismo en la salud, desde el punto de vista de la calidad y entorno geográfico.

4. Datos y Metodología

4.1. Datos

La información para el presente trabajo se obtuvo de diferentes instituciones gubernamentales para eventos epidemiológicos y calidad del servicio de energía eléctrica. En primer lugar, el Instituto Nacional de Salud (INS) a través del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) tiene como una de sus funciones almacenar en forma sistemática la información sobre la dinámica de los eventos que afecten o pueden afectar la salud de la población en Colombia.

Dado que la información almacenada en el SIVIGILA contiene datos sobre todos los sucesos en salud en Colombia, deriva en un insumo esencial para el seguimiento de los casos de contagio por ETV reportados a las Instituciones Prestadoras del Servicio de Salud (IPS). Asimismo, es importante resaltar que en Colombia cerca del 85 % del territorio está situado por debajo

de los 1.600 metros sobre el nivel del mar y presenta condiciones climáticas, geográficas y epidemiológicas aptas para la transmisión de estas patologías, y no existe una infraestructura de atención en salud en todos los municipios, en este sentido la calidad de la información reportada proviene en algunos casos no del lugar del contagio sino de la IPS más cercana en la cual se realizó la atención del caso. Las patologías escogidas fueron dengue y malaria, por ser enfermedades típicas en la mayoría del territorio colombiano, tal y como lo muestra la figura 3, en la que se comprueba que el mosquito responsable del contagio se está ubicando en altitudes cada vez más elevadas, lo que a su vez hace que su contagio sea posible en la mayoría del territorio nacional (*Padilla et al.*, 2017).

Con el propósito de tener una tasa que mida la magnitud de contagio por municipio, se calcula el número de casos patológicos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes para los años 2013 a 2016. La estimación de la tasa fue construida como: $\frac{\sum_0^i md_{i,l}}{P_{l,2016}} * 100{,}000$, en donde $(md_{i,j})$ se refiere al número total de casos reportados por el INS para cada año (i) y municipio (j), mientras que $(P_{,,2016})$ se refiere a la proyección de población a nivel municipal (j).

De acuerdo con los datos obtenidos ilustrados en el mapa de la figura 3, la tasa promedio nacional de contagio por dengue y malaria para 2013-2016 es de 69 casos por cada 100 mil habitantes. El mapa expone una semaforización de las zonas del país de menor a mayor contagio a través de 6 grupos, en donde se observa que algunas zonas no tradicionales para el contagio de esta patología tienen reporte de casos tratados. Lo anterior se genera porque en algunos casos reportados el sitio del contagio no es el mismo de atención, debido a que los síntomas de la enfermedad no se presentan inmediatamente después de la picadura.

Para el caso de la información de calidad de la energía eléctrica, proviene de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) a través del Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios (SUI), que es la entidad que ejerce las funciones de inspección, vigilancia y control sobre las entidades y empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas. El SUI recoge, almacena, procesa y publica información reportada por parte de las empresas prestadoras y entidades territoriales, este busca estandarizar requerimientos y aportar datos que permitan a las entidades de gobierno evaluar la prestación de los servicios públicos. En complemento, es importante destacar que en el mapa de la figura 4, la zonas con fallas de energía coinciden con el número de casos de reportados por dengue y malaria para esté periodo, en donde existe un alto contagio también se replica un número elevado de interrupciones u horas sin el servicio de energía eléctrica.

Los indicadores que específicamente tienen que ver con la atención al usuario son: SAIDI y SAIFI. El primero mide la duración promedio en horas de las interrupciones percibidas por un usuario conectado a un sistema de energía eléctrica, y se construye como $\frac{\sum_0^i d_{i,i}}{U_{i,j}}$, siendo $d_{i,j}$ para el caso de esta medición el número de horas que se interrumpió el servicio de energía reportadas al (SUI) para cada año (i) y estrato socio económico (j), y $(U_{i,j})$ el número total de usuarios reportados al SUI .

Por su parte el indicador SAIFI, mide la cantidad de veces promedio que se presenta una interrupción para un usuario conectado a un sistema de energía eléctrica. Para el caso de este estudio, se expresa el indicador como $\frac{\sum_0^i n_{i,i}}{U_{i,j}}$, siendo $n_{i,j}$ para el caso de esta medición el número de veces que se interrumpió el servicio reportadas al SUI para cada año (i) y estrato socio económico (j), y $(U_{i,j})$ el número total de usuarios reportados al SUI.

Conforme a lo anterior, ambos indicadores para los años 2013 a 2016 muestran un promedio simple de 5.25 tanto para SAIDI y SAIFI (ver anexos: cuadro 1). En contraste, los datos entregados por la SSPD para el año 2016, indican que el promedio de horas interrumpidas por usuario son 38, mientras que para ese mismo periodo la institución reporta 49 interrupciones por usuario al año (*Superintendencia de Servicios Públicos Domicialiarios*, 2017).

Las anteriores diferencias obedecen a que se retiró de la base a los usuarios especiales, industriales, alumbrado público, hospitales y usuarios comerciales, por tanto, los datos tratados obedecen única y exclusivamente al segmento residencial de cada municipio. Es decir, que $(U_{i,j})$ es una variable instrumental para los hogares, ya que la información suministrada por estos indicadores es obtenida a partir de lo reportado por cada medidor de energía.

En complemento a nivel de estratos, tal y como se observa en la figura 2 (ver anexos), los indicadores SAIFI y SAIDI aumentan año tras año, en especial para estratos más bajos. Para el año 2016, el número de interrupciones por usuario (SAIFI) en el año para el estrato 1 fue de 6.78, mientras que para el estrato 6 es de 1.77 interrupciones. Estos resultados indican que en promedio los hogares de estrato 1 tienen 5.01 interrupciones más que el estrato más alto. Para el caso del SAIDI, en ese mismo periodo, el número de horas promedio en el año en las que se interrumpió el servicio para el estrato 1 fue de 6.17, en contraposición para el estrato 6 fue de 1.25. Lo anterior indica que existen diferencias significativas en la prestación del servicio de energía eléctrica entre usuarios de diferentes estratos.

Por su parte, una de las variables control es el régimen de seguridad social en salud por el que fueron atendidos los casos de dengue y malaria reportados por parte de las IPS, para los años 2013-2016. Conforme a los datos obtenidos en el cuadro 10, para el año 2013 la mayoría de atención estuvo concentrada en el régimen subsidiado en un 72 %, mientras que el contributivo en apenas 28 %. No obstante, el promedio de atención ha tendido a estabilizarse en los años posteriores, en donde el promedio de atención tanto por régimen subsidiado como contributivo es de 57 % y 43 % respectivamente.

De igual manera, las variables explicativas que podrían determinar el mal servicio de energía, son aquellas que reflejan la calidad de pago e inversiones sobre la infraestructura eléctrica. No obstante, el nivel de información requerido no está disponible ni siquiera por las mismas empresas prestadoras de los servicios, ni entidades gubernamentales. Debido a esta situación se tomaron dos grupos de variables instrumentales para tener una medida tanto de las inversiones como de la capacidad adquisitiva de la población. En primer lugar se escogieron las variables que componen el índice de desempeño fiscal publicado por el Departamento Nacional

de Planeación (en adelante DNP) para los años 2013-2016, que miden la eficiencia del gasto público y la magnitud de las inversiones, encontrándose una eficiencia de los recursos promedio de 69.7 % (ver anexos: cuadro 1).

En segundo lugar, para evaluar la capacidad adquisitiva de la población se tomaron los indicadores de valor agregado y proyecciones de población del DANE con el fin de medir una magnitud de ingreso promedio de las personas o PIB Per cápita para cada municipio. Debido a lo anterior, se construye una variable instrumental para el PIB municipal para los años 2013-2016 de la siguiente manera: $\frac{Valor\ Agregado_i}{Proyección\ población_{2016}}$, en donde (i) se refiere al año de reporte.

Por último, para la información sobre el entorno natural de los municipios se tuvieron en cuenta las características naturales sobre las cuales se encuentran localizados de acuerdo al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Para este trabajo, se tomó el promedio de hectáreas de los cuerpos de agua y bosques de los municipios en Colombia, acorde al IGAC en los datos analizados son 27.79 y 187.66 millones hectáreas respectivamente, con una altura promedio nacional de 1,185 MSNM (Metros sobre el nivel del mar).

4.2. Metodología

4.2.1. Estrategia Empírica por Emparejamiento

Conforme al objetivo del presente trabajo de estudiar el efecto de la calidad del servicio de energía eléctrica sobre la salud en Colombia a través de los casos presentados por dengue y malaria, la estrategia metodológica sigue un modelo de emparejamiento o *propensity score matching* (PSM).

Este enfoque se utiliza dado que los municipios en Colombia son muy diferentes entre sí, así que para compararlos es necesario determinar un control de características comunes, para después probar la hipótesis de que la presencia de un tratamiento (fallas en la calidad del servicio de energía) tiene un efecto en la variable resultado (número de casos patológicos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes). Asimismo, esta metodología es usada frecuentemente en las evaluaciones de programas para comparar la situación de la población o grupo en tratamiento con la de una población o grupo de control (*Gertler et al.*, 2018).

Conforme a lo anterior, el primer paso consiste en estimar la probabilidad de un municipio a tener fallas en la calidad del servicio de energía a través de un modelo probit. En cuanto a la selección del modelo como $P(D_1 = 1|f(x))$, se estima la probabilidad de tener fallas en la calidad del servicio en función de características observables a través de variables independientes que no estén relacionadas a los casos reportados por dengue, malaria o algún otra ETV. Teniendo en cuenta lo anterior, se construye la variable dependiente dicotómica (D_i), y toma el valor de "1" si para los hogares promedio por municipio y estrato alguno de los indicadores

tanto SAIDI como SAIFI es superior al promedio registrado en la base de datos del SUI para usuarios residenciales, es decir si alguno de los hogares presenta más de 5.25 horas promedio sin electricidad o interrupciones del servicio, en caso contrario "0". Con ello, se calcula la probabilidad de falla en la calidad del servicio de energía electrica dadas sus características ($P_i(X)$). Luego de estimar el modelo, se obtiene para cada municipio un puntaje (score) que resume su probabilidad condicional.

El supuesto crítico que se hace al emplear este método es que la decisión de pertenecer al grupo de muncipios con baja calidad en el servicio de energía, esto es, en función del tiempo y la frecuencia (SAIDI Y SAIFI) tener mala calidad en el servicio de energía eléctrica, aunque no es aleatoria, depende de variables observables. Por esta razón se usaron un conjunto amplio de características, que no solo determinan las fallas en la calidad del suministro de energía a nivel municipal y general, sino que también exponen la segmentación socioeconómica a nivel de hogar que tiene el servicio de energía eléctrica en Colombia, tal y como se ilustran en la figura 5 a través de la variable categórica *estrato.* El siguiente grupo de variables que se consideraron fueron las fiscales y macroeconómicas como el *gasto público*, el *índice de desempeño fiscal* y *PIB Per cápita*, estas se refieren específicamente a la gestión financiera de los recursos públicos de los municipios en función a los ingresos otorgados a estos en cada año, así como los ingresos promedios de sus habitantes. Por último, se incluyeron los *cuerpos de agua* y *hectáreas de bosque*, con el fin de mejorar la calidad del emparejamiento e ingresar controles a las estimaciones realizadas, teniendo en cuenta que el contagio por vectores tanto para dengue como para malaria puede variar en función de estás dos variables.

