

Comportamiento del gasto eléctrico de los hogares mexicanos después de la reforma energética de 2013

Electricity spending in Mexican households after 2013's energy reform

LIZETH AZUCENA RAZO ZAMORA,  <https://orcid.org/0000-0002-8366-5416>
Universidad Autónoma de Querétaro, México, lrazo15@alumnos.uaq.mx

AMÍLCAR ORLIAN FERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ*,  <https://orcid.org/0000-0003-4209-9056>
Universidad Autónoma de Chihuahua, México, afernand@uach.mx

MICHAEL DEMMLER,  <https://orcid.org/0000-0002-1629-5814>
Universidad Autónoma de Querétaro, México, michael.demmler@uaq.mx
*Autor de correspondencia

Abstract

One of the goals of 2013's Energy Reform in Mexico (RE-2013) was to reduce electricity spending in Mexican households. In order to analyze electricity spending after RE-2013, four DiD models were applied with three intensity variation criteria: socioeconomic stratum, 99th percentile, and energy intensity, with data from ENIGH covering the 2012-2018 period. The results suggest that electricity expenditure increased in the treated groups. In addition to this, the most influential variables were income and price. Finally, elasticities varied depending on both socioeconomic stratum and region.

Keywords: Mexican energy reform, electricity spending, impact evaluation, differences in differences (DiD), intensity variation criteria.

Resumen

Uno de los objetivos de la reforma energética de 2013 en México (RE-2013) fue reducir el gasto de electricidad en los hogares. Para analizar el comportamiento del gasto de electricidad después de la RE-2013, se aplicaron cuatro modelos DiD bajo tres criterios de variación de intensidades: estrato socioeconómico, percentil 99 e intensidad energética por estado, con datos de la ENIGH que abarcan el periodo 2012-2018. Los resultados sugieren que el gasto de electricidad aumentó en los grupos tratados. Además, las variables que más influyeron son ingreso y precio. Por último, las elasticidades variaron según el estrato socioeconómico y la región.

Palabras clave: reforma energética en México, gasto de electricidad, evaluación de impacto, diferencias en diferencias (DiD), variación de intensidades.

Recepción: 8 de diciembre de 2021 / Aceptación: 29 de mayo de 2023 / Publicación: 26 de diciembre de 2024



Esta obra está protegida bajo la
Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-Sin
Derivadas 4.0 Internacional



CÓMO CITAR: Razo Zamora, Lizeth Azucena; Fernández Domínguez, Amílcar Orlian y Demmler, Michael (2024). Comportamiento del gasto eléctrico de los hogares mexicanos después de la reforma energética de 2013. *Economía, Sociedad y Territorio*, 24(76): e1999. <http://dx.doi.org/10.22136/est20241999>

Introducción

En 2013 se aprobó la Reforma Energética (RE-2013 a partir de ahora), que tiene carácter constitucional, mediante la cual se permitió la inversión privada en la generación y comercialización de electricidad. La apertura del mercado eléctrico prometió: 1) incrementar la eficiencia energética debido al intercambio de tecnología con empresas extranjeras; 2) reducir los precios al consumidor, gracias al aumento de la competencia y la eficiencia; y 3) beneficiar el presupuesto de los hogares mexicanos al reducir el gasto de electricidad. Considerando el último punto, surge la pregunta de la presente investigación: ¿cómo se comportó el gasto de electricidad en los hogares mexicanos después de la RE-2013?

Desde la perspectiva del consumidor, la electricidad es un bien normal, necesario y, por tanto, inelástico. No tiene sustitutos cercanos y es complemento de muchos bienes electrónicos. La teoría del consumidor indica que, al reducirse los precios de un bien normal con demanda inelástica, la demanda de ese bien aumentará ligeramente. Analizando el consumo de electricidad como una proporción del ingreso, y bajo el supuesto de que los hogares consumen en su punto óptimo, se espera que la proporción disminuya y el ingreso restante se destine al consumo de otros bienes. Por consiguiente, si la RE-2013 fue efectiva, se espera que la proporción del gasto en consumo de electricidad disminuya en los hogares mexicanos.

El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento del gasto de electricidad en los hogares mexicanos después de la RE-2013 con cuatro modelos cuasiexperimentales de Diferencias en Diferencias (DiD), utilizando datos aleatorios transversales agrupados de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), correspondiente a los años 2012, 2016 y 2018. Debido a que la RE-2013 aplicó para todo el territorio mexicano, es difícil identificar el efecto de este cambio de política; sin embargo, en el presente estudio se proponen tres criterios de variación de intensidades como tratamiento de la muestra, a partir de Duflo (2001), quien plantea dividir la muestra aleatoria en subgrupos que son afectados en diferente proporción o “intensidad” por el cambio de política. Los criterios propuestos son: estrato socioeconómico, percentil de ingresos (1% de hogares con mayores ingresos) e intensidad de uso de energía por entidad federativa.

Se encontró que tres de los cuatro modelos son adecuados para realizar estimaciones. Los resultados de los criterios estrato socioeconómico (ES) e intensidad por entidad federativa (kWh)

sugieren que el gasto de electricidad aumentó en los hogares pertenecientes a los grupos tratados después de la RE-2013. En otras palabras, aquellos grupos que se verían más afectados por el cambio de política destinaron un porcentaje mayor de su ingreso a cubrir el gasto de electricidad, en comparación con su contrafactual. Además, se encontró que las variables que determinan en mayor medida el gasto de electricidad son ingreso y precio. Finalmente, los resultados ofrecen evidencia interesante sobre la diferencia en las elasticidades, dependiendo del nivel socioeconómico y el clima, es decir, algunos hogares son más sensibles a cambios en los precios de la electricidad, debido a su nivel de ingresos o al clima del lugar en donde están.

El presente artículo se organiza en cinco secciones. Después de la sección introductoria, en la segunda sección se revisan los objetivos de la RE-2013, así como la teoría microeconómica, la literatura reciente sobre modelar el consumo de energía y la aplicación del modelo DiD. Posteriormente, en la tercera parte se presenta la metodología utilizada; en la cuarta se analizan los resultados obtenidos y, finalmente, en el quinto apartado se discuten los resultados y se concluye.

1. Marco teórico y contextual

1.1. Reforma Energética 2013 (RE-2013): industria eléctrica

La RE-2013 realizó ciertos cambios a la industria eléctrica mexicana. Por ejemplo, se modificó el artículo 27 constitucional para permitir que el Estado celebre contratos con empresas privadas, a fin de ejecutar proyectos de infraestructura y mantenimiento, así como generar y comercializar electricidad. El control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), la transmisión y la distribución eléctrica se mantienen como actividades exclusivas del Estado (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones..., 2013; Gobierno de la República, 2013).

Por un lado, al permitir la inversión privada en materia de generación eléctrica se pretende aprender mejores prácticas y adoptar la tecnología de las empresas extranjeras para reducir costos y pérdidas de energía. Por otro, al permitir la comercialización de electricidad por parte de particulares, se espera que aumente la oferta y la competencia en el mercado. Al existir mayor competencia, la expectativa es que los precios se reduzcan, lo que beneficiará el presupuesto de los hogares mexicanos. Otro de los objetivos de esta reforma es aumentar la extracción de gas natural para destinarlo a la producción de energía eléctrica, al dar acceso a empresas privadas para extraer

crudo y gas natural. Al aumentar el uso del gas natural para generar energía eléctrica, se pretende que los precios y las emisiones se reduzcan, ya que el gas natural es más barato y emite casi 70% menos CO₂ que el combustóleo, uno de los combustibles más utilizados en el país para producir electricidad (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones..., 2013; Gobierno de la República, 2013).

Finalmente, el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) se transformó en un organismo independiente, encargado de las actividades operativas del SEN, con el objetivo de que un tercero imparcial administre el mercado eléctrico mayorista y garantice el acceso a todas las empresas a la red nacional de transmisión y distribución (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones..., 2013; Gobierno de la República, 2013).

1.2. Teoría microeconómica

1.2.1. Entrada de nuevas empresas al mercado

De acuerdo con la teoría microeconómica, la oferta, la demanda y, por tanto, el punto de equilibrio cambia si se incorpora una nueva empresa al mercado. En el contexto mexicano, antes de la RE-2013 el mercado de electricidad era un monopolio natural de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Gobierno de la República, 2013). La microeconomía indica que, al entrar una nueva empresa, la demanda de la empresa monopolista se tornaría más elástica, la producción de equilibrio aumentaría y el precio de equilibrio se reduciría (Thomas y Maurice, 2015; Mankiw, 2016).

