

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**CONCIENCIA AMBIENTAL Y VULNERABILIDAD PERCIBIDA: ENTENDIENDO
EL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS HOGARES**

**TESINA
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA
DANIEL JUÁREZ BAUTISTA**

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. ALEJANDRO LÓPEZ-FELDMAN

Agradecimientos

A mis padres y a mi hermano, por ser el motor que me impulsó en los momentos en los que más quería rendirme y por ser un ejemplo de determinación y compromiso social. Por confiar en mí en cada decisión que tomé y por respaldar mis sueños en las buenas y en las malas.

Al Dr. Alejandro López-Feldman por confiar en un alumno con ganas de aprender y reafirmar mi interés en la investigación ambiental. Sin duda, estos últimos dos años serán determinantes en mi trayectoria académica.

A la Dra. Luciana Moscoso por ser una voz sincera y asertiva durante mis últimos semestres en el CIDE. Por decir las cosas que necesitamos escuchar, más allá de las que queremos escuchar.

Y a mis mejores amigos, Edgar y Fernanda, por ser el mejor equipo que el CIDE me podría haber dado. Confidentes, compañeros de viajes y, de ahora en adelante, colegas.

Resumen

Utilizando datos de los hogares a nivel nacional para México, esta investigación analizó la relación entre el consumo eléctrico de los hogares, la conciencia ambiental autorreportada y la vulnerabilidad ambiental percibida. Con base en el Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA), parte de la Encuesta Nacional de Hogares (ENH) para el 2017, se generó un Índice Ponderado de Consumo de Electrodomésticos (IPCE) y se utilizó el método de *Multiple Imputations* (MI) para estimar el nivel de consumo eléctrico de los hogares que no lo reportaron por falta de recibo de luz. A partir de esto, es posible analizar los resultados del modelo utilizando los datos originales y complementando con las estimaciones. Con esto, se encuentra que los hogares podrían tener incentivos a reportar un nivel de conciencia ambiental mayor al que en realidad incorporan en su consumo. Los cambios en temperatura y precipitación parecen no estar internalizados en las decisiones de consumo a pesar de que el uso de electricidad para enfriar el hogar afecta en gran medida este consumo.

Índice

1. Introducción	1
2. Revisión de Literatura	4
3. Datos y Estrategia Empírica.....	12
3.1 Datos.....	12
3.2 Estrategia Empírica.....	16
4. Resultados	19
5. Conclusiones	25
6. Referencias	28

Lista de tablas y figuras

Ilustración 1. Proporción de la energía renovable en el consumo final total de energía	2
Ilustración 2. Mapa de la República Mexicana por Regiones Climáticas.	13
Cuadro 1. Estadística Descriptiva.....	14
Cuadro 2. Categorización de electrodomésticos.....	18
Ilustración 3. Distribución del consumo de kW al bimestre.....	19
Cuadro 3. Efecto sobre consumo de electricidad de los hogares.....	21

1. Introducción

La situación ambiental en el mundo ha cobrado gran relevancia durante las últimas décadas debido a los efectos, cada vez más visibles, del cambio climático y otras dinámicas ambientales. La creciente presencia de industrias, como la eléctrica, ha motivado los efectos locales presentes alrededor de plantas, fabricas y otros centros de producción. De esta manera, la dinámica entre hogares, producción y medio ambiente es de interés para entender las maneras en la que la actividad económica impacta en el ambiente y viceversa. Cada año aumenta la presencia e intensidad de eventos naturales como el derretimiento de los polos, sequías, inundaciones y tormentas.¹ Con lo anterior en mente, la búsqueda por alternativas de consumo para reducir el impacto ambiental que tenemos como sociedad ha sido una prioridad para la agenda política y social a nivel mundial.