Lo dicho hasta aquí, expone en primera instancia que la determinación de considerar como parámetro de *"participación"* para cada municipio (i) de tener o no fallas en la calidad del servicio de electricidad en donde $\bar{X}_i$ es el vector de características observables, estaría dada por el modelo de probabilidad lineal:

$$D_i = \beta_0 + \bar{\beta}_i \bar{X}_i + \mu_i \qquad (1)$$

Por tanto, con los coeficientes estimados y la caracterización de las fallas del servicio de energía, para cada municipio se realiza el cálculo de aquellos con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica y los que no. Por tanto, la probabilidad estimada de participación sería:

$$\hat{P}(X_i) = \hat{\beta}_0 + \hat{\bar{\beta}}_i \hat{\bar{X}}_i \qquad (2)$$

Ahora bien, cómo el objetivo bajo la metodología PSM estima el efecto promedio en salud sobre aquellos municipios que tienen fallas en la calidad del servicio, lo que sería el denominado ATT (*average tratment on the treated*), en donde la figura 6 muestra la distribución de la probabilidad de ser un municipio con altas fallas en el servicio eléctrico restringido al soporte común.

En vista de que la muestra se ha restringido al soporte común, se escoge el algoritmo de emparejamiento para identificar a los municipios que no tienen fallas en el servicio de energía eléctrica más similar a aquellos que si las tienen en el resto de las características observables ($\bar{X_{ki}}$), para este estudio es el método por vecino más cercano. Por tanto, para relacionar el conjunto de municipios con fallas en la calidad de energía (tratados) y el conjunto de municipios sin fallas en la calidad del servicio (control), se denota (C_i) como el conjunto de unidades tratadas asociadas a cada una del grupo sin fallas en la calidad con un valor estimado ($P_i(X)$). Con ello, se busca que la distancia entre la probabilidad de participación para cada municipio con alta y baja calidad del servicio de energía eléctrica sea la menor posible. Por tanto, el vecino de control más cercano (C_i), del municipio con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica (i) se expresa como:

$$C(i) = \left\{ j \in D = 0 \mid \min_{j} \parallel P_i(X) - P_j(X) \parallel \right\} \qquad (3)$$

Asimismo, las diferencias entre cada grupo de municipios asociados en la variable de resultado (número de caso de dengue y malaria) para finalmente obtener el ATT como el promedio de todas esas diferencias está dado por:

$$\triangle Y_{ATT}^{PSM-VC} = \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left(Y_i^T - \frac{1}{N_i^C} \sum_{j \in C(i)} Y_j^C \right) \qquad (4)$$

Donde N^Tes el número de municipios que hacen parte del tratamiento y N_i^Ces el número de municipios elegibles asociados con la observación; T es el conjunto de municipios sin fallas en la calidad del servicio e $i \in T$ y $Y^T(Y^C)$ es el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes observados entre los municipios con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica y los que no las tienen. En detalle, Y_i^Tes la variable resultado para los municipios con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica (grupo de tratamiento), $C(i)$ es el conjunto de vecinos más cercanos en el grupo sin fallas en la calidad del servicio definido en (3), por lo que Y_j^C es el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes para ese grupo de municipios.

En suma, lo obtenido en (4) es el emparejamiento de cada municipio con fallas en la calidad del servicio con más de uno del grupo sin fallas en la calidad, computando las diferencias entre el número de casos por dengue y malaria por cada 100 mil habitantes para los municipios con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica y la misma variable resultado para municipios que no tienen fallas. A su vez, en el emparejamiento no solamente se tomaron los municipios sin fallos en la calidad del suministro de energía que minimizan la distancia en la probabilidad de participación, sino se ajustó a la mayor cantidad de municipios con

probabilidad de falla en la calidad del servicio de energía eléctrica más cercanas a los municipios con buena calidad.

Identificación

Cómo lo reseñan *Gertler et al.* (2018) y comentado en la anterior sección, uno de los principales supuestos del PSM, es asegurar que la selección de los municipios para la evaluación se base únicamente en las características observables descritas, es decir que se cumpla la *condición de independencia condicional* (CI). Al mismo tiempo es importante garantizar que la selección de municipios no depende de características no observables, con el fin de tener el sesgo de selección igual a 0, tal y como se observa en (5), en donde T es el grupo de municipios con fallas en la calidad servicio y T_n son los que no.

$$\begin{aligned} E\left(T \mid \mu\right) &= E(T_n \mid \mu) \qquad (5) \\ & \quad Cor\left(D_i, \mu\right) = 0 \end{aligned}$$

Lo anteriormente comentado resulta relevante, para indicar que al calcular los efectos en salud como la diferencia entre municipios con fallas en la calidad del servicio de energía y los que no, controlado por características observadas, generan una estimación insesgada. Considerando que la principal variable de selección es el corte o discriminación sobre la calidad de la energía, para el caso colombiano esta recoge todos los factores posibles que pueden incluir en una red de distribución para los hogares.

En primer lugar, tal y como se expuso en la descripción del mercado de energía en Colombia, los eslabones de generación y transmisión de la energía para los últimos 15 años son superiores a la demanda en promedio 14 %. Esto quiere decir que el suministro de energía está garantizado para los hogares en Colombia, sin embargo, aunque la cobertura sea casi del total de los hogares, el principal eslabón de atención entre usuarios y servicios de energía eléctrica es la distribución, y son ellos los que reportan los indicadores SAIFI y SAIDI. Por esta razón para cuantificar la calidad de los servicios públicos prestados por parte de las empresas operadoras de la red de distribución, se utilizan índices de confiabilidad de sus sistemas, en donde a través de ellos generalmente hacen mantenimiento a sus redes e identifican las zonas en las cuales deben realizar mejoras técnicas (*Zambon et al.*, 2009).

Razón por la cual, escoger como parámetros los indicadores SAIFI y SAIDI para construir el indicador de fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica, incluye el efecto de cualquier desarrollo técnico para la mejora de la calidad de los servicios de los usuarios por parte de las empresas operadoras de red, así como el impacto de sus inversiones (*Prettico et al.*, 2016). Lo anterior indica, que el efecto de prestar el servicio público bajo los parámetros del esquema

operativo, técnico y normativo de la empresa es recogido por ambos indicadores de calidad de energía.

En segundo lugar, es necesario exponer el análisis de selección para las características observables por las cuales se hace el control del tratamiento. El gasto público como variable control agrupa parte del presupuesto de las instituciones públicas en el mantenimiento de las redes de distribución, así como su relación con la inversión en salud. Este último item, tiene un vínculo estrecho con la variable resultado, ya que, al controlar también por desempeño fiscal, se establece la relación entre el manejo de los recursos respecto al gasto y la calidad de la infraestructura eléctrica, a su vez el efecto es la medición de la magnitud sobre el deterioro o no en salud. Por otro lado, la variable macroeconómica de PIB per cápita segmenta la capacidad adquisitiva por municipio, elemento importante para diferenciar y medir el efecto sobre la calidad del servicio de energía eléctrica y la salud acorde a los niveles de ingreso de la población, en la que captura de la misma manera parte de la capacidad de pago de los usuarios.

Por último, el control por características del entorno se realizó a través de las variables sobre hectáreas de cuerpos de agua y bosque, debido a que los casos de contagio por dengue y malaria dependen también del entorno en el que se encuentran sus habitantes, y los vectores se encuentran más en regiones con alta humedad y concentración de vegetación. Asimismo, se mide el efecto sobre el funcionamiento que tienen las redes eléctricas en las diferentes regiones, esto permite crear un soporte común consistente, y controlar los problemas de medición por terreno tanto del gasto público como de las demás características observables. En este sentido, la presente investigación no revisa el proceso de mejoras o técnicas para el correcto funcionamiento y la prestación de calidad del servicio de energía eléctrica, sino el resultado de aquellos elementos que conjuran la calidad del servicio en relación con los casos presentados por dengue y malaria.

4.2.2. Estrategia empírica de Diferencias en Diferencias

Acorde con el objetivo del presente estudio de analizar el impacto que tiene las fallas sobre la salud de las personas a través de los casos de *dengue* y *malaria*, la segunda estrategia metodológica propuesta sigue un modelo de *diferencias en diferencias (DID)* con efectos fijos para un panel de datos. Está aproximación metodológica permite medir el impacto de la calidad en el servicio de energía eléctrica a través de diferentes periodos controlando diferencias preexistentes. En este sentido, un segundo ejercicio para el estudio permite aprovechar la inclusión de variables omitidas por el emparejamiento como el régimen de seguridad social por el que fueron atendidos los casos que tuvieron este tipo de patologías, y controlar por características no observables.

Bajo este método, es importante resaltar que las variaciones que se estudiaran son anuales y la unidad de observación es a nivel de municipio. Asimismo, para este ejercicio los ejes de

estudio son: la magnitud del gasto público, el ingreso municipal, y el tipo de atención en salud por los que fueron atendidos los casos de dengue y malaria; siendo este último la diferencia respecto al abordaje metodológico anterior. El sistema de seguridad social en Colombia es un parámetro significativo a la hora de medir el contagio y la atención a una ETV, debido a que sus síntomas, propagación y reincidencia están relacionadas al tipo de información y/o atención que tiene la población (*Padilla et al.*, 2017).

Debido a que este segundo segundo ejercicio es un complemento del anterior, algunas de las características observables son las mismas, cambiando la forma funcional de su cálculo. Bajo este hecho, se construyó la variable dependiente dicotómica (D_{it}) con esos parámetros, en donde está toma el valor de "1" si para los hogares promedio por municipio alguno de los indicadores tanto SAIDI como SAIFI es superior al promedio registrado en la base de datos del SUI para usuarios residenciales, es decir, si alguno de los hogares presenta más de 5.25 horas promedio sin electricidad o interrupciones del servicio, en caso contrario "0". Esto se realizó, debido a que los parámetros de calidad del servicio de energía eléctrica tomados en el documento *Diagnóstico De La Calidad Del Servicio De Energía Eléctrica En Colombia 2016* de la SSPD, para los indicadores SAIDI y SAIFI, expone el promedio registrado para todos los usuarios reportados en el SUI, en donde segmenta a las empresas por la banda superior o inferior a este promedio. Por esta razón, se tomó la forma funcional de segmentación pero no los resultados del documento, ya que la estimación del promedio que la entidad realizó indica que el número de interrupciones por usuario al año es de 49 (SAIFI), y las horas sin servicio 38, lo cual no es correcto en el eslabón residencial, ya que el informe incluye a las industrias (contando cada industria como un usuario), los comercios, instituciones públicas como hospitales, el alumbrado público entre otros, por tanto no resultaba funcional tomar este parámetro y se optó por construir solo el eslabón residencial.