1.2.2. Electricidad

La electricidad es un bien necesario e indispensable para el consumidor (Sener, 2016). Una característica de los bienes necesarios es que suelen responder poco a los cambios en los ingresos y en los precios, es decir, tienen demanda inelástica. También es posible considerar las preferencias del consumidor ante el gasto de electricidad desde una perspectiva de demanda cuasilineal, ya que se puede esperar que el consumo eléctrico por hogar tenga un límite determinado, en gran parte, por las características socioeconómicas de la vivienda, como tamaño y capacidad instalada. En este sentido, si el precio disminuye, el consumo de electricidad aumentará hasta cierto punto. Si el precio

disminuye aún más, la demanda de electricidad se mantendrá constante y el consumidor destinará su ingreso extra al consumo de otros bienes (Thomas y Maurice, 2015; Mankiw, 2016).

La electricidad no tiene sustitutos cercanos, pero es un producto complementario para muchos bienes. Por ejemplo, los electrodomésticos (lavadora, horno, refrigerador, etc.) y otros aparatos eléctricos de uso cotidiano (celular, computadora, impresora, etc.) requieren electricidad para funcionar. Cuando uno de los bienes complementarios baja de precio, la demanda de ambos aumentará, de modo que se espera que la demanda, tanto de electrodomésticos como de electricidad, aumente si los precios de la electricidad bajan (Thomas y Maurice, 2015; Mankiw, 2016).

Al ser un bien necesario, inelástico, complementario de muchos productos y sin sustitutos cercanos, se puede inferir que, si la RE-2013 tiene como objetivo aumentar la competencia y reducir los precios al consumidor, se espera que la demanda de electricidad aumente ligeramente. Finalmente, si se analiza el gasto de electricidad como una proporción del ingreso, se obtendrá la ecuación 1:

$$\text{Proporción}\% = \frac{\text{Gasto de electricidad}}{\text{Ingreso del hogar}} = \frac{(kWh * p)}{M} \quad (1)$$

Manteniendo el ingreso (M) constante, si el consumo de electricidad (kWh) crece en menor proporción que el cambio en los precios (p), se obtendrá un numerador más pequeño y, por tanto, la proporción del consumo de electricidad será menor. Entonces, si la RE-2013 fue efectiva en reducir el precio de la electricidad, se espera que la proporción del gasto en electricidad con respecto al ingreso disminuya ligeramente. Utilizar el consumo como una proporción del ingreso facilita el tratamiento de la base de datos y el análisis de resultados, ya que evita problemas por cambios en los precios a lo largo del tiempo.

1.3. Diferencias en Diferencias (DiD)

El método de Diferencias en Diferencias (DiD) forma parte de los métodos cuasiexperimentales que permiten evaluar *shocks* exógenos, como un cambio en políticas públicas o desastres naturales. El planteamiento de este método es observar dos grupos con características similares; un grupo que

recibe el tratamiento y otro grupo que no recibe el tratamiento, denominado contrafactual, y que presentaría las condiciones si la política pública no se hubiera implementado. Ambos grupos se observan antes y después del tratamiento; de esta manera, se pueden hacer comparaciones temporales (entre las condiciones antes y después) y comparaciones intragrupo (entre el grupo tratado y el contrafactual) (Gertler et al., 2017). El modelo se puede estimar por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y se presenta en su forma general en la ecuación 2 (Lee, 2016):

$$Y_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{ij} + \beta_3 X_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

Donde:

Y_{ijt} : es el individuo i del grupo j en el momento t . En este caso, $j = 1$ para el grupo con tratamiento.

X_{it} : variable dicotómica de tiempo, donde t adquiere valor 1 si la observación es después del tratamiento.

X_{ij} : variable dicotómica de grupo, que toma el valor 1 si la observación pertenece al grupo tratado.

X_{ijt} : variable interactiva que se obtiene mediante la multiplicación de las variables anteriores ($X_{it} * X_{ij}$).

El parámetro de interés es β_3 , que muestra la diferencia entre el antes y el después, así como la diferencia entre los grupos observados (ecuación 3).

$$\beta_3 = \overline{(y_{1.1} - y_{1.0})} - \overline{(y_{0.1} - y_{0.0})} \quad (3)$$

Los supuestos del modelo son: 1) las tendencias de los grupos de tratamiento y contrafactual son similares; y 2) los únicos factores que explican las diferencias entre los grupos son constantes a lo largo del tiempo (por ejemplo, sexo y edad). Finalmente, para verificar la robustez del cuasiexperimento DiD, Gertler *et al.* (2017) recomiendan utilizar alguna de las siguientes pruebas: 1) tener al menos dos rondas de datos antes del comienzo del programa para valorar las tendencias anteriores de los grupos. Se espera que las tendencias antes del programa sean similares; 2) llevar a cabo “pruebas placebo” con grupos de tratamiento y/o resultados “falsos”, en espera de encontrar un efecto nulo del programa; y 3) aplicar el método DiD en otros grupos

plausibles de comparación. En este caso, se espera obtener resultados similares sobre el efecto de la política o programa.

1.4. Revisión de la literatura

1.4.1. Modelación de la demanda residencial de electricidad

Existe amplia literatura que analiza la demanda residencial de electricidad, si bien tales estudios difieren en varias características, como forma funcional, método de estimación y tipo de datos. Por ejemplo, varios concluyen que la demanda de electricidad es inelástica (De Rezende *et al.*, 2006; Atamturk *et al.*, 2012; Atalla y Hunt, 2016; Campbell, 2018). También se encontró que el ingreso es el factor más influyente para determinar la demanda de electricidad (Kim, 2020; Silva *et al.*, 2017), en este sentido, los hogares con pocos ingresos son más sensibles al cambio en los precios, en comparación con los hogares con ingresos medios y altos (Atamturk *et al.*, 2012; Moshiri y Martínez, 2018). Por otro lado, también existe evidencia de que la elasticidad puede variar por regiones y climas (Atamturk *et al.*, 2012; Poblete-Cazenave y Pachauri, 2021). En este sentido, las regiones con climas más extremos suelen tener elasticidades más altas que aquellas con climas templados. Esto puede ser por el uso de calefacción y aire acondicionado (Atamturk *et al.*, 2012; Morales y Luyando, 2014; Randazzo *et al.*, 2020).

Particularmente, se encontraron estudios que modelan la demanda de electricidad en México. Por ejemplo, Morales y Luyando (2014) estudian los determinantes del consumo de electricidad residencial en Monterrey con una función de demanda Cobb-Douglas. Encontraron que el ingreso, el número de habitantes y el clima (medido por la temperatura promedio) son las principales variables que explican el consumo de electricidad. Por otro lado, Chatellier y Mcneil (2020) analizaron la demanda de electricidad en los edificios no residenciales, y concluyeron que los edificios (residenciales y no residenciales) son los consumidores más grandes de México y, en particular, la demanda de los no residenciales es tres veces mayor que la reportada en los datos oficiales.

También hay artículos que analizan los efectos de la RE-2013 en México. Por ejemplo, utilizando un modelo vectorial autorregresivo (VAR), Álvarez y Valencia (2016) revisaron el impacto de los precios de la electricidad en el sector manufacturero, y Ortiz-Velázquez *et al.* (2016) abordaron la demanda de electricidad en el Estado de México. Moshiri y Martínez (2018) y Ramírez

et al. (2021) estudian el impacto de la RE-2013 de México en el bienestar del consumidor utilizando el modelo SURE para estimar el sistema ideal de demanda (QUAIDS) con datos de consumo de gasolina y otros combustibles, obtenidos de la ENIGH. Ambos estudios consideran que eliminar los subsidios tiene un efecto negativo en el bienestar. Cabe destacar que sólo Ramírez *et al.* (2021) utilizan un contrafactual temporal.

En resumen, existe en la literatura revisada un consenso respecto a que la demanda de electricidad es inelástica, pero puede variar entre regiones. Además, casi todos los artículos concluyeron que el ingreso es el factor más influyente en la demanda de electricidad. También se pudo identificar que las variables más utilizadas en estos estudios son: precio de la electricidad, ingreso (generalmente en versión logarítmica), características del hogar (por ejemplo, tamaño, número de habitaciones, vecindario), información demográfica de los habitantes (género, edad, escolaridad) y datos meteorológicos (temperaturas promedio).

1.4.2. Diferencias en Diferencias (DiD)

Se puede encontrar literatura reciente que utiliza la metodología DiD para analizar reformas y cambios en política en diferentes campos. Por ejemplo, hay estudios que analizan los efectos de reformas educativas en la deserción escolar (como Salinas y Solé-Ollé, 2018; Bastian *et al.*, 2021); algunos estudian cambios de reformas y programas del sector salud, así como sus efectos en los hábitos de consumo, en la frecuencia de enfermedades y en la tasa de mortalidad (Nyagwachi *et al.*, 2020; Leogrande *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2021); y otros estudian cómo afectan ciertos cambios de política en el sector privado (García-Vega *et al.*, 2021; Caliendo y Tübbicke, 2021).