Así, las investigaciones enfocadas a entender los efectos del cambio climático en el corto, mediano y largo plazo han observado mayor difusión e interés del público. Durante los últimos años, el gobierno, mediante políticas públicas y programas, ha buscado concientizar a hogares y empresas en torno al consumo y producción. Un ejemplo de estos esfuerzos en el sector privado es el Programa de Turismo Sustentable en México que busca proteger las áreas naturales turísticas en el país y regular los servicios de hospedaje con el fin de cumplir los requisitos de desempeño ambiental.² En el caso de los hogares, existe el ejemplo del Mercado de Trueque para fomentar el reciclaje y el consumo local mediante el canje de residuos inorgánicos por puntos para adquirir productos agrícolas.³

Es importante mencionar que la mayoría de estos esfuerzos sigue los objetivos establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la Agenda 2030. De manera específica, el Objetivo 7 busca promover el uso de energía asequible y no contaminante. Lo anterior, puesto que la energía es el factor que más contribuye al cambio climático a nivel mundial con el 60% de todas las emisiones.⁴ Cabe destacar que, dentro de estas emisiones

¹ “The Effects of Climate Change,” Global Climate Change: Vital Signs of the Planet, NASA, agosto 2020, <https://climate.nasa.gov/effects/>.

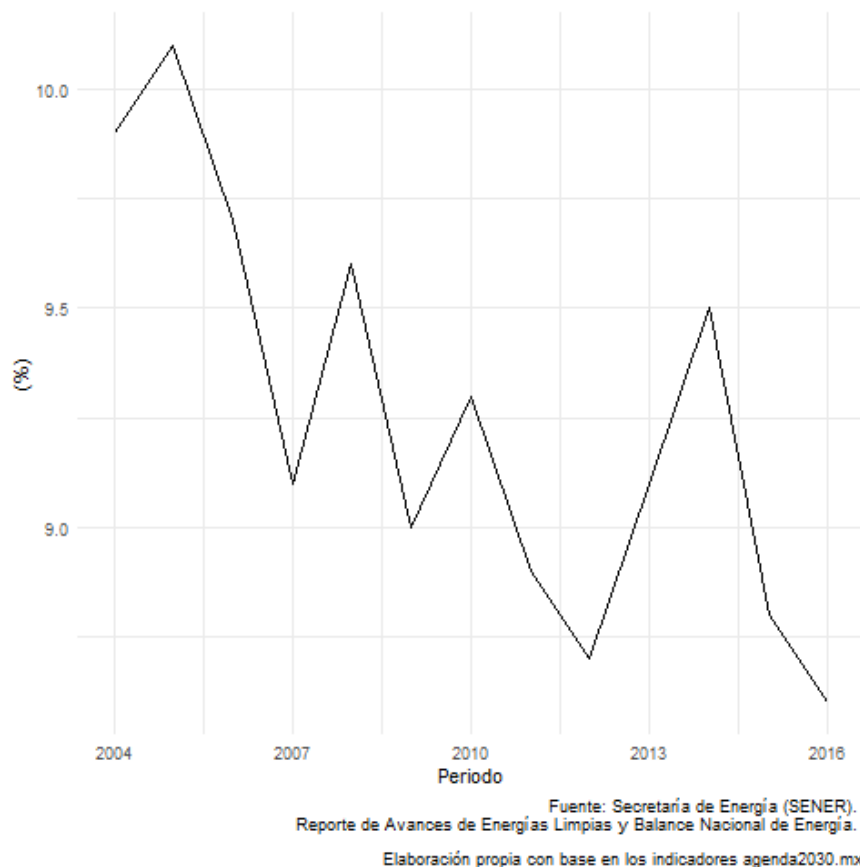
² “Turismo sustentable en México,” Fomento Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, octubre 2017, <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/turismo-sustentable-116615>.

³ “Mercado de Trueque,” Programas, Secretaria del Medio Ambiente, <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/mercado-de-trueque>

⁴ “Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna,” Objetivos de Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

atribuidas a la energía, casi un tercio proviene de los hogares.⁵ Sin embargo, en México, el uso de energía renovable enfrenta una tendencia de consumo negativa relativa al consumo total de energía (Ver Ilustración 1). Así, la proporción de energía renovable en el consumo final total de energía pasó de aproximadamente 10% en 2004 a casi 8.5% en 2016.