Se debe agregar que este enfoque técnico indica que las variaciones en los municipios con fallas en la calidad del suministro son anuales, es decir, puede ocurrir que en varios periodos para un municipio la variable D_{it} sea uno, mientras que en otros cero. Algo semejante sucede con las características para controlar el efecto del tratamiento denotadas con el vector ($\bar{x_{it}}$). El primer parámetro de observación es la segmentación vista en e*l peso relativo municipal en el valor agregado departamental,* esta variable permite capturar el aporte en ingresos de cada municipio en su departamento, en donde se puede estar deteriorando la provisión de servicios públicos y en salud en aquellas poblaciones vulnerables que a través de la focalización de recursos departamentales para el mejoramiento de la calidad, no estén recibiendo estos ingresos.

Por su parte, la inclusión del *gasto público* obedece al hecho de la integralidad de las intervenciones en salud que se necesitan para la prevención ETV, por esta razón la variable puede indicar una medida fiscal además de ser una señal de ampliación de la infraestructura y provisión de bienes públicos en los municipios. En complemento, se tuvo en cuenta el número de personas atendidas por cada municipio dependiendo el régimen de atención recibido en la IPS

tanto para los casos de dengue y malaria, ya sea régimen *contributivo* o *subsidiado.* El objetivo de la inclusión de este parámetro, es capturar el efecto o relación que pueda existir entre contagio y tipo de afiliación en salud, en lugares donde la calidad de energía sea deficiente.

A diferencia del primer ejercicio metodológico, se incluye el *estrato* como el número de usuarios del municipio i pertenecientes al segmento subsidiado para el caso del servicio de energía (estratos 1,2,3). En este sentido, se incorpora como concepto el análisis de la estratificación socioeconómica para los servicios públicos de *Alzate* (2006) realizado para la CEPAL, en el que concluye que la variable *estrato* puede mostrar una mala asignación del subsidio y una fuente de focalización para la pobreza. La autora indica que este sistema rebasa en algunos territorios su capacidad al no tener criterios unificados para su asignación. Lo anterior es cierto para varias regiones en Colombia, ya que, al no tener criterios claros para la asignación del estrato, existen un número de hogares mal clasificados que deterioran en principio la provisión de los servicios públicos (*Alzate*, 2006). Esta aclaración resulta relevante, ya que ilustra la diferencia en la forma funcional que compone el cálculo de esta variable respecto al primer ejercicio en cuanto a la unidad de observación estimada.

Lo dicho hasta aquí fue ilustrado con el objetivo de establecer una relación lineal para controlar la heterogeneidad no observable, dada la estregaría metodológica a realizar. Por tanto, el modelo de datos de panel propuesto para la estimación puede expresarse de la siguiente manera:

$$tasa_{it} \quad = \varphi D_{it} + \bar{\upsilon_{it}} \bar{x_{it}} + \Phi_i + \mu_{it} \qquad (6)$$

Donde $tasa_{it}$ es el indicador de contagio del número casos reportados por dengue y malaria por cada 100 mil habitantes en el municipio i para el año $t(\vee t =$ 2013, 2014, 2015, 2016). Por su parte, Φ_i son los efectos inobservable que caracteriza a cada municipio i e incorpora características permanentes de ellos en el tiempo y que pueda afectar el contagio por dengue y malaria. Por su parte, $\bar{\upsilon_{it}}$ es el vector de coeficientes estimados para el vector de controles $\bar{x_{it}}$ en el municipio i para el año t, que contiene el peso relativo municipal, gasto público, estrato, y el régimen de afiliación en salud.

De modo que el término ψ recoge el efecto sobre la tasa de incidencia del número de casos contagio por la calidad en el servicio de energía. Por lo tanto, si $\varphi > 0$ indicaría que los municipios con fallas en la calidad del suministro a sus usuarios aumentan el número de casos por contagio de dengue y malaria.

5. Resultados,

5.1. Caracterización de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre el número de casos presentados por dengue y malaria

De acuerdo con la disponibilidad de información y los ejercicios metodológicos propuestos, en primer lugar, para el caso del emparejamiento es importante mencionar que se incluyeron variables que explican las fallas en la calidad de la energía y que afectan la atención en salud, en ellos se encontraron las variables fiscales, de ingreso y de características naturales por municipio. No obstante, para la variable resultado y el cálculo del propensity score, la unidad de observación es: municipio y estrato; con el objetivo de identificar registros únicos, tal y como se observa en la figura 6 sobre los grupos que tomaron el tratamiento que son aquellos que involuntariamente tenían un mayor deterioro en su suministro de energía. Caso contrario ocurre en el modelo de diferencias en diferencias con datos panel, en donde la unidad de observación resultaba ser el municipio, en principio esto se debe a la construcción funcional de las variables y a las características de la metodología utilizada.

En consonancia con lo anterior, para el PSM se estimó la probabilidad que exista mala calidad en la prestación del servicio de suministro de energía eléctrica a través de un modelo probit, los resultados tal y como lo muestra el cuadro 9, para todas las características observables escogidas, las variables resultan ser significativas al 1 % . Asimismo, se realizó una prueba para observar la calidad del emparejamiento, el objetivo de ello es correr un modelo probit entre la variable dicotomica de segmentación de la calidad del servicio de energía, el puntaje de propensión y las características observables escogidas en el modelo original, en donde tal y como se observa en el cuadro 8, las variables resultaron estadísticamente no significativas, esto quiere decir que el emparejamiento realizado es el adecuado, destacando que el coeficiente *pscore* (puntaje de propensión) resulta significativo debido a que captura la probabilidad del tratamiento.

En segunda instancia, uno de los primeros resultados que se puede intuir en este estudio, es que los sistemas de distribución de energía eléctrica, quienes son los que mantienen contacto directo con los usuarios, se sostienen a través de: las inversiones y eficiencia de los recursos en redes, validando el argumento de (*Demski et al.*, 2019; *Hancevic et al.*, 2016; *Rothwell and Gómez*, 2003; *Sioshansi and Pfaffenberger*, 2006). Lo anteriormente mencionado se evidencia, cuando para cada ejercicio metodológico se usa como variable proxy el índice de eficiencia fiscal y gasto público, y el ingreso de los hogares como proxy de capacidad de pago. De manera análoga, en la búsqueda de parámetros que expliquen la calidad del suministro eléctrico, se encuentra que para el caso colombiano una variable fundamental son las características naturales y el entorno sobre los cuales se encuentran los municipios, ya que estás tal y como lo muestran el cuadro 9, son estadísticamente significativas al 1 %.

Bajo estos parámetros, la segmentación de los resultados entre municipios con y sin fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica respecto al número de casos de dengue y malaria se realizó a través de tres categorías que se pueden observar en el cuadro 4. El primer eje son los municipios sin mala calidad del servicio de energía eléctrica (no tratado), en donde el indicador de dengue y malaria es de 43.14 de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes, esta proporción es relativamente baja si se comparan con las tasas de incidencia calculadas en Colombia por (*Padilla et al.*, 2017), en donde para el periodo de 1990-2016 calculó una tasa de incidencia de la enfermedad de 1.371 casos para la malaria por cada 100 mil habitantes y 188 para el dengue. Por otro lado, los resultados del grupo tratado o municipios con fallas en la calidad del suministro de energía eléctrica se segmento en dos grupos, de acuerdo con lo observado en la figura 6, el primero hace parte a todos los municipios con probabilidad de tener fallas en la calidad del suministro eléctrico (2), mientras que el segundo se segmento solamente los municipios que después de aplicar el soporte común se encontraban sobre el soporte (1).

Los resultados derivados de las comparaciones del cuadro 4, encuentran que la diferencia promedio en el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes anualmente para el periodo 2013-2016 de los municipios con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica respecto a los que no las tienen, es de 50.85 casos para el caso del grupo de tratado sobre el soporte (1) y 74.28 casos para el caso del total de municipios con fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica que hicieron parte del tratamiento (2). Esto quiere decir que las fallas de energía por lo menos recogen un 50 % del total de casos por dengue y malaria en municipios que tienen propensión a estos vectores.

Por otro lado, en el desarrollo del PSM después de calcular la probabilidad de tener fallas en la calidad del servicio de energía, se encuentra una diferencia representativa entre municipios con mala calidad en el suministro frente a los que no. La diferencia en el gasto público para municipios sin mala calidad respecto a los que la tienen es de 69,148 millones respecto al caso de (1) y de 65,886 millones para (2). De la misma manera, la diferencia del pib per cápita para la población que habita en municipios sin fallas en la calidad del servicio respecto a los que tienen mala calidad del servicio de energía es de 5 millones de pesos.

Lo anterior es un indicio que el gasto público referido en infraestructura de las redes no es el adecuado, y segundo como lo afirmo *Barron et al.* (2019), la población civil responde en gran medida a cambios de comportamiento cuando tienen una epidemia por algún vector, en muchos casos adaptando sus actividades cotidianas como el periodo para salir a trabajar o mandar a los menores al colegio, dos ejes fundamentales para la generación de ingresos. En este sentido, podría decirse que a menores niveles de ingresos de los hogares en promedio un 33 % en municipios donde la calidad de energía es mala acorde al cuadro 4, el recaudo público para asignación del gasto es también menor, esto puede estar directamente ligado a la capacidad de modernizar infraestructura pública y además atentar con la liquidez de las empresas prestadoras de los servicios al tener una mayor masa de usuarios subsidiados, hecho

que remarca *Hancevic et al.* (2016) sobre los subsidios en el servicio público de energía eléctrica respecto al deterioro de las condiciones sociales y económicas de los hogares en principio beneficiados por este tipo de subvenciones.

En paralelo a lo comentado, el índice de desempeño fiscal para el caso de los municipios sin fallas en la calidad del servicio es apenas superior en 3 % respecto al grupo tratado, es decir el manejo de las inversiones y presupuestos de infraestructura públicos tienen un mejor manejo en zonas donde la calidad del suministro es superior. Por otro lado, aunque el indicador de bosques y cuerpos de agua es significativo a la hora de tener el soporte común, las diferencias en hectáreas en promedio para los municipios no son tan amplias, no obstante, para el grupo tratado, en la columna de diferencias el área de cuerpos de agua en el cuadro 4, la columna (2) es superior a (1), en 10.6 millones de hectáreas, esto quiere decir que las zonas predominantemente húmedas tienen una propensión más alta al contagio por dengue y malaria, asimismo el gasto público y los ingresos tienden a deteriorarse respecto al grupo de municipios tratados sobre el soporte (2).

5.2. La calidad del servicio energía eléctrica y el número de casos de dengue y malaria por estrato

El cuadro 5 tiene tres etapas para municipios con mala calidad de servicio y los que no del presente estudio para el caso de la primera estrategia metodológica. Lo anterior se realizó por estrato con el objetivo de exponer el efecto ex ante y posterior de los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica a la hora de aplicar el emparejamiento. En primera instancia como la variable dicotómica es (D), y fue construida a partir de un criterio de selección sobre la media de los indicadores SAIFI y SAIDI, no permite mostrar las diferencias que existe entre municipios con y sin mala calidad, entre las probabilidades del tratamiento y la variable resultado.