También se encontraron artículos que evalúan el impacto de políticas ambientales y energéticas. Por ejemplo, Su *et al.* (2020) investigan los efectos diferenciales del Plan de Reducción de Emisiones de California sobre la reducción de la contaminación del aire entre quienes viven cerca de corredores industriales y los que viven más lejos. Clò y Fumagalli (2019) evalúan el efecto de un cambio en los programas de horarios de energía que incorpora un esquema de precios dual (recompensa/penalización). Encontraron que los desequilibrios energéticos intencionales disminuyen de forma significativa cuando existe la posibilidad de ser penalizado. Finalmente, aunque la metodología DiD es muy utilizada para analizar cambios en política, es importante mencionar

que no se encontraron estudios que utilicen esta metodología y que analicen el impacto de la RE-2013 en México.

2. Metodología

El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento del gasto de electricidad en los hogares mexicanos después de la aprobación de la RE-2013 con cuatro modelos cuasiexperimentales DiD, utilizando datos aleatorios transversales agrupados de la ENIGH 2012, 2016 y 2018. Considerando la teoría microeconómica, la hipótesis de investigación a probar es la siguiente: si la Reforma Energética fue efectiva en reducir los precios al consumidor, se espera que los hogares mexicanos destinen una menor proporción de su ingreso real al consumo de electricidad. En esta sección se presentan los criterios utilizados para obtener los subgrupos de la muestra y la metodología utilizada.

2.1. Tratamiento de la muestra: variación de intensidades

Para estimar el efecto de la RE-2013 a partir del modelo DiD, se realizan estimaciones considerando diversas clasificaciones de grupos contrafactuales definidos bajo un criterio similar al utilizado por Duflo (2001). La idea central es identificar variaciones naturales exógenas: si a pesar de que el programa (tratamiento) tiene cobertura nacional se puede identificar un subgrupo de las unidades de observación con características que permiten su exclusión de la acción del programa, es viable considerar a este subgrupo como contrafactual; en otras palabras, el grupo contrafactual constituye aquellas unidades de observación que son relativamente indiferentes al evento o programa. Con base en este argumento y en la exposición teórica sobre la demanda de electricidad, se proponen tres criterios para definir el grupo contrafactual y el grupo de tratamiento de la muestra:

Criterio 1. Estrato socioeconómico (M-ES)

Desde esta perspectiva, se considera que con la RE-2013 y la posible reducción en los precios de electricidad, los hogares más pobres serán afectados en una mayor proporción (o intensidad) que aquellos con más recursos económicos (Atamturk *et al.*, 2012; Moshiri y Martínez, 2018). Así pues,

el contrafactual son los hogares de estrato socioeconómico medio-alto (3) y alto (4), mientras que el grupo de tratamiento son los hogares con un nivel socioeconómico bajo (1) y medio bajo (2).

Criterio 2. Percentil 1% más rico (M-PC)

Para el segundo modelo, el contrafactual es el percentil de hogares (1%) con mayores ingresos y el grupo de tratamiento corresponde a todos los hogares por debajo de este percentil. En este sentido, se asume que el percentil con mayores ingresos será indiferente a cualquier cambio en los precios de la electricidad.

Criterio 3. Intensidad de uso de electricidad por entidad federativa (M-kWh)

El tercer modelo utiliza un tratamiento de intensidades de acuerdo con el consumo de electricidad por entidad federativa. En línea con las aseveraciones de Atamturk *et al.* (2012), Morales y Luyando (2014) y Randazzo *et al.* (2020) acerca de la variación de la elasticidad de electricidad por regiones y que el uso de aparatos para el acondicionamiento de temperatura es imprescindible en las zonas del país con clima extremo, se considera que la RE-2013 impactó en mayor proporción a las entidades más intensivas en el uso de energía. Por lo tanto, el grupo de tratamiento son los estados que utilizan más electricidad (intensivos en electricidad) y el grupo contrafactual son los estados menos intensivos (no intensivos).

Triple interacción (M-ESkWh)

Finalmente, se propone una triple interacción con dos criterios: estrato socioeconómico e intensidad energética. Este modelo permitirá observar el impacto de la RE-2013 a mayor detalle en el consumo de los hogares de niveles socioeconómicos bajo y medio que se encuentran en entidades intensivas.

En la ecuación 4 se presenta el modelo general:

$$\ln\text{Proporción} = \beta_0 + \beta_1 y_{2016} + \beta_2 y_{2018} + \beta_3 \text{Trat} + \beta_4 \text{Trat} * y_{2016} + \beta_5 \text{Trat} * y_{2018} + C\gamma + \varepsilon \quad (4)$$

Donde:

LnProporción: es el logaritmo de la proporción del gasto de electricidad del hogar con respecto al ingreso total de ese hogar.

y_{2016} : dicotómica de tiempo para el año 2016. Toma el valor de 1 si la observación se realizó en 2016.

y_{2018} : dicotómica de tiempo para el año 2018. Toma el valor de 1 si la observación se realizó en 2018.

Trat: variable dicotómica igual a 1 si el hogar está en el grupo de tratamiento, y, por tanto, representa las variaciones del modelo con los distintos criterios: estrato socioeconómico (ES), percentil 1% más rico (PC) e intensidad de uso de electricidad (kWh).

$Trat * y_{2016}$: variable interactiva obtenida por la multiplicación de *Trat* y y_{2016} .

$Trat * y_{2018}$: variable interactiva obtenida por la multiplicación de *Trat* y y_{2018} .

$C\gamma$: covariables o variables de control que afectan la demanda de electricidad como: ingreso, integrantes, sexo del jefe de familia, educación del jefe de familia, entidad federativa, precio de electricidad y estrato socioeconómico, con base en Atamturk *et al.* (2012); Morales y Luyando (2014); Silva *et al.* (2017); Moshiri y Martínez (2018); Kim (2020); Randazzo *et al.* (2020); y Poblete-Cazenave y Pachauri (2021).

Los parámetros de interés son β_4 , que aísla el efecto de la RE-2013 para el grupo de tratamiento en el año 2016, y β_5 , que aísla el efecto de la RE-2013 para el grupo de tratamiento en 2018. Para mejor entendimiento, la tabla 1 muestra las variables a utilizar y su descripción. Por ejemplo, la variable dependiente corresponde al logaritmo natural de la proporción del gasto de electricidad con respecto al ingreso total. Las variables que se utilizan para el cuasiexperimento DiD son las variables dicotómicas de 2016 (y_{2016}) y 2018 (y_{2018}), así como las variables dicotómica del grupo de tratamiento que denotan cada uno de los criterios propuestos ($Trat_{ES}$, $Trat_{PC}$, $Trat_{kWh}$).

Además, las covariables a utilizar son: logaritmo de ingreso del hogar en pesos mexicanos corrientes ($LnIngreso$); $Sexo_j$, variable dicotómica del sexo del jefe de familia, que toma el valor de 1 si el jefe de familia es mujer, en otras palabras, la variable explica el comportamiento de las mujeres jefas de familia. De su lado, la variable $Educ_j$ denota el número de años escolarizados del jefe de familia. Asimismo, se incluye la variable *Integrantes*, que es el número de integrantes en el hogar; de igual manera, se incluye $Integrantes^2$, que se obtiene al elevar al cuadrado la variable *Integrantes*. Esto se hace con la finalidad de observar qué sucede con el consumo si el número de integrantes aumenta; además, permite saber si esta variable tiene una forma funcional específica.

Por otro lado, se incluyen variables dicotómicas por entidad federativa. La variable precio (P) es la tarifa básica promedio de la entidad federativa del kWh en pesos corrientes (Tarifas que aplicará la Comisión Federal de Electricidad..., 2016). Para incorporar los precios de electricidad de los años a estudiar, se consideró el decreto sobre tarifas base publicado en el *Diario Oficial de la Federación* (Tarifas que aplicará la Comisión Federal de Electricidad..., 2016) el 28 de enero de 2016, el cual establece que las tarifas base para 2016, 2017 y 2018 se mantuvieron constantes. Por lo tanto, en este estudio se utilizan las mismas tarifas para 2016 y 2018. Finalmente, la variable estrato socioeconómico (ES) indica el nivel socioeconómico de acuerdo con la definición utilizada en la ENIGH, siendo 1: “Bajo”, 2: “Medio Bajo”, 3: “Medio” y 4: “Alto”.