Ilustración 1. Proporción de la energía renovable en el consumo final total de energía



Considerando lo anterior, es evidente la importancia de analizar los patrones de consumo de los hogares en materia de energía. De manera específica, a partir de la creciente promoción del cuidado ambiental, es relevante analizar si la opinión ambiental de los hogares, entendida como conciencia ambiental, y la vulnerabilidad percibida afectan el nivel de consumo de electricidad de los hogares. Lo anterior permite entender en qué medida los hogares internalizan en su consumo los efectos en el medio ambiente.

En primer lugar, es necesario entender la estructura de la provisión de electricidad en México. En este sentido, a partir de 2009, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) brinda el

⁵ “Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles,” Objetivos de Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

servicio tras la desaparición de la paraestatal Luz y Fuerza del Centro (LyFC). A partir de la instauración de CFE a nivel nacional, tienen una cobertura de más del 94.7% en toda la República Mexicana.⁶ Este servicio se distribuye a través de una red nacional a la que cada hogar está conectado. Cada conexión cuenta con un medidor que reporta el consumo de kilowatts (kW) de forma bimestral y asigna un cobro acorde a distintas tarifas.

En este sentido, entender la manera en la que la conciencia ambiental y la vulnerabilidad percibida del hogar afectan las decisiones del consumo podría ser de utilidad para el desarrollo de políticas públicas que generen incentivos para que los hogares reduzcan su impacto ambiental. Aunque es evidente que la reducción de los efectos ambientales negativos de la industria eléctrica debe provenir tanto de la oferta como de la demanda, esta investigación utiliza datos a nivel hogar para entender la demanda de electricidad.

A partir de datos recabados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a través del Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) durante el 2017, esta investigación busca aportar a la investigación sobre la manera en la que la opinión y la percepción del cambio climático afectan el consumo eléctrico en los hogares y las estrategias para reducir el impacto ambiental de este. A partir de la introducción, el texto se divide en cuatro secciones. En primer lugar, se presenta la revisión de literatura respecto al consumo energético de los hogares, la conciencia y vulnerabilidad ambiental percibida de los hogares, y la relación entre consumo de los hogares y medio ambiente. En segundo lugar, se describen los datos y la metodología de investigación. La tercera sección abarca el análisis de resultados. Finalmente, la cuarta sección discute las implicaciones de los resultados más relevantes.

⁶ “Acerca de CFE,” Quiénes Somos, Comisión Federal de Electricidad (CFE), <https://www.cfe.mx/acercacfe/Quienes%20somos/Pages/historia.aspx>.

2. Revisión de Literatura

El análisis del consumo eléctrico es un tema que ha sido tratado por distintas investigaciones desde distintos enfoques. Desde el análisis neuronal de las decisiones del consumidor y su conciencia ambiental, hasta el impacto macroeconómico y ambiental que este consumo podría tener. En cuanto a la relevancia de analizar la conciencia ambiental, Lin & Angela (2012) analizaron el consumo de productos amigables con el medio ambiente a través del nivel de conciencia ambiental reportado por los individuos. Encuentran que, en general, los productos “verdes” son vistos como menos efectivos que su versión tradicional por lo que la conciencia ambiental está fuertemente vinculada a su consumo. No obstante, al aumentar la efectividad percibida de estos productos “verdes”, la dependencia del consumo y la conciencia ambiental disminuye.