Dicho lo anterior, para exponer de mejor manera el resultado se denominó una primera etapa *diferencias ex ante*, es decir el promedio de la variable resultado sobre el soporte y los municipios con y sin mala calidad en el servicio de energía eléctrica antes de aplicar el emparejamiento, se encontró que la diferencia por estratos en su mayoría corresponde al segmento de los estratos 1 y 2. En síntesis, para el estrato 1 en un municipio con fallas en la calidad del servicio de energía se encontró que el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes es de 291.83, es decir 220 casos por encima del promedio para municipios sin mala calidad del servicio, en mucho menor proporción la diferencia para el estrato 2 es de apenas 2 casos. Por otro lado, los demás estratos no reportan diferencias significativas para los demás segmentos, incluso invirtiendo la tendencia de número de casos para dengue y malaria en mucho menor proporción, y muy por debajo de la tasa de incidencia promedio para Colombia mencionada en el anterior apartado.

Antes de remitirse a la sección *ex post* del emparejamiento, es importante detallar las diferencias que existen entre los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica expuesto en el cuadro 5. A diferencia de la figura 5, los indicadores de calidad del servicio de energía son homogéneos para los diversos estratos en sus segmentos, no obstante, la diferencia significativa se observa cuando la comparación se hace a través de grupo con mala calidad del servicio de energía y los que no. Esto podría indicar que las fallas en la calidad del servicio de energía en principio son propiamente generalizadas y no estarían discriminando el nivel socioeconómico del usuario, es decir, si el operador de red presenta buena calidad del servicio, se generaliza para todos los estratos, en contraste, el efecto para los municipios con fallas de energía también afecta a todos de manera homogénea.

Dicho lo anterior, la diferencia significativa del promedio de horas (SAIDI) y frecuencia (SAIFI) por interrupción del servicio de energía eléctrica para cada usuario expuesta en el cuadro 5 es precisamente entre grupo tratado y no tratado, más no entre estratos como lo demuestra la tendencia nacional. En este caso, los municipios sin fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica presentan un promedio de horas en la interrupción de 1.84 al año y 4.59 interrupciones del servicio de energía al año, mientras que los municipios con mala calidad tienen un promedio de 11.52 de horas de interrupción del servicio y 11.27 veces interrupciones del servicio al año, resultando una diferencia en el promedio de interrupción en horas de 9.68 y para la frecuencia de interrupción de 6.68 veces, de manera análoga, está diferencia es mucho mayor a la observada en la figura 5 por estrato.

Prosiguiendo el análisis *ex post* después de examinar los indicadores de calidad del servicio de energía por grupo, este hace referencia a aquellos municipios a los que fue aplicado el emparejamiento, independiente del método usado, en esta parte si observan diferencias entre estratos además de las existentes entre grupo tratado y no tratado, el efecto de las fallas de energía está incluido en esta sección. Lo particular, es que el Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes (Por emparejamiento) para el estrato 1 es de 55.28 mientras que para el estrato 6 es de 43.56 según lo ilustrado en el cuadro 5, siendo los dos segmentos socioeconómicos en los cuales se observan el mayor número de casos por dengue y malaria por cada 100 mil habitantes.

Por otro lado, resulta relevante indicar que para el caso de la estimación del modelo de datos panel expuesto en el cuadro 11, uno de los parámetros relevantes que resultan significativos es el sistema de seguridad social en el que son atendidos los casos reportados por dengue y malaria. En complemento para el periodo 2013-2016, conforme al cuadro 10, el 57 % por estas patologías han sido atendidas a población perteneciente al régimen subsidiado, siendo el año 2013 el pico de atención a esta población con un 72 % de contagio a este segmento de afiliación.

Lo anteriormente expuesto resulta fundamental, ya que al controlar el efecto la calidad del servicio de energía eléctrica sobre los casos de contagio por el régimen contributivo y subsidiado, acorde al cuadro 11, se obtiene que por cada caso atendido por el régimen subsidiado, el número

de personas por contagio de dengue y malaria aumento en 1.85, para el caso de (1). Respecto al régimen contributivo, tanto en (1) y (2) no resulta significativo, pero cuando el control de la estimación no tiene en cuenta el estrato, como es el caso de (3), se observa que por cada persona atendida, el número de casos de dengue y malaria se reduce en 0.25, dejando claro que para (1) y (2) el signo del coeficiente es el mismo. Lo anterior resulta relevante porque indicaría que la atención en salud podría resultar diferencial en municipios con mala calidad del servicio de energía eléctrica, en donde el segmento subsidiado tiene una propensión al contagio mucho más alta que el contributivo.

5.3. Impacto estimado

Luego del análisis realizado en las anteriores dos secciones de las características observables tanto para el grupo de municipios con y sin fallas en la calidad del servicio de energía, así como los resultados del número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes respecto a la unidad de observación antes y después del algoritmo de emparejamiento o del estimador con efectos fijos para datos panel, es fundamental detallar el efecto promedio de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre la salud para todos los tipos de algoritmo de emparejamiento que existen y el modelo de diferencias en diferencias planteado.

En primer lugar, el cuadro 6 expone el efecto de las características de selección del tratamiento sobre el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes, en este sentido independiente del algoritmo de emparejamiento, el efecto de las variables de selección sobre la variable resultado son significativas al 1 %, esto indica una medida adecuada en los valores estimados del impacto. Hecha esta aclaración sobre los resultados del modelo, se encuentra que a medida que el estrato aumenta, la tasa de incidencia para dengue y malaria es cada vez menor.

Por otro lado, respecto al índice de desempeño fiscal expuesto en el cuadro 6, indica que el efecto de mejorar en un punto porcentual la eficiencia en el gasto público en los municipios con fallos en la calidad del servicio de energía hace que se disminuyan los casos en 2.7 por cada 100 mil habitantes de dengue y malaria. Por último, la variable ingreso (pib per cápita) es significativa, pero tiene una incidencia mucho menor en el número de casos de dengue y malaria, mientras que las hectáreas de bosques y cuerpos de agua la tienen a partir de la densidad, es decir acorde a los resultados a partir del millón de hectáreas se puede observar un aumento en la tasa de incidencia por estos estos vectores.

Para el caso de la estimador de diferencias en diferencia con efectos fijos para datos panel, el impacto del tratamiento es controlado por las características observables de la muestra, tal y como lo expone el cuadro 11, en donde el único parámetro que resulta significativo es el tipo de régimen de atención en salud. Esto tiene mucho sentido, ya que como lo indica *Barghini and de Medeiros* (2010), la intervención en salud efectiva para reducir el contagio dengue y

malaria es la prevención, la higiene, la calidad de la atención en salud ,entre otros. En donde se podría intuir que la atención en salud a poblaciones más vulnerables no son eficientes.

Los anteriores resultados van en línea con los obtenidos en las secciones previas, en donde la mala calidad del servicio de energía perjudica la salud de la población. En las dos diferentes estimaciones metodológicas, se encontró una diferencia significativa y positiva entre los casos y tasas de incidencia de dengue y malaria entre los municipios que presentaron una baja calidad en el servicio de energía eléctrica y los que no. Lo anterior hace pensar que las consecuencias y la continuidad de mala prestación del servicio, contribuye a la propagación de enfermedades.

En segundo lugar, para el primer abordaje metodológico el efecto promedio del programa de acuerdo al soporte común tiene sus diferencia significativas, aunque el método de recorte (trimming) es el más aceptado conforme a los resultados obtenidos, es fundamental presentar todos los resultados posibles mediante varios métodos de emparejamiento, tal y como se observa en el cuadro 7. En este sentido, el soporte común preestablecido de eliminación de máximo y mínimo estima un efecto promedio de las fallas en la calidad de energía eléctrica sobre el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes para el método de emparejamiento por vecino más cercano de 72.06 casos para el caso de un vecino, mientras que para el caso de 10 vecinos la tasa baja a 71.51.

En contraposición para el mismo método de emparejamiento el recorte (trimming) que elimina un 20 % de la muestra, estima un efecto promedio de las fallas en la calidad de energía eléctrica sobre el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes de 50.93 para el caso de un vecino y 49.76 en el caso de 10 vecinos. Este último método de recorte trimming es coherente con los resultados promedio del cuadro 5, ya que el número de casos promedio para todos los estratos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes es de 44.10 por promedio simple, y 49.50 ponderando por la muestra.

Para el caso de distancia máxima acorde a los valores expuestos en el cuadro 7 sobre el efecto promedio de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica, los dos métodos de soporte común mantienen diferencias similares a la de vecino más cercano. Esto permite decir, que el recorte (trimming) sigue la misma tendencia sobre el efecto promedio del tratamiento (ATT), que es de 49.66 caso de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes el efecto promedio, que se parece más al resultado de vecino más cercano con 10 municipios.

Con el fin de controlar las características inobservables, para el modelo de diferencias en diferencias con efectivos fijos se realizaron tres diferentes estimaciones tal y como lo expone el cuadro 11. Para el caso de (1), se tomaron las mismas variables observables del ejercicio anterior como control de la estimación, incluyendo el régimen de seguridad social por el que fueron atendidos los casos de dengue y malaria. El resultado indica que el efecto promedio de las fallas en la calidad del suministro de energía eléctrica es de 45.90 casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes. Por su parte, cuando se excluyen las variables fiscales que es el caso de (2), el efecto de la mala calidad del servicio es de 46.57 casos de dengue y

malaria. Finalmente, al segmentar la estimación solo las variables de ingreso y rendimiento fiscal, excluyendo el estrato, el efecto promedio de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica es de 47.18.

Los resultados de las estimaciones para el modelo de diferencias en diferencias y PSM, son mucho más parecidas para este último caso bajo el método de *trimming,* en donde el efecto promedio de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre el número de caso de casos de dengue y malaria ha sido de 50.17 todos las formas de emparejamiento. Por su parte el estimador de efectos fijos, ilustra un efecto promedio para los tres casos propuesto de 46.55 casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes. Como resultado se obtendría que la mala provisión en el suministro de energía estaría explicando casi el 4 % de los casos de contagió para estas dos patologías, respecto a la tasa de incidencia reportada por *Padilla et al.* (2017) para el periodo 1990-2016.

6. Conclusiones

Acorde con los resultados anteriores, se aborda un problema estructural de tres ejes que son: inversión pública, eficiencia del manejo de los recursos y entorno del problema para el caso colombiano. Fundamentalmente estos resultados encuentran que la vulnerabilidad por fallas del suministro eléctrico acorde al método de recorte (trimming) y por paneles de datos es en promedio de 50,17 y 46.55 casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes, acorde a lo expuesto en los cuadros 7 y 11. Es decir que las fallas en la calidad del servicio público de energía eléctrica pueden provocar fallas persistentes en el sistema de salud, que no son observables directamente.

De esta forma, la discusión económica se centraría en el beneficio perdido a la sociedad por los días de incapacidad, la educación que no reciben los menores miembros de los hogares y la posible saturación en el sistema de salud por pacientes atendidos por esta patología. A su vez, mediante el análisis de impacto se obtuvo evidencia que el deterioro del servicio de salud mejora las prácticas de prevención para enfermedades transmitidas por vectores, y que en general la tendencia se mantiene para los 6 estratos estudiados, esto quiere decir que cuando se aumenta la posibilidad de tener mal servicio de energía en un punto porcentual se aumentan los casos de eventos epidemiológicos en 5 casos por cada 100 mil personas.