Tabla 1
VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO

<i>Nombre</i>	<i>Variable en el modelo</i>	<i>Descripción</i>
Variable dependiente		
LnProporción	LnProporción	Proporción del gasto de electricidad obtenido por el logaritmo natural de la división del monto del recibo de electricidad, entre el ingreso real del hogar.
Diferencias en Diferencias (DiD)		
Año 2016	Y_{2016}	Variable dicotómica de 2016.
Año 2018	Y_{2018}	Variable dicotómica de 2018.
Grupo de tratamiento ES	$Trat_{ES}$	Variable dicotómica con valor 0 si la observación pertenece al grupo contrafactual (estrato socioeconómico medio alto y alto), y 1 si pertenece al grupo de tratamiento (estrato socioeconómico bajo y medio bajo).
Grupo de tratamiento PC	$Trat_{PC}$	Variable dicotómica que obtiene el valor de 0 si la observación pertenece al grupo contrafactual (percentil 1% de hogares con mayores ingresos), y 1 en el caso contrario (percentil 99% con menores ingresos).
Grupo de tratamiento kWh	$Trat_{kWh}$	Variable dicotómica igual a 1 si la observación pertenece al grupo de tratamiento (entidad intensiva en uso de electricidad), y 0 en el caso contrario.
Covariables (C)		
Ingreso	$LnIngreso$	Logaritmo natural del ingreso real trimestral del hogar.
Sexo del jefe de familia	$Sexo_j$	Variable dicotómica que representa el género de la cabeza de familia, que toma el valor de 1 si la cabeza de familia es mujer y 0 si es hombre.

Tabla 1 (continuación)

Nombre	Variable en el modelo	Descripción
Educación	$Educ_j$	Nivel de escolaridad del jefe del hogar.
Integrantes	$Integrantes$	Número de integrantes en el hogar.
Integrantes ²	$Integrantes^2$	Número de integrantes en el hogar al cuadrado.
Entidad federativa	$Entidad$	Variable dicotómica por entidad federativa.
Precio	P	Tarifa básica promedio de la entidad (pesos por kWh)
Estrato socioeconómico	ES	Variable de nivel que toma los valores 1: si la observación pertenece al estrato socioeconómico “Bajo”; 2: “Medio Bajo”; 3: “Medio”; y 4: “Alto”.

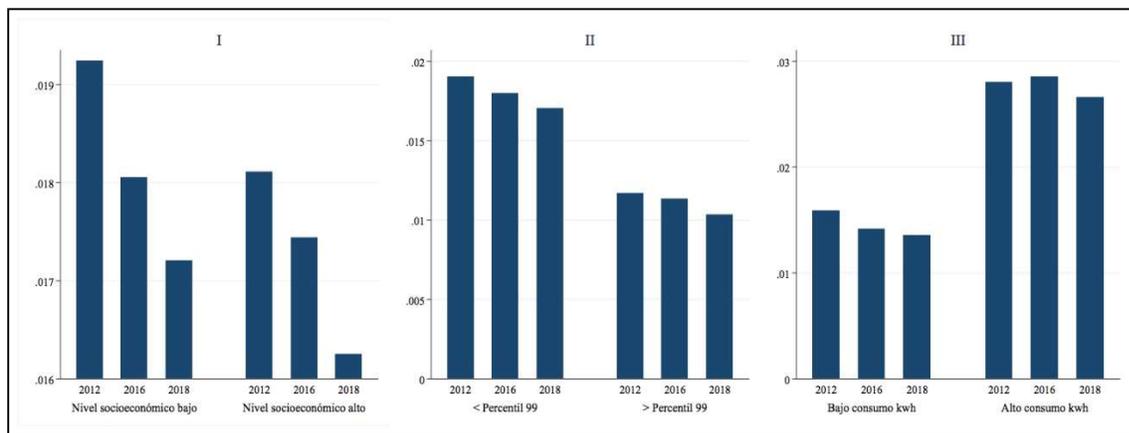
Fuente: elaboración propia.

3. Análisis de resultados

La figura 1 muestra la proporción de gasto de electricidad dividido en tres cuadrantes, considerando los criterios utilizados (nivel socioeconómico, percentil 1% con más ingresos e intensidad de uso de energía por entidad federativa). Como se puede observar, en los cuadrantes I y II (nivel socioeconómico y percentil 99), el gasto en ambos grupos (tratamiento y contrafactual) no supera el 2% del gasto total de los hogares. Sin embargo, el grupo de tratamiento en ambos casos (nivel socioeconómico bajo y <percentil 99) destina una mayor cantidad de su ingreso a cubrir este gasto. A lo largo de los años, en ambos cuadrantes se percibe un comportamiento decreciente en la proporción del gasto del hogar en todos los grupos. Finalmente, en el cuadrante III se puede observar que en los estados con alto consumo de kWh destinan casi 1% más de su ingreso para cubrir el gasto (3%), en comparación con los estados de baja intensidad (2%). En los años observados, la proporción del consumo en los estados más intensivos aumentó en 2016 y disminuyó en 2018.

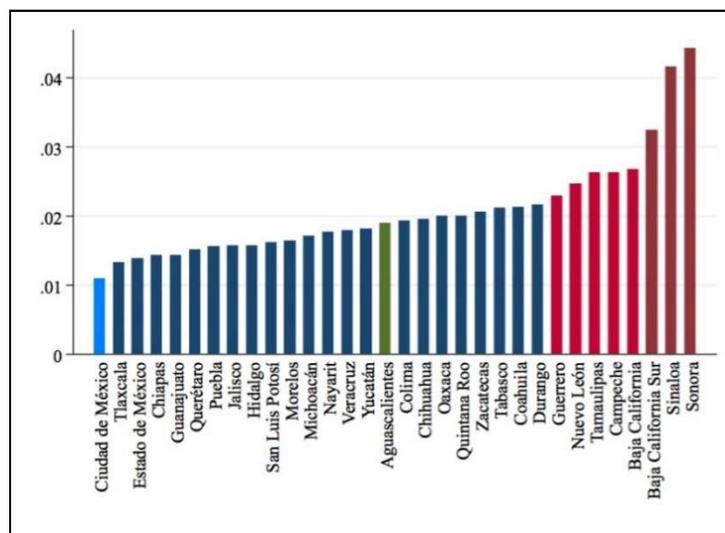
La figura 2 muestra la proporción promedio de gasto de electricidad por entidad federativa. Se puede distinguir una marcada diferencia en el consumo de electricidad, los estados que consumen más están principalmente en el norte (Chihuahua, Baja California, Baja California Sur, Colima, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora) y hay dos del sur (Campeche y Tabasco). Esta figura da indicios de que la elasticidad puede variar en México a causa de las regiones y climas.

Figura 1
Consumo de electricidad (proporción del ingreso) por grupos de tratamiento y
contrafactuales



Fuente: elaboración propia con información de Inegi (2022) y Banco de México (2022).

Figura 2
Proporción de consumo de energía por entidad federativa



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Inegi (2012, 2016 y 2018) y Tarifas que aplicará la Comisión Federal de Electricidad... (2016).

En la tabla 2 se presentan los resultados de la estadística descriptiva. La muestra corresponde a 7,725 hogares mexicanos encuestados en 2012; 62,783 en 2016 y 66,222 en 2018. De acuerdo con los datos, la proporción media del gasto en electricidad en los tres años es aproximadamente 2%. En cuanto a los criterios propuestos ($Trat_{ES}$, $Trat_{PC}$, $Trat_{kWh}$), las medias de las variables dicotómicas de los criterios

permiten observar la composición del grupo contrafactual y del grupo de tratamiento. Por ejemplo, la media de la variable $Trat_{ES}$ indica que el grupo de tratamiento (estrato socioeconómico bajo y medio bajo) corresponde al 76% de los hogares, mientras que el 34% corresponde al grupo contrafactual.

En cuanto a las características de los hogares mexicanos, el hogar promedio se constituye por cuatro personas, el ingreso real trimestral promedio del hogar fue de \$35,068 en 2012; \$38,157 en 2016 y \$37,437 en 2018, y la educación promedio de la cabeza de familia es secundaria trunca (5). Cabe enfatizar que las tarifas domésticas básicas permanecieron constantes entre 2016 y 2018; así, puesto que el promedio de precio es el mismo en los dos años (\$0.975 por kwh), el precio relativo de la electricidad disminuyó en 2018.