Así, a partir de la creciente preocupación por el medio ambiente, durante los últimos años ha habido una discusión más activa sobre estrategias para reducir el impacto negativo de la humanidad en el medio ambiente. Desde el sector productivo hasta el consumo, hay un sentido de conciencia social creciente respecto a los patrones de consumo, producción y explotación de recursos. No obstante, a nivel hogar, esto representa un reto pues factores como desigualdad e ingreso son un determinante en la capacidad de los hogares para reducir el consumo o sustituir este por uno más amigable con el medio ambiente. Además, puede existir el caso de los hogares que no internalicen

En el caso del sector eléctrico, existen sustitutos como la energía eólica o solar; sin embargo, estos no son tan eficientes como la electricidad por lo que migrar a estos sustitutos necesitaría de una mayor red de producción. Particularmente en México, Ramos-Gutiérrez y Montenegro-Fragoso (2007) explican que la alta densidad poblacional es una barrera importante para la implementación de energías renovables pues se requiere de una gran capacidad de generación para llegar a todos los hogares mexicanos. En este sentido, Painuly (2001) presenta las principales barreras económicas, institucionales y sociales respecto a la adopción de energías sustentables para complementar a la red eléctrica y reducir la presión ambiental. Encuentran que, en el aspecto social, una de las principales barreras es la confianza en los nuevos sistemas; en caso de que el hogar busque invertir en un sistema de energía alternativa, se enfrenta a un periodo de retorno a la inversión prolongado, lo que lo hace inaccesible para algunos hogares.

En el sector eléctrico, existen iniciativas enfocadas a concientizar a los hogares en la reducción de su impacto ambiental. De esta manera, los esfuerzos internacionales buscan que los hogares realicen un consumo eléctrico eficiente, más allá de los esfuerzos gubernamentales que existan para cada país en materia de inversión en energía renovable y eficiencia de electrodomésticos. Una de estas iniciativas es la “La hora del planeta” que busca apagar las luces en todos los hogares durante una hora en un día al año. Más que buscar reducir en gran medida el uso eléctrico con una sola noche, se busca concientizar a los hogares para reducir el consumo eléctrico durante el resto del año. Olexsak & Meier (2014) encuentran que el aumento en popularidad de este programa a partir de 2007 ha generado, en promedio, una reducción de 4% en la demanda de energía eléctrica durante esta hora.

Para internalizar el daño ambiental en el consumo de los hogares, Spangenberg & Lorek (2002) dividen este consumo en campos y los clasifican acorde a prioridad, daño ambiental y esfera de influencia de otros consumos. Destacan que el consumo destinado al mantenimiento del hogar (uso de luz, calefacción) es uno de los más grandes, con mayor impacto ambiental y menor esfera de influencia; así, reducir este podría tener un impacto significativo en el impacto ambiental del hogar y un menor nivel de distorsión a la utilidad de los hogares. A partir de esto, los estudios enfocados en el consumo eléctrico son una herramienta idónea para respaldar políticas públicas que reduzcan el daño ambiental sin afectar el bienestar de las familias. En este sentido, la labor está en ubicar los campos del consumo con mayor impacto ambiental y menor esfera de influencia de otro tipo de consumo.

Dentro de estos estudios, destacan los que integran impacto o conciencia ambiental de los hogares para explicar este consumo. Por un lado, Azadeh, Narimani & Nazari (2015) analizan si la conciencia ambiental que tienen los miembros del hogar es indicativa de su nivel de consumo eléctrico. En este estudio, utilizan un enfoque neuronal para realizar pruebas a los individuos que reflejen su postura ambiental. Por otro lado, Xiang-Li (2018) y Zhang et al. (2020) analizan los cambios en patrones de consumo durante el año debido a shocks ambientales en Singapur y China, respectivamente. Estas investigaciones aprovechan datos panel para analizar cambios en el consumo de los hogares ante shocks ambientales temporales. Gracias a estas investigaciones es posible analizar los efectos a corto y mediano plazo del cambio climático y analizar la vulnerabilidad y estrategias de adaptación de los hogares considerando el largo plazo.