Por último, es importante destacar que en términos de política pública este estudio expone que la baja calidad en el servicio de energía eléctrica esta relacionada con peores desenlaces en salud, particularmente en los más pobres. Esto sugiere que es fundamental tomar medidas sobre mejorar la provisión de los servicios de energía eléctrica especialmente en los hogares más vulnerables. Por ejemplo, hacer más estricto el diferencial de pago por calidad del servicio, donde las zonas más vulnerables tengan los indicadores más estrictos de calidad. Segundo, el efecto de la mala calidad de la prestación del servicio eléctrico no sólo deteriora la infraes-

tructura de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica (*Hancevic et al.*, 2016), sino supone una carga importante al sistema de salud, al tener más personas que deben ser atendidas por estas patologías.

Referencias

Adair-rohani, H., K. Zukor, S. Bonjour, S. Wilburn, A. C. Kuesel, R. Hebert, and R. Fletcher (2017), Limited electricity access in health facilities of sub-Saharan Africa: a systematic review of data on electricity access, sources, and reliability, *1*(2), 500, doi:10.9745/GHSP-D-13-00037.

Ajayi, P. I. (2018), Urban household energy demand in southwest Nigeria, *African Development Review*, *30*(4), 410–422, doi:10.1111/1467-8268.12348.

Alzate, M. C. (2006), *La estratificación socioeconómica para el cobro de los servicios públicos domiciliarios en Colombia*, 101 pp., Naciones Unidas, CEPAL.

Andresen, M. A., and N. Boyd (2010), A Cost Benefit and Cost Effectiveness Analysis of Vancouver's Supervised Injection Facility, *International Journal of Drug Policy*, *21*, 778–782.

Arvidson, A., F. Songela, and K. Syngellakis (2006), The role of energy services in the health , education and water sectors and cross-sectoral linkages, (November).

Barghini, A., and B. A. de Medeiros (2010), Artificial lighting as a vector attractant and cause of disease diffusion, *Environmental Health Perspectives*, *118*(11), 1503–1506, doi:10.1289/ehp.1002115.

Barron, K., L. F. Gamboa, and P. Rodríguez-Lesmes (2019), Behavioural Response to a Sudden Health Risk: Dengue and Educational Outcomes in Colombia, *Journal of Development Studies*, *55*(4), 620–644, doi:10.1080/00220388.2018.1425392.

Berthélemy, J. C., J. Gaudart, and J. Thuilliez (2015), Prevention or treatment? The case of malaria, *Economics Letters*, *131*, 16–19, doi:10.1016/j.econlet.2015.03.022.

Bhatia, M., and N. Angelou (2015), Beyond Connections: Energy Access Redefined, *ESMAP Technical Report*, *008/15*.

Burlando, A. (2010), The Impact of Electricity on Work and Health: Evidence from a Blackout in Zanzibar, *SSRN Electronic Journal*, doi:10.2139/ssrn.1734525.

Buysman, E., and A. P. J. Mol (2013), Market-based biogas sector development in least developed countries -The case of Cambodia, *Energy Policy*, *63*, 44–51, doi:10.1016/j.enpol.2013.05.071.

Chen, Y., and Y. J. Tan (2018), The effect of environmental disamentities on electricity consumption: Evidence from dengue outbreaks in Singapore *, *Tech. rep.*

Demski, C., G. Thomas, S. Becker, D. Evensen, and N. Pidgeon (2019), Acceptance of energy transitions and policies: Public conceptualisations of energy as a need and basic right in

the United Kingdom, *Energy Research and Social Science*, *48*(October 2018), 33–45, doi: 10.1016/j.erss.2018.09.018.

Departamento Nacional de Planeación (2004), Monografía del sector de electricidad y gas colombiano: Condiciones actuales y retos futuros.

García, M., and I. Dyner (2000), Reform and regulation of electricity in colombia -uk experiences taken across the atlantic, *International Journal of Public Administration*, *23*(5-8), 603–623, doi:10.1080/01900690008525478.

Gertler, P. J., S. Martinez, P. Premand, L. B. Rawlings, and C. M. J. Vermeersch (2018), *La evaluación de impacto en la práctica, Segunda edición*, The World Bank, doi:10.1596/978-1-4648-0888-3.

Hancevic, P., W. Cont, and F. Navajas (2016), Energy populism and household welfare, *Energy Economics*, *56*, 464–474, doi:10.1016/j.eneco.2016.03.027.

Huldén, L., R. Mckitrick, and L. Huldén (2014), Average household size and the eradication of malaria, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A: Statistics in Society*, *177*(3), 725–742, doi:10.1111/rssa.12036.

Izadi, S. (2016), The effects of electricity network development besides routine malaria control measures in an underdeveloped region in the pre-elimination phase, *Malaria Journal*, *15*(1), doi:10.1186/s12936-016-1273-y.

Junxiong, P., and L. Yee-Sin (2015), Clustering, climate and dengue transmission, doi: 10.1586/14787210.2015.1028364.

Kanagawa, M., and T. Nakata (2007), Analysis of the energy access improvement and its socio-economic impacts in rural areas of developing countries, *Ecological Economics*, *62*(2), 319–329, doi:10.1016/j.ecolecon.2006.06.005.

Khandker, S. R., D. F. Barnes, and H. A. Samad (2013), Welfare Impacts of Rural Electrification: A Panel Data Analysis from Vietnam, *Economic Development and Cultural Change*, *61*(3), 659–692, doi:10.1086/669262.

Larsen, E. R., I. Dyner, L. Bedoya, and C. J. Franco (2004), Lessons from deregulation in Colombia: successes, failures and the way ahead, *Energy Policy*, *32*, 1767–1780, doi: 10.1016/S0301-4215(03)00167-8.

Lin, S., Y. Lu, J. Justino, G. Dong, and U. Lauper (2016), What Happened to Our Environment and Mental Health as a Result of Hurricane Sandy?, *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, *10*(03), 314–319, doi:10.1017/dmp.2016.51.

Maboshe, M., A. Kabechani, and G. Chelwa (2019), The welfare effects of unprecedented electricity price hikes in Zambia, *Energy Policy*, *126*(October 2018), 108–117, doi: 10.1016/j.enpol.2018.10.041.

Majid, H. (2013), Increased Rural Connectivity and its Effects on Health Outcomes, *Tech. Rep. SE*.

Manning, D. T., P. Means, D. Zimmerle, K. Galvin, J. Loomis, and K. Paustian (2015), Using contingent behavior analysis to measure benefits from rural electrification in developing countries: An example from Rwanda, *Energy Policy*, *86*, 393–401, doi: 10.1016/j.enpol.2015.06.032.

McCollum, D. L., et al. (2018), Connecting the sustainable development goals by their energy inter-linkages, doi:10.1088/1748-9326/aaafe3.

OMS (2014), Centro de prensa Enfermedades transmitidas por vectores Nota descriptiva N°387 Panorama general, pp. 1–4.

Padilla, J. C., F. E. Lizarazo, O. L. Murillo, F. A. Mendigaña, E. Pachón, and J. M. Vera (2017), Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016, *Biomédica*, *33*(4), 24, doi:http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v33i4.836.

Pellegrini, L. (2013), Let there be (artificial) light, and lo and behold malaria returned, *Tech. rep.*, Erasmus University of Rotterdam b•“ Institute of Social Studies.

Pellegrini, L., and L. Tasciotti (2016), The electrification-malaria nexus: The case of rural Uganda, *European Journal of Development Research*, *28*(4), 521–535, doi: 10.1057/ejdr.2015.86.

Peters, J., and M. Sievert (2016), Impacts of rural electrification revisited: The African context, *Revue d'Economie du Developpement*, *23*(HS), 77–98, doi:10.3917/edd.hs03.0077.

Prettico, G., F. Gangale, A. Mengolini, A. Lucas, and G. Fulli (2016), DISTRIBUTION SYSTEM OPERATORS From European Electricity Distribution Systems to Representative Distribution Networks, *Tech. rep.*, European Commission.

Rothwell, G., and T. Gómez (2003), *Electricity Economics*, first ed., 277 pp., Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Saha, D., and R. N. Bhattacharya (2019), Analysis of the welfare implications of power-sector restructuring in West Bengal, India, *Utilities Policy*, *56*(October 2017), 62–71, doi: 10.1016/j.jup.2018.11.004.

Saing, C. H. (2018), Rural electrification in Cambodia: does it improve the welfare of households?, *Oxford Development Studies*, *46*(2), 147–163, doi:10.1080/13600818.2017.1340443.

Sen, A. (1999), *Develpment as Freedom*, 2000 ed., Alfred A. Knopf.

Sioshansi, F. P., and W. Pfaffenberger (2006), *Electricity Market Reform: An International Perspective (Elsevier Global Energy Policy and Economics Series)*, 656 pp., Elsevier.

Suhlrie, L., J. Bartram, J. Burns, L. Joca, J. Tomaro, and E. Rehfuess (2018), The role of energy in health facilities: A conceptual framework and complementary data assessment in Malawi, *PLOS ONE*, *13*(7), 1–19, doi:10.1371/journal.pone.0200261.

Superintendencia de Servicios Públicos Domicialiarios (2017), DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA 2016, doi: 10.1111/j.1469-7610.2010.02280.x.

Tasciotti, L. (2017), Use of electricity and malaria occurrence: Is there a link? The case of Malawi, *Energy Policy*, *101*, 310–316, doi:10.1016/j.enpol.2016.10.028.

Vélez, L., A. Ramírez, L. Londoño, Y. Giraldo, and D. Londoño (2011), Regulación y bienestar económico : Evaluación de la regulación de servicios públicos domiciliarios de acueducto y electricidad en Colombia en los noventa . El caso de Empresas Públicas de Medellín, *Lecturas de Economía*, (74), 231–270.

Wisner Morales, L. R., and E. Wills Herrea (1996), *El apagón del sector eléctrico, el sistema frente a las regiones*, primera ed., 148 pp., Ediciones Uniandes, Bogotá.

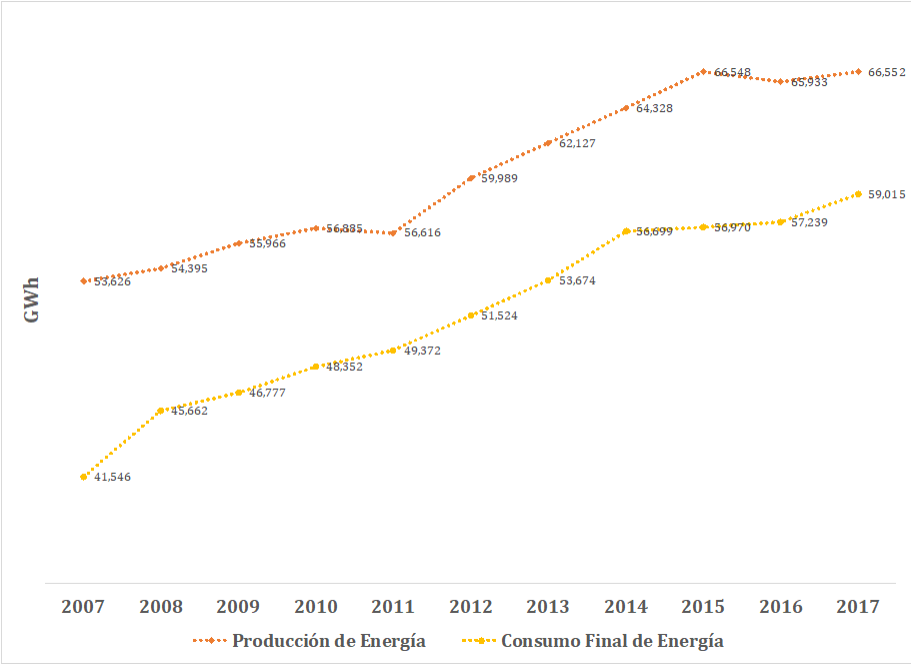
World Bank (2008), *The Welfare Impact of Rural Electrification*, vol. 2008, 178 pp., doi: 10.1596/978-0-8213-7367-5.