Tabla 2
Estadística descriptiva

	<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
2012	<i>Proporción</i>	7725	0.021	0.023	0.0001284	0.4927
	<i>Trat_{ES}</i>	7725	0.765	0.424	0	1
	<i>Trat_{PC}</i>	7725	0.989	0.103	0	1
	<i>Trat_{kwb}</i>	7725	0.348	0.476	0	1
	<i>Ingreso</i>	7725	35068	40137	147	792894
	<i>Integrantes</i>	7725	3.770	1.924	1	21
	<i>Sexo</i>	7725	0.250	0.433	0	1
	<i>Educación</i>	7725	5.191	2.627	1	11
	<i>Precio</i>	7725	0.682	0.043	0.586	0.745
2016	<i>Proporción</i>	62783	0.02	0.0238	0	0.842
	<i>Trat_{ES}</i>	62783	0.743	0.437	0	1
	<i>Trat_{PC}</i>	62783	0.989	0.103	0	1
	<i>Trat_{kwb}</i>	62783	0.415	0.493	0	1
	<i>Ingreso</i>	62783	38157	147066	0	31431620
	<i>Integrantes</i>	62783	3.695	1.826	1	1
	<i>Sexo</i>	62783	0.260	0.439	0	1
	<i>Educación</i>	62783	5.526	2.553	1	11
	<i>Precio</i>	62783	0.975	0.245	0.62	1.36
2018	<i>Proporción</i>	66222	0.019	0.0235	0	1.321
	<i>Trat_{ES}</i>	66222	0.753	0.431	0	1
	<i>Trat_{PC}</i>	66222	0.989	0.103	0	1
	<i>Trat_{kwb}</i>	66222	0.393	0.488	0	1
	<i>Ingreso</i>	66222	37437	48144	0	3168952
	<i>Integrantes</i>	66222	3.636	1.821	1	22
	<i>Sexo</i>	66222	0.273	0.445	0	1
	<i>Educación</i>	66222	5.604	2.555	1	11
	<i>Precio</i>	62783	0.975	0.245	0.62	1.36

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Inegi (2012, 2016 y 2018) y Tarifas que aplicará la Comisión Federal de Electricidad... (2016).

La tabla 3 presenta la composición de la población por estrato socioeconómico a lo largo de los años estudiados. Se observa que poco más del 20% de la población mexicana pertenece al estrato socioeconómico “Bajo”; aproximadamente la mitad está en el estrato 2: “Medio Bajo”, cifra que ha aumentado un poco a lo largo de los tres años observados. Mientras que menos del 20% pertenece al estrato “Medio” y un pequeño porcentaje (6%-7%) se considera como de estrato socioeconómico “Alto”.

Tabla 3
Composición del estrato socioeconómico por año

Año	Estrato socioeconómico			
	Bajo	Medio bajo	Medio	Alto
2012	26.8%	49.7%	17.4%	6.1%
2016	21.2%	53.1%	18.7%	7%
2018	22.5%	52.9%	17.8%	6.9%

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Inegi (2012, 2016 y 2018).

Posteriormente, se estimaron regresiones de MCO para determinar el impacto en los factores escogidos. Las estimaciones se realizaron para toda la población utilizando el factor de expansión proporcionado por la encuesta ENIGH. En este sentido, la población consiste en 87,580,743 hogares a lo largo de los tres años observados. Los resultados del modelo propuesto utilizando los tres criterios de variación de intensidades se presentan en la tabla 4.

Tabla 4
Resultados modelos ES, PC, kWh y ESkWh

Columna	I	II	III	IV
<i>LnProporción</i>	<i>Modelo ES</i>	<i>Modelo PC</i>	<i>Modelo kWh</i>	<i>Modelo ESkWh</i>
<i>y</i> 2016	-0.0707 (0.0004) **	-0.1803 (0.0019) **	-0.1915 (0.0003) **	-0.2079 (0.0004) **
<i>y</i> 2018	-0.145 (0.0004) **	-0.27 (0.0019) **	-0.2363 (0.0003) **	-0.2846 (0.0004) **
<i>Trat</i> _{ES}	-0.079 (0.0003) **			0.0721 (0.0005) **
<i>Trat</i> _{ESy2016}	0.0144 (0.0004) **			0.0291 (0.0005) **
<i>Trat</i> _{ESy2018}	0.049 (0.0004) **			0.0738 (0.0005) **
<i>Trat</i> _{PC}		0.2275 (0.0013) **		
<i>Trat</i> _{PCy2016}		0.1241 (0.0019) **		

Tabla 4 (continuación)

<i>Columna</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<i>LnProporción</i>	<i>Modelo ES</i>	<i>Modelo PC</i>	<i>Modelo kWh</i>	<i>Modelo ESkWh</i>
<i>Trat_{PC}Y₂₀₁₈</i>		0.1639 (0.0019) **		
<i>Trat_{kWh}</i>			0.6601 (0.0003) **	0.7556 (0.0006) **
<i>Trat_{kWh}Y₂₀₁₆</i>			0.1686 (0.0005) **	0.1888 (0.0008) **
<i>Trat_{kWh}Y₂₀₁₈</i>			0.1521 (0.0005) **	0.1988 (0.0008) **
<i>Trat_{ES+kWh}</i>				-0.0428 (0.001) **
<i>Trat_{ES+kWh}Y₂₀₁₆</i>				-0.0428 (0.001) **
<i>Trat_{ES+kWh}Y₂₀₁₈</i>				-0.0766 (0.001) **
<i>Sexo_j</i>	0.0773 (0.0001) **	0.0718 (0.0001) **	0.0764 (0.0001) **	0.0782 (0.0001) **
<i>Educ_j</i>	-0.0516 (0.00003) **	-0.0745 (0.00003) **	-0.0559 (0.00004) **	-0.0554 (0.00004) **
<i>Integrantes</i>	-0.0183 (0.0001) **	-0.0505 (0.0001) **	-0.0119 (0.0001) **	-0.0134 (0.0001) **
<i>Integrantes²</i>	0.00149 (0.00001) **	0.0023 (0.00001) **	0.0009 (0.00001) **	0.001 (0.00001) **
<i>LnIngreso</i>	-0.2089 (0.0001) **		-0.2327 (0.0001) **	-0.2311 (0.0001) **
<i>P</i>	-0.0556 (0.0007) **	-0.0766 (0.0007) **	0.2228 (0.0005) **	0.2165 (0.0005) **
<i>ES</i>		-0.002	0.0696	0.0926
<i>Entidad</i>	Sí	Sí	No	No
<i>Número de obs</i>	87573694	87580743	87573694	87573694
<i>F ()</i>	F > 99999**	F > 99999**	F > 99999**	F > 99999**
<i>Prob. > F</i>	0	0	0	0
<i>R2 Ajustado</i>	0.2514	0.2319	0.2042	0.2067
<i>Root MSE</i>	0.7705	0.7805	0.7944	0.7932
<i>het (Chi-sq)</i>	3971 (0.000) **	13.42 (0.000) **	18422 (0.000) **	15243 (0.000) **
<i>Residnorm</i>	0.0038 (0.5645)	-0.029 (0.000) **	0.0014 (0.8219)	0.0075 (0.2542)

Nota: ** Nivel de confianza del 99%.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados utilizando el software StataCorp. (2019).

De manera general, en la tabla 4 se puede observar que los parámetros son estadísticamente significativos en todos los modelos. Como primer paso se observarán los resultados del cuasiexperimento DiD, los parámetros de interés son de β_1 a β_5 . Comenzando por el modelo estrato socioeconómico (ES) en la columna 1, se puede observar de manera general que tanto en

2016 (y_{2016}), como en 2018 (y_{2018}) la proporción del consumo de electricidad disminuyó en los hogares mexicanos, siendo en 2018 cuando se presentó la mayor reducción. Este signo negativo es consistente con lo observado en la figura 1 y se presenta en todos los modelos propuestos. Continuando en la columna 1, la variable $Trat_{ES}$, la cual comprende al grupo de tratamiento, arroja un signo negativo. Este valor indica que los hogares de un estrato socioeconómico bajo destinan un menor porcentaje de su ingreso a cubrir su consumo de electricidad. En contraste, las variables interactivas de interés $Trat_{ES}y_{2016}$ (β_4) y $Trat_{ES}y_{2018}$ (β_5) muestran un signo positivo en ambos años, lo que indica que, después de la aprobación de la RE-2013 (tanto en 2016 como en 2018), los hogares con menos recursos destinaron más porcentaje de su ingreso al consumo de electricidad.

Estos resultados se refuerzan con el modelo PC (columna 2), que muestra resultados similares en los parámetros de interés. Los resultados de los primeros dos modelos son contrarios a Ortiz-Velázquez *et al.* (2016), quienes concluyen que la RE-2013 sí benefició a los hogares con menos recursos en el Estado de México. Continuando con el modelo kWh (columna 3), los parámetros de las variables interactivas $Trat_{kWh}y_{2016}$ y $Trat_{kWh}y_{2018}$ también arrojan un signo positivo, en otras palabras, el modelo indica que después de la RE-2013 los hogares ubicados en estados intensivos de uso de electricidad destinaron más porcentaje de su ingreso. En contraste, el modelo ESkWh presenta un signo negativo en las variables con triple interacción $Trat_{ES*kWh*y_{2016}}$ y $Trat_{ES*kWh*y_{2018}}$, lo cual sugiere que en 2016 y 2018 los hogares con menos recursos ubicados en estados intensivos sí redujeron el porcentaje de su ingreso destinado al consumo de electricidad.