El análisis de la conciencia ambiental resulta de interés para entender la manera en la que los hogares incorporan la moral y la responsabilidad social en su consumo. En este sentido, Bénabou & Tirole (2011) desarrollan un modelo para analizar el impacto que la identidad, moral y los tabús afectan las decisiones de los individuos y, por ende, su utilidad. Encuentran que los tabús y la inversión en identidad pueden ser motores eficientes para que los individuos tomen decisiones contemplando el valor de largo plazo de los bienes. En términos ambientales, esto es de relevancia pues, para alcanzar niveles de consumo eficiente, es necesario que los hogares internalicen el impacto ambiental de sus decisiones tanto en el corto como en el largo plazo. Además, esta búsqueda por validación social en términos morales puede ser de interés para comparar la conducta de los hogares. Esto podría llevar a los hogares a buscar señalar un grado de conciencia ambiental mayor al que realmente tienen.

Además de los factores de conciencia ambiental, las decisiones de consumo también pueden verse afectadas por factores ambientales regionales, como temperatura y precipitación. Estos dividen el territorio por distintas características. Considerando lo anterior, es útil integrar al análisis la división por regiones, acorde a distintas características. De esta manera, Smil (2007) analiza el caso de Japón y su pérdida de estatus de promesa energética mundial a finales del siglo XX, esto debido a los cambios que sufrió el mercado del petróleo. Utiliza variables macroeconómicas para analizar el impacto en inversión en energía alterna, patrones de consumo de los hogares y decisiones de compra de electrodomésticos, diferenciando por regiones acorde al grado de industrialización y dependencia a la red eléctrica. De esta manera, se encuentra que no solo ha aumentado la demanda por electrodomésticos y, en consecuencia, de electricidad; sino que la falta de inversión en el campo de energías alternas que permita satisfacer la creciente demanda y reducir la dependencia de las energías convencionales aumenta la vulnerabilidad económica de los países frente a crisis mundiales.

Con lo anterior en mente, resulta imperativo que los hacedores de políticas públicas entiendan la manera en la que las familias internalizan su impacto ambiental. Así, Tang (2010) muestra los sistemas de incentivos mediante los cuales las familias pueden comprar electrodomésticos con un impacto ambiental reducido. Esto último permite establecer mecanismos que beneficien al medio ambiente, sin afectar a los hogares, a partir del consumo, producción y conciencia ambiental.

Además del campo de la economía ambiental, los estudios sobre el consumo eléctrico han buscado abarcar variables que ayuden a entender el impacto que tiene el consumo de los hogares en una variedad de sectores. En primer lugar, Brandon & Lewis (1999) utilizan un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo, enfocándose en características sociodemográficas de los hogares, como nivel de ingreso y tamaño de la localidad, además de actitud hacia el consumo y retroalimentación sobre el mismo para monitorear el consumo de distintos hogares durante nueve meses. Concluyen que las características sociodemográficas explican el consumo histórico de los hogares; sin embargo, la actitud hacia el consumo y la retroalimentación explican la mayor parte de los cambios durante el periodo de estudio.

En segundo lugar, Dianshu, Sovacool & Minh (2010) utilizan un cuestionario para analizar la opinión de hogares en China sobre acciones en concreto para promover un consumo eléctrico eficiente. Destacan que muchos hogares tienen opiniones favorables en cuanto a realizar acciones para hacer más eficiente el consumo eléctrico; sin embargo, existen barreras que evitan que estas acciones sean realizadas. En primer lugar, gran parte de los usuarios no muestra interés por su recibo de luz, la tarifa que tienen o los cambios en el mercado eléctrico en general. En segundo lugar, los precios iniciales de los equipos con bajo consumo eléctrico son más elevados que el promedio del resto de electrodomésticos de la misma categoría. Por último, encuentran que los programas y políticas gubernamentales no tienen el alcance ni la orientación adecuadas; ejemplo de esto es que el programa de etiquetado y monitoreo de nuevos electrodomésticos no cumple con los estándares de consumo eficiente y, por lo tanto, no tiene la confianza de los consumidores.