Yamamoto, S., V. R. Louis, A. Sié, and R. Sauerborn (2010), Household risk factors for clinical malaria in a semi-urban area of Burkina Faso: a case-control study, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, *104*(1), 61–65, doi:10.1016/j.trstmh.2009.07.003.

Zambon, E., D. Z. Bossois, B. B. Garcia, and E. F. Azeredo (2009), A novel nonlinear programming model for distribution protection optimization, *IEEE Transactions on Power Delivery*, *24*(4), 1951–1958, doi:10.1109/TPWRD.2008.2002679.

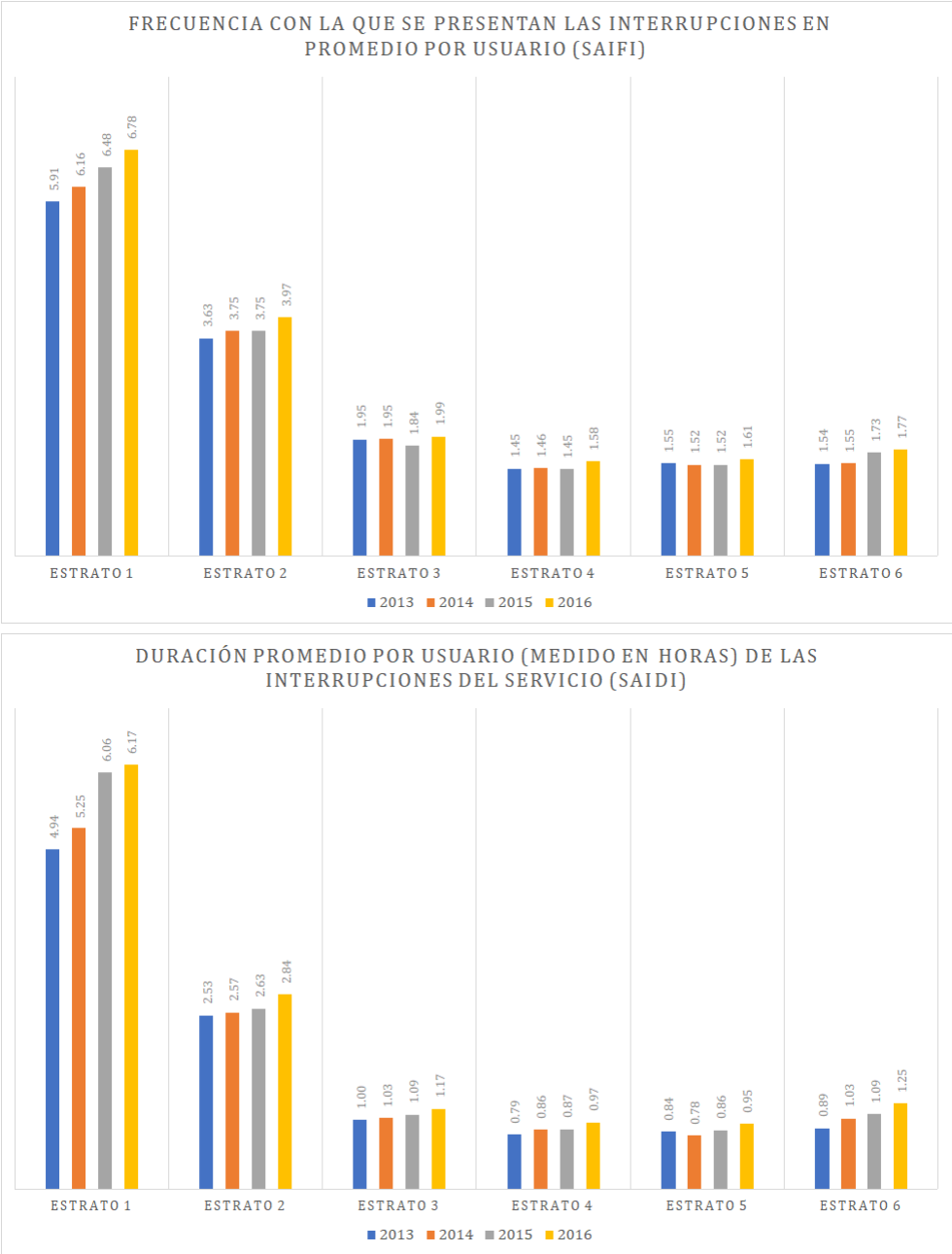
Anexos

Figura 1: Producción de Energía y Consumo Final de Energía 2007 - 2017



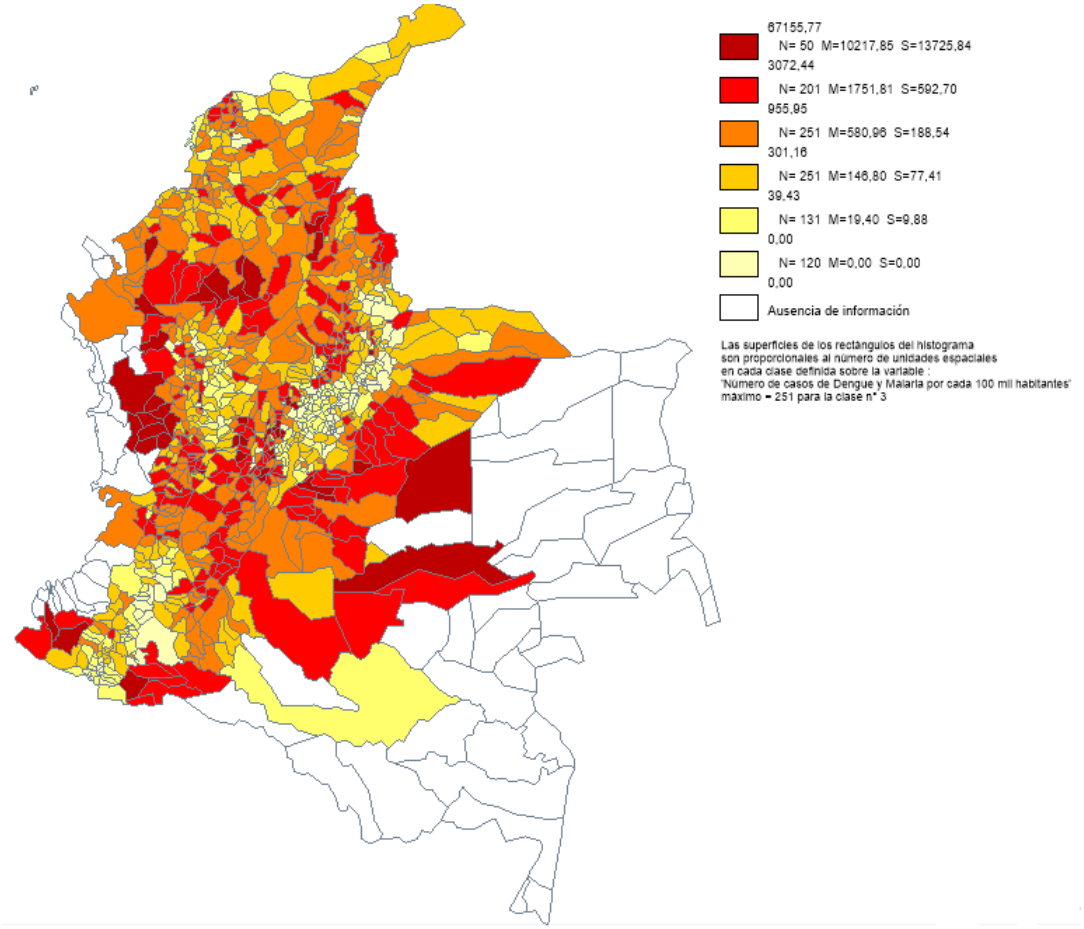
Fuente: UPME, elaboración propia.

Figura 2: Indicadores SAIFI Y SAIDI 2013 - 2016



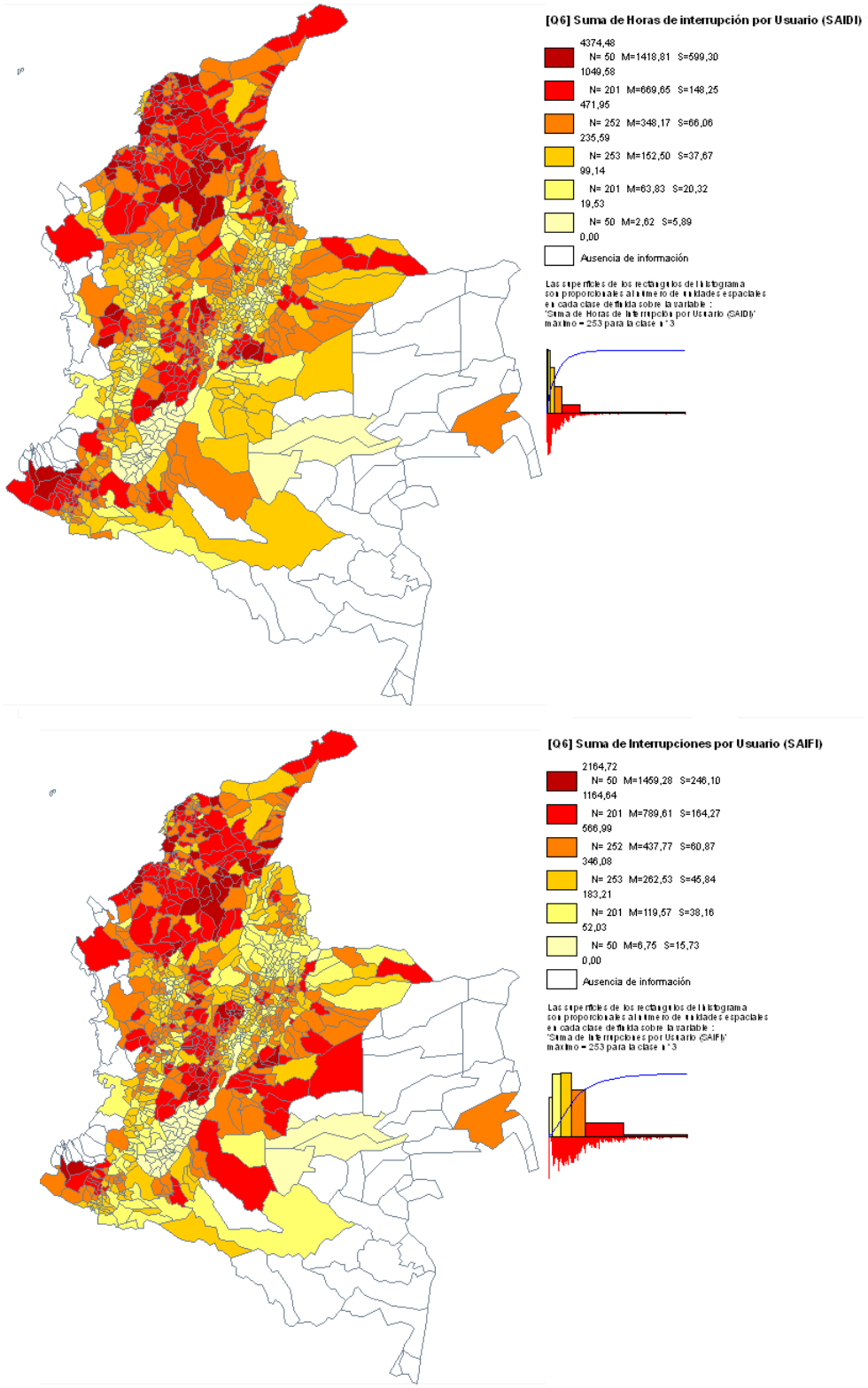
Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, elaboración propia.