En resumen, las variables dicotómicas de tiempo indican que, de manera general, durante 2016 y 2018 los hogares mexicanos destinaron menos porcentaje de su ingreso a cubrir el gasto de electricidad, en comparación con 2012. En contraste, las variables interactivas en tres de cuatro modelos de MCO (las cuales aíslan el efecto del cambio de política) revelan que hubo un aumento de la proporción del gasto de electricidad después de la aprobación de RE-2013 en los hogares pertenecientes a los grupos de tratamiento, lo que sugiere que la disminución general observada no puede atribuirse a este cambio de política. Sin embargo, el cuarto modelo muestra evidencia de una reducción en el gasto en los hogares de estrato socioeconómico bajo que viven en zonas intensivas.

Continuando con el análisis, las covariables también muestran resultados interesantes. Por ejemplo, la relación entre el número de integrantes y la proporción del gasto en electricidad tiene

forma de U: al principio, cuando el número de integrantes aumenta, la proporción del gasto en electricidad se reduce. Si los integrantes continúan aumentando, la relación se torna positiva. Esta relación de U no es consistente con los resultados de Kim (2020).

Mientras tanto, la variable de cabeza de familia tiene un efecto positivo en el gasto de electricidad: si la cabeza del hogar es mujer, se consume más electricidad. Esto puede obedecer a un uso mayor de los electrodomésticos del hogar para cocinar, limpiar y lavar. Los resultados son similares a lo planteado por Grünewald y Diakonova (2020), que estudian las diferencias de la demanda de electricidad entre hombres y mujeres, y concluyen que, aunque las mujeres utilizan más electricidad, lo hacen con mayor eficiencia que los hombres. La educación del jefe de familia también tiene una relación negativa con el consumo de electricidad. Los resultados son inconsistentes con lo expuesto por Inglesi-Lotz y Diez (2017), quienes concluyen que la relación de estas variables es unidireccional y negativa en países en desarrollo, como México.

Por otra parte, los resultados de la variable ingreso muestran que la proporción del gasto en electricidad disminuye si el hogar tiene un mayor ingreso. Analizando la variable precio (P), los resultados de los primeros dos modelos muestran que los hogares que se enfrentan a una mayor tarifa (precio) básica en promedio presentan una menor proporción de gasto en electricidad. Sin embargo, el signo se invierte en los modelos kWh y ESkWh. La variable estrato socioeconómico (ES) arroja resultados diversos: en el modelo PC se observa un signo negativo, es decir, a mayor estrato socioeconómico, menor proporción del gasto de electricidad, mientras que en los modelos kWh y ESkWh el signo se torna positivo. Finalmente, cabe mencionar que los coeficientes de las dicotómicas de entidad federativa sólo se incluyen en los modelos ES y PC (no reportado). Éstos muestran un diferencial positivo respecto a la entidad base (Aguascalientes) en la mayoría de los estados: Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Guerrero, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Veracruz, Yucatán y Zacatecas. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2019), estos estados se caracterizan por tener un clima semidesértico, desértico y en algunas zonas cálido subhúmedo. Por el contrario, la mayoría de los estados con signo negativo están concentrados en el centro del país y se caracterizan por tener un clima templado a semidesértico. Estos resultados respaldan que el consumo de electricidad varía por

regiones y climas, en línea con Atamturk *et al.* (2012), Morales y Luyando (2014) y Randazzo *et al.* (2020).

Es importante resaltar que, en la tabla 4, el estadístico R2 ajustado es bajo en todos los modelos (siendo el mayor 0.25), lo cual podría indicar que los modelos no están bien especificados. Sin embargo, se espera que al utilizar microdatos este estadístico sea bajo, ya que, a nivel individual, pueden desempeñar un papel importante muchos factores idiosincráticos que no se pueden observar y son generalmente tratados como un componente aleatorio, el cual puede ser una parte importante de la variación observada. Es decir, la aleatoriedad juega un papel más importante en los microdatos que en los macrodatos (Cameron y Trivedi, 2005 y 2009; Wooldrige, 2013).

Finalmente, se presenta la prueba de Breusch-Pagan (het [Chi-sq] en la tabla 4), que demuestra la presencia de heteroscedasticidad en todos los modelos, la cual se corrige con errores estándar robustos. Después se realizó la prueba de sesgo de normalidad de residuos (residnorm), la cual muestra que el modelo PC no sigue una distribución normal. En otras palabras, la última prueba indica que los resultados del modelo PC son menos fiables (Gujarati y Porter, 2010) y, por lo tanto, no se incluirá dicho modelo en los análisis subsecuentes.

Para simplificar el análisis de los estimadores al incluir más de dos periodos, y partiendo de la significancia estadística encontrada en todos los modelos, es conveniente examinar la interpretación del efecto conjunto de los estimadores DiD y las variables no interactivas, de manera que se observen directamente las diferencias en las proporciones de gasto en electricidad a lo largo de los tres años, considerando los distintos criterios para determinar los grupos de tratamiento y sus contrafactuales.

Tabla 5
Diferencias en Diferencias por criterio

Grupo			LnProporción						
			2012	2016	2018				
			ln	ln	Δt	DiD	ln	Δt	DiD
Estrato socioeconómico (ES)	C	Alto	-4.28	-4.36	-0.081	0.01	-4.43	-0.16	0.05
	T	Bajo	-4.36	-4.42	-0.067		-4.46	-0.11	
Consumo kWh (kWh)	C	No intensivo	-4.26	-4.41	-0.150	0.16	-4.45	-0.20	0.16
	T	Intensivo	-3.6	-3.58	0.018		-3.64	-0.04	

Nota: Para las estimaciones se utilizaron los siguientes valores: educación= 6 (secundaria completa); integrantes= 4; sexo= 0; ingreso= 9.21 (correspondiente a un ingreso de 10000); est_socio= 3; precio= 0.745 en 2012 y .93 en 2016 y 2018. Aguascalientes es el estado base para ES.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados utilizando el *software* StataCorp. (2019).

La tabla 5 muestra la variación porcentual por criterio (nivel socioeconómico y consumo de kWh) y por grupo contrafactual (C) y grupo de tratamiento (T) en los años observados. En particular, Δ_t es la primera diferencia, la cual representa el cambio de un grupo a lo largo del tiempo obtenido por la diferencia del logaritmo natural de la proporción después del cambio de política, menos el Ln proporción del año antes del cambio ($\Delta_t = t_1 - t_{-1}$). La doble diferencia (DiD) es la diferencia entre los dos grupos a lo largo del tiempo, obtenida por la resta entre el cambio del grupo de tratamiento menos el cambio del grupo contrafactual ($DiD = \Delta_T - \Delta_C$). Por ejemplo, para el criterio de nivel socioeconómico, se observa que ambos grupos redujeron la proporción del gasto en electricidad en 2016 y en 2018, en comparación con 2012. Sin embargo, la doble diferencia (DiD) sugiere que, después de la RE-2013, los hogares con menos recursos destinaron más porcentaje a cubrir el gasto de electricidad en comparación con los hogares con más recursos (0.01 en 2016 y 0.05 en 2018).

Por otro lado, para el criterio de intensidad de uso de electricidad (kWh), la doble diferencia muestra que después de la RE-2013, la proporción del gasto de electricidad aumentó en los hogares ubicados en estados intensivos de uso de electricidad, en comparación con los hogares ubicados en estados no intensivos (0.018 en 2016 y 0.16 en 2018). En resumen, la tabla 5 sugiere que la RE-2013 aumentó el gasto de electricidad tanto en los hogares con menos recursos, como en los estados donde el uso de electricidad es intensivo.

Continuando con el análisis, la tabla 6 presenta las variaciones a lo largo del tiempo y las dobles diferencias por niveles socioeconómicos en zonas intensivas y no intensivas. Las dobles diferencias (DiD) sugieren que los hogares en zonas intensivas gastaron más en electricidad, en comparación con hogares con el mismo nivel socioeconómico que viven en zonas no intensivas. Es decir, se refuerza la evidencia sobre la importancia del factor “clima” y de rechazar la hipótesis de investigación.

Tabla 6

DiD por niveles socioeconómicos que viven en zonas intensivas y no intensivas

			<i>LnProporción</i>						
Grupo	ES	kWh	2012	2016			2018		
			ln	ln	Δ_t	DiD	ln	Δ_t	DiD
T	Alto	Intensivo	-3.54	-3.51	0.021	0.189	-3.6	-0.046	0.199
C	Alto	No intensivo	-4.29	-4.46	-0.168		-4.5	-0.245	
T	Bajo	Intensivo	-3.62	-3.61	0.007	0.146	-3.7	-0.049	0.122
C	Bajo	No intensivo	-4.21	-4.36	-0.139		-4.4	-0.171	

Nota: Para las estimaciones se utilizaron los siguientes valores: educación= 6 (secundaria completa); integrantes= 4; sexo= 0; lingreso= 9.21 (correspondiente a un ingreso de 10000); precio= 0.745 en 2012 y .93 en 2016 y 2018.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados utilizando el *software* StataCorp (2019).

La tabla 7 presenta las variaciones entre diferentes estratos socioeconómicos que se encuentran en la misma zona. Los resultados indican que, para las zonas intensivas, los hogares de estrato bajo gastaron menos, en comparación con los hogares de estrato alto, mientras que en las zonas no intensivas los hogares con menos recursos gastaron más, en comparación con su contrafactual. En resumen, los resultados de la tabla 7 dan indicios de la posibilidad de que los hogares con menos recursos que viven en zonas intensivas sí redujeron su gasto de electricidad después de la RE-2013.

Tabla 7
DiD por niveles socioeconómicos que viven en la misma zona

Grupo	ES	kWh	LnProporción						
			2012	2016			2018		
			ln	ln	Δt	DiD	ln	Δt	DiD
T	Bajo	Intensivo	-3.62	-3.61	0.007	<u>-0.01</u>	-3.7	-0.049	<u>-0.003</u>
C	Alto	Intensivo	-3.54	-3.51	0.021		-3.6	-0.046	
T	Bajo	No intensivo	-4.21	-4.36	-0.139	<u>0.029</u>	-4.4	-0.171	<u>0.074</u>
C	Alto	No intensivo	-4.29	-4.46	-0.168		-4.5	-0.245	

Nota: Para las estimaciones se utilizaron los siguientes valores: educación= 6 (secundaria completa); integrantes= 4; sexo= 0; lingreso= 9.21 (correspondiente a un ingreso de 10000); precio= 0.745 en 2012 y .93 en 2016 y 2018.

Fuente: elaboración propia a partir de resultados utilizando el *software* StataCorp (2019).

Cabe resaltar que una forma de validar la robustez del cuasiexperimento es realizar modelos DiD con diversos grupos plausibles (Gertler *et al.*, 2017); la consistencia del signo positivo en la mayoría de los modelos permite asumir que el cuasiexperimento es adecuado. En resumen, los resultados obtenidos en este estudio arrojan evidencia acerca del aumento en la proporción del gasto de electricidad después de la RE-2013. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de investigación. Sin embargo, los resultados bajo el criterio de intensidad de uso de energía (tabla 7) dan indicios de que la proporción de gasto de electricidad sí disminuyó en aquellos hogares de estrato socioeconómico bajo, ubicados en zonas intensivas. Aunque este último criterio no está considerado expresamente en los documentos oficiales mexicanos, los resultados de este estudio y de Atamturk *et al.* (2012), Morales y Luyando (2014) y Randazzo *et al.* (2020) sugieren que las elasticidades difieren, dependiendo del estado y el clima. Por lo tanto, el diseño de las políticas eléctricas mexicanas debería considerar la heterogeneidad climática del territorio nacional.

Conclusiones y reflexiones finales

Este artículo analiza el comportamiento del gasto de electricidad en los hogares mexicanos después de la aprobación de la Reforma Energética de 2013 (RE-2013), mediante cuatro modelos cuasiexperimentales DiD con datos de la ENIGH del Inegi, correspondiente a los años 2012, 2016 y 2018. Para el análisis, se proponen tres criterios de variación de intensidades inspirados en Duflo (2001), con el fin de obtener de la muestra un grupo de tratamiento y su contrafactual. Los criterios que se proponen son: estrato socioeconómico, percentil de ingresos e intensidad del uso de energía por entidad federativa.

Las pruebas de especificación sugieren que el error del modelo PC no sigue una distribución normal, lo que provoca que los resultados de este modelo sean menos fiables; en consecuencia, se optó por omitir su análisis. En cuanto a los otros modelos, los resultados de ES y kWh sugieren que la proporción del gasto de electricidad en los grupos de tratamiento (estrato socioeconómico bajo y estado intensivo respectivamente) aumentó en 2016 y 2018, mientras que el modelo con triple interacción (ESkWh) indica que los hogares de bajos ingresos ubicados en zonas intensivas sí redujeron la proporción del gasto de electricidad.

Para explorar este último hallazgo, con el modelo de triple interacción se compararon: 1) los hogares del mismo estrato socioeconómico ubicados en diferente zona intensiva; y 2) hogares con distinto estrato ubicados en la misma zona intensiva. Las dobles diferencias (*DiD*) sugieren que los hogares en zonas intensivas gastaron más en electricidad, en comparación con hogares con el mismo nivel socioeconómico pero en zonas no intensivas. Sin embargo, al comparar los estratos socioeconómicos en la misma zona intensiva, los resultados dan indicios de que los hogares con menos recursos sí disminuyeron el gasto de electricidad después de la RE-2013, en comparación con estratos más altos.

En resumen, aunque se observa una tendencia generalizada a la baja en el gasto de electricidad, el signo positivo es consistente en la mayoría de los cuasiexperimentos. Por consiguiente, se puede concluir que: 1) el cuasiexperimento DiD es robusto; y 2) no se puede asegurar que el gasto de electricidad disminuyó después de la RE-2013 en los grupos tratados. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de investigación. Adicionalmente, se pudo observar que las variables que más influyen en el gasto de electricidad son ingreso y precio.

Aunque los resultados son muy interesantes, existen áreas de oportunidad, especialmente en la especificación del modelo. Para futuras investigaciones se puede extender la temporalidad, incorporar variables utilizadas en otros estudios, como las características del hogar, la temperatura promedio y precios del gas natural y el carbón, así como ampliar las estrategias metodológicas y comparar sus resultados. De igual manera, es necesario analizar el efecto de la RE-2013 en la proporción del gasto en la clase media, en el gasto de gasolina y gas natural.

Finalmente, a pesar de que el gasto de electricidad de los hogares disminuyó en 2016 y 2018 en promedio, esta disminución no fue igual para todos los hogares. La reducción generalizada detectada puede obedecer a los subsidios federales, así que sería interesante explorar el efecto de los subsidios en el sector eléctrico. Como consideración práctica, la diferencia encontrada en el gasto de electricidad entre estratos socioeconómicos, regiones y climas en México es evidencia de la alta heterogeneidad del país, por lo tanto, se recomienda considerar dicha heterogeneidad al momento de diseñar políticas para el sector eléctrico mexicano.

Fuentes consultadas

- Álvarez, Jorge y Valencia, Fabián (2016). Made in Mexico: energy reform and manufacturing growth. *Energy Economics*, 55, 253-265. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.01.016>
- Atalla, Tarek y Hunt, Lester (2016). Modelling residential electricity demand in the GCC countries. *Energy Economics*, 59, 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.07.027>
- Atamturk, Nilgun; Zafar, Marzia; Clanon, Paul (2012). *Electricity Use and Income: A Review*. California Public Utilities Commission.
- Bastian, Jacob; Bian, Luorao y Grogger, Jeffrey (2021). How did Safety-Net reform affect the education of adolescents from low-income families? *Labour Economics*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2021.102031>
- Caliendo, Marco y Tübbicke, Stefan (2021). Design and effectiveness of start-up subsidies: Evidence from a policy reform in Germany. *Economic Analysis and Policy*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.02.015>