Figura 3: Mapa del número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes en Colombia 2013 - 2016



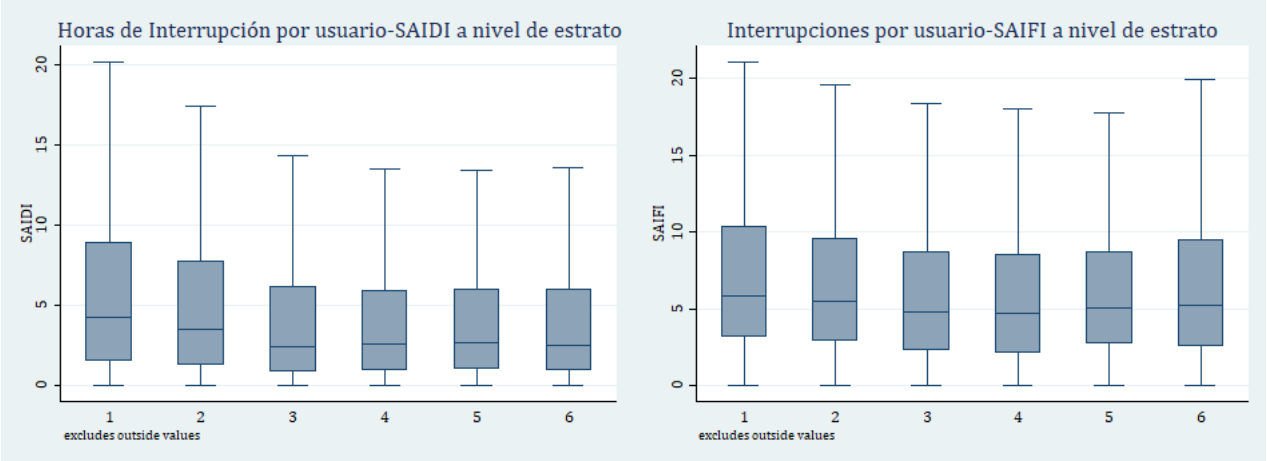
Fuente: Instituto Nacional de Salud, elaboración propia.

Figura 4: Mapa del número de horas y frecuencias de las interrupciones por usuario en Colombia 2013 - 2016



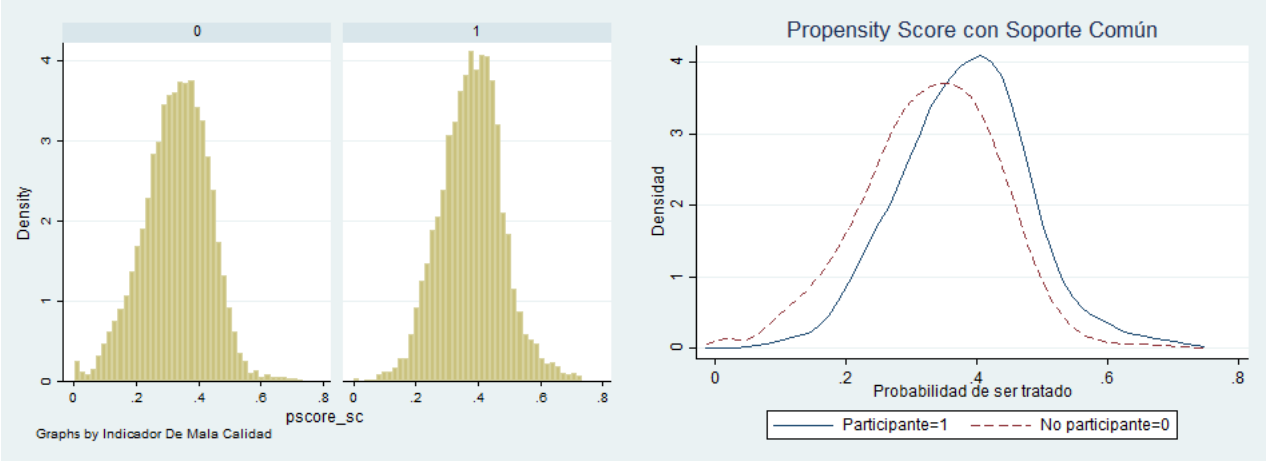
Fuente: SuperIntendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, elaboración propia.

Figura 5: Gráfico de densidades y dispersión de indicadores SAIFI Y SAIDI por estrato



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, elaboración propia.

Figura 6: Histograma y distribuciones de probabilidad estimada para soporte común



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, elaboración propia.

Cuadro 1: Estadísticas Descriptivas

Variables	Obs.	Mean	S.D	Min	Max
Características Generales					
Estrato 1	4.228				
Estrato 2	4,197				
Estrato 3	3,833				
Estrato 4	2,596				
Estrato 5	1.374				
Estrato 6	1,308				
Número de Observaciones	17,536	33,099	218,767	1	8,747,240
Altura de municipio - MSNM (Metros sobre el nivel del mar)	17,536	1,185	868	2	3,087
Hectáreas de cuerpos de agua a nivel municipal	17,500	27,798,012	82,719,515	0	1,210,000,000
Hectáreas de Bosque a nivel municipal	17,500	187,667,361	921,448,792	0	36,700,000,000
Proyección de Población DANE ajustada	17,536	57,216	332,799	1,094	7,980,001
Calidad de la energía					
Número de veces que se interrumpió el servicio reportadas al SUI	17,536	125,246	370,999	0	9,100,805
Duración de interrupciones, medidas en horas reportadas al SUI	17,536	95,506	325,790	0	9,145,495
SAIDI	17,536	5.25	7	0	201
SAIFI	17,536	5.25	7	0	201
Mala Calidad	17,536	0.35	0.48	0	1
Características Fiscales y Macroeconómicas					
Gasto público millones de pesos	17,536	71,920	493,320	0	13,722,778

Variables	Obs.	Mean	S.D	Min	Max
Peso Relativo Municipal En El Valor Agregado Departamental %	17,536	3.04 %	8.88 %	0	1
Pib Per Cápita Municipal	17,536	14	31	2	890
Magnitud de la inversión	17,536	86.7 %	5.9 %	0	97.9 %
Indicador Fiscal	17,536	69.7 %	7.6 %	18.3 %	92.2 %
Magnitud de los ingresos	17,536	56.4 %	21.7 %	0	99.8 %
Grado De Importancia Económica.	17,536	5	2	1	7
Valor Agregado (Miles De Millones De Pesos)	17,536	888,495	7,147,343	7,197	205,023,740
Característica Epidemiológicas					
Número de casos de Dengue	17,536	18	131	0	5,758
Número de casos de Malaria	17,536	7	126	0	11,485
Número de casos de Dengue y Malaria	17,536	25	183	0	11,529
Número de casos de Dengue por cada 100 mil habitantes	17,536	37	143	0	5,978
Número de casos de Malaria por cada 100 mil habitantes	17,536	32	534	0	23,387
Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes	17,536	69	553	0	23,387
Número de casos atendidos por Dengue o Malaria en el régimen de subsidiado	17,536	45.33	442.86	0	16648.95
Número de casos atendidos por Dengue o Malaria en el régimen contributivo	17,536	60.51	308.73	0	12865.32

Cuadro 3: Efecto de las interrupciones del servicio de energía por frecuencia y tiempo sobre contagio 2013-2016 en Colombia

Variable dependiente: Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes	
	Coeficientes
Horas de interrupción del servicio	(0.000043)***
	(0.0000)
Frecuencias de interrupción del servicio	0.000072***
	(0.00000689)
Constante	32.26***
Número de observaciones	17,536
R-squared	0.011

Nota: Estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios con errores estándar robustos. Se realiza esta estimación, para comprobar un primer efecto causal entre la intermitencia del servicio de energía y el contagio. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 4: Variable resultado y características observables promedio por grupo con y sin mala calidad del servicio de energía

Variables	**Municipios sin mala calidad (No tratado)**	**Municipios con fallas en la calidad del servicio (Tratados sobre el soporte)** (1)	**Municipios con fallas en la calidad del servicio (Tratados)** (2)	**Diferencias (1) - (2)**
Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes	43.14	93.99	117.42	23.43
	(182.42)	(716.20)	(904.60)	
Gasto público (MCOP)	94,787	25,639	28,901	3,262
	(607,180)	(31,037)	(70,429)	
Indicador Fiscal	71 %	69 %	68 %	-1 %
	(7 %)	(5 %)	(8 %)	
Pib Per Capita Municipal (MCOP)	15.82	10.27	11.41	1.14
	(36.46)	(9.39)	(17.91)	
Hectareas de cuerpos de agua a nivel municipal	24,983,355	22,478,971	33,122,233	10,643,262
	(81,500,000)	(61,400,000)	(84,600,000)	
Hectareas de Bosque a nivel municipal	209,900,000	124,200,000	145,600,000	21,400,000
	(1,060,000,000)	(355,000,000)	(564,000,000)	
Observaciones	11,448	4,842	6,052	1,210

Nota: Los valores entre paréntesis hacen referencia a las desviaciones estándar. Cálculos del autor.

Cuadro 5: Valores promedio de variable resultado e indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica por estrato, grupo tratado y no tratado del emparejamiento en la asignación

psmatch2: Treatment assignment	Variables	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
Municipios sin mala calidad (No tratado)	Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes	71.35 (295.47)	96.50 (239.00)	22.26 (56.02)	5.16 (19.56)	2.78 (11.01)	1.30 (5.23)
	Promedio en horas de las interrupciones percibidas por un usuario (SAIDI)	1.95 (1.53)	1.95 (1.51)	1.68 (1.45)	1.81 (1.53)	1.90 (1.50)	1.77 (1.46)
	Número de veces que se presenta una interrupción para un usuario (SAIFI)	4.64 (4.50)	4.72 (4.50)	4.39 (4.32)	4.33 (4.27)	4.74 (4.26)	4.74 (4.52)
Municipios con fallas en la calidad del servicio (Tratados)	Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes	291.83 (1,594.19)	98.25 (323.63)	11.59 (44.50)	2.72 (15.73)	1.38 (6.69)	0.71 (2.83)
	Promedio en horas de las interrupciones percibidas por un usuario (SAIDI)	12.29 (8.18)	11.50 (6.77)	11.30 (6.66)	11.42 (9.84)	10.55 (5.53)	12.08 (8.63)
	Número de veces que se presenta una interrupción para un usuario (SAIFI)	11.38 (7.04)	10.85 (6.36)	11.36 (6.86)	10.79 (6.38)	11.30 (6.41)	11.95 (6.33)
	Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes (Por emparejamiento)	55.28 (201.95)	49.49 (153.48)	40.41 (143.33)	36.90 (124.02)	39.51 (131.76)	43.56 (125.24)

Nota: Los valores entre paréntesis hacen referencia a las desviaciones estándar. Cálculos del autor.

Cuadro 6: Efecto de las características de selección del tratamiento sobre el número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes

Aplicación Soporte común	
D	Coeficientes
Estrato	
2	-0.160***
	(0.028)
3	-0.388***
	(0.029)
4	-0.366***
	(0.033)
5	-0.275***
	(0.042)
6	-0.282***
	(0.043)
Gasto público (MCOP)	0.000***
	(0.000)
Indicador Fiscal	-2.707***
	(0.149)
Pib Per Capita Municipal	-0.002***
(MCOP)	(0.001)
Hectáreas de cuerpos de agua a	0.000***
nivel municipal	(0.000)
Hectáreas de Bosque a nivel	0.000***
municipal	(0.000)
Observaciones	17,500
Pseudo R2	0.050
Número de Municipios	1,052

Nota: Resultado del soporte común mediante la variable resultado número de casos de dengue y malaria por cada 100 mil habitantes en Colombia, y la probabilidad de tener fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica. (D) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 7: Impacto estimado de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica.

	Soporte Común	
Método de emparejamiento	**Mínimo-máximo**	**Recorte (trimming)**
Vecinos más cercanos		
1	72.06	50.93
5	73.20	51.88
10	71.51	49.76
Distancia máxima		
0.001	68.06	49.94
0.005	71.28	49.32
Kernel	71.85	49.72
Local lineal	71.69	49.67

Nota: Resultados para varios métodos de estimación del impacto, para el caso del recorte (trimming) se eliminaron el 20 % de las observaciones, que corresponden a rangos que tienen la más baja densidad en la probabilidad de participación. Cálculos del autor.

Cuadro 8: Calidad del emparejamiento

D	Coeficientes	Z	P>z
pscore	1.3411	4.83	0.000
	(0.2790)		
Estrato	0.0082	1.06	0.287
	(0.0078)		
Gasto público	0.0000	-1.43	0.152
(MCOP)	(0.0000)		
Indicador Fiscal	0.3701	1.31	0.191
	(0.2835)		
Pib Per Capita	0.0000	-0.78	0.434
Municipal (MCOP)	(0.0000)		
Hectareas de cuerpos	0.0000	-1.09	0.276
de agua a nivel	(0.0000)		
municipal			
Hectareas de Bosque	0.0000	0.52	0.603
a nivel municipal	(0.0000)		
Observaciones	17500		
Pseudo R2	0.0459		
Número de	1052		
Municipios			

Nota: Para garantizar la calidad del emparejamiento se estimó el modelo probit con las características de los municipios con fallas en la calidad del servicio de energía, los coeficientes asociados no son estadísticamente significativos. Por esta razón, se puede indicar que el emparejamiento realizado es adecuado.

Cuadro 9: Regresión probit sobre determinantes de fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica

Variables	Coeficientes
Estrato	-0.0271***
	(0.0024)
Gasto público (MCOP)	0.0000***
	(0.0000)
Indicador Fiscal	-0.9492***
	(0.0539)
Pib Per Capita Municipal	-0.0009***
(MCOP)	(0.0000)
Hectáreas de cuerpos de	0.0000***
agua a nivel municipal	(0.0000)
Hectáreas de Bosque a nivel	0.0000***
municipal	(0.0000)
Observaciones	17,500
Pseudo R2	0.0451
Número de Municipios	1,059

Nota: Determinación de la probabilidad de que un municipio tenga fallas en la calidad del suministro de energía eléctrica, tal y como se puede observar, las variables escogidas son significativas al 1 %. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 10: Número de casos atendido por dengue y malaria por tipo de afiliación al sistema de seguridad social en Colombia 2013 - 2016

Año	Pacientes atendidos régimen contributivo	Pacientes atendido régimen subsidiado	% Régimen Contributivo	% Régimen Subsidiado
2013	13,355	35,014	28 %	72 %
2014	53,300	66,377	45 %	55 %
2015	52,464	69,542	43 %	57 %
2016	66,975	77,478	46 %	54 %

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, elaboración propia.

Cuadro 11: Efecto de las fallas en la calidad del servicio de energía eléctrica sobre la salud 2013-2016

Variable Dependiente: Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes			
	(1)	(2)	(3)
Indicador De Mala Calidad	45.90**	46.57**	47.18**
(D_{it})	(19.83)	(19.92)	(19.87)
Peso Relativo Municipal En	2,666	2,765	2,358
El Valor Agregado	(2,374)	(2,382)	(2,317)
Departamental%			
Gasto público millones de	-0.0005		
pesos	(0.000)		
Indicador Fiscal	327.52		
	(559.52)		
Estrato 1	-0.0025	-0.0026	
	(0.002)	(0.002)	
Estrato 2	-0.0027	-0.003	
	(0.002)	(0.003)	
Estrato 3	-0.0001	-0.0000	
	(0.001)	(0.0000)	
Régimen contributivo	-0.2144	-0.2027	-0.2547*
	(0.149)	(0.139)	(0.144)
Régimen subsidiado	1.85***	1.86***	1.80***
	(0.674)	(0.668)	(0.637)
Constante	150.63	430.13**	119.82*
	(394.58)	(110.24)	(64.77)
Observaciones	4,105	4,105	4,105
R-squared	0.311	0.310	0.303
Número de municipios	1,061	1,061	1,061
Efectos fijos de municipio	Si	Si	Si
Efectos fijos año	Si	Si	Si

Nota: Estimaciones por un Modelo de datos panel con efectos fijos. Variables incluyen efectos fijos por tiempo y municipio. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Apéndice: Descripción de Variables y Fuente

Variables	Descripción	Entidad fuente de la información
	Variables de Características generales	
Departamento	Nombre del Departamento	DANE
Municipio	Nombre del Municipio	DANE
Código DANE	Código Municipal Según DANE	DANE
Estrato	Estratos de los hogares	Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD), mediante respuesta a derecho de petición con radicado número: 20185290241692
Número Usuarios	Número de hogares	Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD), mediante respuesta a derecho de petición con radicado número: 20185290241692
Caribe	Si pertenece a la región Caribe 1, sino 0.	Elaboración propia
Altura Metros	Altura de municipio - MSNM (Metros sobre el nivel del mar)	IGAC
Cuerpos De Agua	Hectareas de cuerpos de agua a nivel municipal	IGAC
Bosques	Hectarea de Bosque a nivel municipal	IGAC
Población Total	Proyección de Población DANE ajustada	DANE
	Variables de energía	
Número de interrupciones	Número de veces que se interrumpió el servicio reportadas al SUI.	Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD), mediante respuesta a derecho de petición con radicado número: 20185290241692

Variables	Descripción	Entidad fuente de la información
Tiempo de Interrupciones	Duración de interrupciones, medidas en horas reportadas al SUI.	Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD), mediante respuesta a derecho de petición con radicado número: 20185290241692
SAIDI	Duración promedio por usuario (medido en horas) de las interrupciones del servicio de un sistema de distribución, en un periodo de tiempo específico	Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD), mediante respuesta a derecho de petición con radicado número: 20185290241692
SAIFI	Mide la frecuencia con la que se presentan las interrupciones en promedio por usuario, en el mismo periodo de tiempo.	Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD), mediante respuesta a derecho de petición con radicado número: 20185290241692
Indicador De Mala Calidad (D)	Mide si cada uno de los indicadores tanto SAIDI como SAIFI es superior al promedio registrado. Es decir si alguno de los dos indicadores es superior a 5.25, se considera que esas zonas tiene por lo general mala calidad del servicio, y se asigna el valor de 1, en caso contrario 0.	Elaboración propia
Variables en Salud		
Número de Casos Dengue Total Ponderado	Número de casos de Dengue ponderado por la participación del número de hogares reportados por la SSPD	Instituto Nacional de Salud (INS), mediante respuesta a PQRS número: 1256 de 2018.
Número de Casos Malaria Total Ponderado	Número de casos de Malaria ponderado por la participación del número de hogares reportados por la SSPD	Instituto Nacional de Salud (INS), mediante respuesta a PQRS número: 1256 de 2018.

Variables	**Descripción**	**Entidad fuente de la información**
Número de Casos Malaria y dengue	Número de casos de Dengue y Malaria ponderado por la participación del número de hogares reportados por la SSPD	Instituto Nacional de Salud (INS), mediante respuesta a PQRS número: 1256 de 2018.
Índice dengue	Número de casos de Dengue por cada 100 mil habitantes	Elaboración propia
Índice malaria	Número de casos de Malaria por cada 100 mil habitantes	Elaboración propia
Índice dengue y malaria	Número de casos de Dengue y Malaria por cada 100 mil habitantes	Elaboración propia
Subsidiado	Número de casos atendidos por Dengue o Malaria en el sistema general de seguridad en social que se encuentran afiliados al régimen subsidiado	Instituto Nacional de Salud (INS), mediante respuesta a PQRS número: 1256 de 2018.
Contributivo	Número de casos atendidos por Dengue o Malaria en el sistema general de seguridad en social que se encuentran afiliados al régimen contributivo	Instituto Nacional de Salud (INS), mediante respuesta a PQRS número: 1256 de 2018.
Variables macroeconómicas		
Importancia Económica	Grado de importancia económica según metodología Dane	DANE
Valor Agregado (Miles De Millones De Pesos)	Valor agregado por municipio según cuentas departamentales	DANE
Gasto público MCOP	Gasto público según en millones de pesos basado en las Operaciones Efectivas de Caja - Años 2000-2017	DNP
Pib Pér capita municipal	$Pib\,per\,capita = \frac{\sum Valor\,Agregado}{Población}$, se encuentra en millones de pesos	DNP
Peso Relativo Municipal	Peso Relativo Municipal En El Valor Agregado Departamental %	DNP
Variables Fiscales		
Magnitud de la inversión	Porcentaje Del Gasto Total Destinado A Inversión en un municipio	DNP

Variables	**Descripción**	**Entidad fuente de la información**
Indicador Fiscal	Indicador de desempeño Fiscal, resume los indicadores en una medida de 0 a 100, respecto a la gestión de los recursos en un municipio, en donde 100 es eficiencia total y 0 es fallas a la hora de destinación de los recursos.	DNP
Magnitud de los ingresos	Porcentaje De Ingresos Que Corresponden A Recursos Propios	DNP