- Cameron, Collin y Trivedi, Pavin (2005). *Microeconomics, Methods and Applications*. Cambridge University Press.
- Cameron, Collin y Trivedi, Pavin (2009). *Microeconomics using Stata*. Stata Press.
- Campbell, Alrick (2018). Price and income elasticities of electricity demand: Evidence from Jamaica. *Energy Economics*, 69, 19-32. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.10.040>
- Chatellier, Diego y McNeil, Michael (2020). Electricity demand of non-residential buildings in Mexico. *Sustainable Cities and Society*, 59, 102165. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102165>
- Clò, Stefano y Fumagalli, Elena (2019). The effect of Price regulation on energy imbalances: A difference in difference design. *Energy Economics*, 81, 754-764.
- De Rezende, Eduardo; Aranha, Francisco; Zambaldi, Felipe y Goldszmidt, Rafael (2006, 19-22 de noviembre). Electricity Consumption as a Predictor of Household Income: an Spatial Statistics approach. Ponencia presentada en VIII Brazilian Symposium on GeoInformatics, Campos do Jordão, Brasil.
- Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía (2013, 20 de diciembre). *Diario Oficial de la Federación*. Secretaría de Gobernación. <https://tinyurl.com/2g429537>
- Duflo, Esther (2001). Schooling and Labor Market Consequences of School Construction in Indonesia: Evidence from an Unusual Policy Experiment. *The American Economic Review*, 90(4), 795-813. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.229794>
- García-Vega, María; Kneller, Richard y Stiebale, Joel (2021). Labor market reform and innovation: evidence from Spain. *Research Policy*. *Research Policy*, 50(5). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104213>
- Gertler, Paul; Martínez, Sebastián; Rawlings, Laura B.; Premand, Patrick y Vermeersch, Christel (2017). *La evaluación de impacto en la práctica*. Banco Interamericano de Desarrollo y Banco Mundial.
- Gobierno de la República (2013). Reforma Energética. Resumen Ejecutivo. Sener. <https://tinyurl.com/2junprn>

- Grünewald, Phil y Diakonova, Marina (2020). Societal differences, activities and performance: Examining the role of gender in electricity demand in the United Kingdom. *Energy Research & Social Science*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101719>
- Gujarati, Damodar y Porter, Dawn (2010). *Econometría*. McGraw-Hill Interamericana.
- Han, Chunlei; Xu, Rongbin; Gao, Caroline; Yu, Wenhua; Zhang, Yajuan; Han, Kun; Yu, Pei; Guo, Yuming y Li, Shanshan (2021). Socioeconomic disparity in the association between long-term exposure to PM2.5 and mortality in 2640 Chinese counties. *Environment International*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106241>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2018). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2018 (ENIGH). Inegi. <https://tinyurl.com/2o2byyof>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2016 (ENIGH). Inegi. <https://tinyurl.com/2on6qsy2/>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2012). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2012 (ENIGH). Inegi. <https://tinyurl.com/2ojkaw5x>
- Inglesí-Lotz, Roula y Diez, Luis (2017). The effect of education on a country's energy consumption: evidence from developed and developing countries. Documento de trabajo 201733, Ciudad del Cabo, *Economic Research Southern Africa (ERSA)*.
- Kim, Min-Jeong (2020). Determining the Relationship between Residential Electricity Consumption and Factors: Case of Seoul. *Sustainability*, 12(20). <http://dx.doi.org/10.3390/su12208590>
- Lee, Moyung-jae (2016). *Matching, Regression Discontinuity, Difference in Difference and Beyond*. Oxford University Press.
- Leogrande, Simona; Alessandrini, Ester; Stafoggia, Massimo; Morabito, Angela; Nocioni, Alessandra; Ancona, Carla; Bisceglia, Lucia; Mantaloni, Francesca; Giua, Roberto; Mincuzzi, Anotinia; Minerba, Sante; Spagnolo, Stefano; Pastore, Tiziano; Tanzarella, Annalisa; Assennato, Giorgio y Forastiere, Francesco (2019). Industrial air pollution and mortality in the Taranto area, Southern Italy: A difference-in differences approach. *Environment International*, 132, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105030>

- Mankiw, Gregory (2016). *Principios de economía*. Cengage Learning Editores.
- Morales, Dionicio y Luyando, José Raúl (2014). Análisis del consumo de energía eléctrica residencial en el Área Metropolitana de Monterrey, N.L., México. *Estudios Económicos*, 31(62), 27-49. <https://doi.org/10.52292/j.estudecon.2014.747>
- Moshiri, Saeed y Martínez, Miguel (2018). The welfare effects of energy price changes due to energy market reform in Mexico. *Energy Policy*, 113, 663-672. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.035>
- Nyagwachi, Abel; Chelwa, Grieve y Van Walbeek, Corné (2020). The effect of tobacco- and alcohol-control policies on household spending patterns in Kenya: An approach using matched difference in difference. *Social Science and Medicine*, 156, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113029>
- Ortiz-Velázquez, Jorge Alberto; Bueno, Graciela y Arana-Coronado, José Jaime (2016). Análisis de la demanda residencial de electricidad en el Estado de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 17(53), 199-223. <https://doi.org/10.22136/est002017644>
- Poblete-Cazenave, Miguel y Pachauri, Shonali (2021). A model of energy poverty and access: Estimating household electricity demand and appliance ownership. *Energy Economics*, 98, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105266>
- Ramírez, José Carlos; Ortiz-Arango, Francisco y Rosellón, Juan (2021). Impact of Mexico's energy reform on consumer welfare. *Utilities Policy*, 70, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101191>
- Randazzo, Teresa; De Cian, Enrica y Mistry, Malcom (2020). Air conditioning and electricity expenditure: The role of climate in temperate countries. *Economic Modeling*, 90, 293-287. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.05.001>
- Salinas, Paula y Solé-Ollé, Albert (2018). Partial fiscal decentralization reforms and education outcomes: A difference in difference analysis for Spain. *Journal of Urban Economics*, 107, 31-46. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2018.08.003>
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2019). *Atlas digital de México. Clima*. Semarnat. <https://tinyurl.com/2k4fhx8e>

- Sener (Secretaría de Energía) (2016). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030 (Prodesen). Secretaría de Energía. <https://tinyurl.com/2gslswd4>
- Silva, Susana; Soares, Isabel y Pinho, Carlos (2017). Electricity demand response to price changes: The Portuguese case taking into account income difference. *Energy Economics*, 65, 335-342, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.05.018>
- StataCorp. (2019). Stata Statistical Software: Release 16 (Versión 16). StataCorp LLC. College Station, TX.
- Su, Jason; Meng, Ying-Ying; Chen, Xiao; Molitor, John; Yue, Dahai y Jerrett, Michael (2020). Predicting differential improvements in annual pollutant concentrations and exposures for regulatory policy assessment. *Environmental International*, 143, 105942, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105942>
- Tarifas que aplicará la Comisión Federal de Electricidad por el servicio público de distribución de energía eléctrica durante el periodo tarifario inicial que comprende del 1 de enero de 2016 y hasta el 31 de diciembre de 2018 (2016, 28 de enero). *Diario Oficial de la Federación*. Comisión Federal de Electricidad. <https://tinyurl.com/2m5jcdrc>
- Thomas, Christopher y Maurice, Charles (2015). *Managerial Economics: Foundations of Business Analysis and Strategy*. McGraw Hill.
- Wooldridge, Jeffrey (2013). *Introductory Econometrics. A modern Approach*. Mason, South-Western, Cengage Learning.

Reseñas curriculares

Lizeth Azucena Razo Zamora. Estudiante del Doctorado en Ciencias Económico-Administrativas en la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Actualmente es docente de posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Querétaro. Sus líneas de investigación son: economía del bienestar, análisis de políticas públicas y estudios de género. Entre sus más recientes publicaciones destacan: en coautoría, Diversidad de género y desempeño financiero en empresas bursátiles mexicanas. *Retos. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 13(25), 151-167 (2023); Impacto de

Jóvenes Construyendo el Futuro y desempleo juvenil de México. *Política y Cultura*, 57, 109-134 (2022).
Correo-e: lrado15@alumnos.uaq.mx

Amílcar Orlian Fernández. Doctor en Ciencias Económico-Administrativas por la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Actualmente es profesor en la Facultad de Economía Internacional de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación son: economía internacional y bienestar multidimensional. Entre sus más recientes publicaciones destacan: como autor, Los Objetivos del Desarrollo Sostenible en el marco multidimensional del bienestar. *Economía, Teoría y Práctica*, 56, 175-200 (2022); como coautor: Explosive behavior in historic NASDAQ market prices. *The North American Journal of Economics and Finance*, 71, 102095 (2024); Speculative bubble tendencies in time series of Bitcoin market prices. *Cuadernos de Economía*, 41(86), 159-183 (2022). Correo-e: afernand@uach.mx

Michael Demmler. Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad de Bayreuth, Alemania. Actualmente es docente-investigador en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Querétaro. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación son: crisis financieras, finanzas conductuales y criptoactivos. Entre sus más recientes publicaciones destacan: como coautor, Explosive behavior in historic NASDAQ market prices. *The North American Journal of Economics and Finance*, 71, 102095 (2024); Diversidad de género y desempeño financiero en empresas bursátiles mexicanas. *Retos. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 13(25), 151-167 (2023); Speculative bubble tendencies in time series of Bitcoin market prices. *Cuadernos de Economía*, 41(86), 159-183 (2022). Correo-e: michael.demmler@uaq.mx