Otro último tipo de variable que se ha utilizado para analizar el consumo eléctrico de los hogares es la tenencia de electrodomésticos. En este sentido, Tewathia (2014) analiza el consumo de los hogares en Delhi mediante un cuestionario. Encuentra que la mayor parte de variación del consumo eléctrico proviene de la cantidad de electrodomésticos que existan en el hogar. Analiza los patrones de cambio de temperatura para observar el cambio en consumo de electrodomésticos destinados a la regulación de la temperatura dentro del hogar. Sobre esto, existen distintas estrategias para incorporar los electrodomésticos que tienen los hogares al análisis; una de ellas es la creación de un Índice Ponderado de Consumo de Electrodomésticos (IPCE) propuesta por Escoto & Sánchez (2019) para el caso de México. De esta manera, es

posible colapsar la información de distintos electrodomésticos en categorías y, con estas, generar un solo índice que capture la variación en equipos electrónicos en el hogar.

A partir del uso de las distintas variables discutidas anteriormente, se ha logrado entender los mecanismos demográficos, cualitativos y de consumo que determinan el consumo eléctrico de los hogares. No obstante, también es necesario incorporar otras fuentes de energía que podrían tener algún grado de sustituibilidad con la electricidad; en este sentido, la principal opción para los hogares es el gas natural. Wijayatunga & Attalage (2005) enfocan su análisis en la energía utilizada para cocinar. A través de un análisis de escenarios, examinan distintas condiciones tecno-económicas de migración entre biomasa, keroseno y gas o uso efectivo de la madera. Encuentran que los hogares en entornos rurales utilizan, en promedio, gas en lugar de electricidad; mientras que para los hogares en entornos urbanos sucede lo contrario.

Además de la relación entre uso de gas o electricidad y el entorno del hogar, Brounen, Kok & Quigley (2012) comparan la fuente de energía con las características de la vivienda y de los miembros del hogar de 300 mil hogares holandeses. A través de un modelo de regresión lineal con el consumo de electricidad y de gas como sus variables dependientes encuentran que las características estructurales de la vivienda; es decir, material de piso, techo y paredes, tiempo de construcción, etc., determinan en mayor medida el consumo de gas que el de electricidad. Además, las características de los integrantes del hogar, como número de habitantes, edad de estos o ingreso, son principales determinantes del consumo de electricidad.

Considerando lo anterior, Hancevic & Navajas (2015) realizan un análisis por cuantiles de los hogares en Buenos Aires, Argentina y el conurbado con variables sociodemográficas, de consumo y de opinión para explorar los principales determinantes del consumo eléctrico y estrategias para promover un consumo más eficiente. Encuentran que las familias que habitan departamentos, a diferencia de las que habitan casas, son más eficientes con su consumo. Además, encuentran una relación entre el acceso al gas natural y el consumo eficiente de electricidad; en este sentido, recomiendan que los esfuerzos en busca de un consumo eléctrico eficiente se dirijan a los hogares que no tienen acceso a gas natural. Por último, encuentran que los equipos de aire acondicionado son relevantes dentro del consumo eléctrico de los hogares.

A partir del análisis del impacto de estas variables, es evidente que el consumo eléctrico de los hogares tiene determinantes con un valor en el agregado. Para continuar con la discusión, Ghosh (2002) examina la causalidad de Granger para series de tiempo de 1951-51 a 1996-97

utilizando datos del PIB de India. De esta manera, observa efectos unidireccionales de crecimiento económico al consumo de electricidad sin efecto de retroalimentación. Esto implica que las políticas enfocadas a promover un consumo eficiente de la electricidad pueden implementarse sin esperar efectos económicos a nivel agregado. Además, estos resultados destacan que, en algunos casos, los esfuerzos por reducir el impacto ambiental de nuestras decisiones de consumo no implican efectos negativos en la economía.

Además del caso de India, Smil (2007) estudia el caso de Japón y la senda de crecimiento de PIB contra la tendencia de consumo de energía durante el periodo 1970-2005. Destaca las tendencias de crecimiento económico e innovación tecnológica que ocurrieron a partir de finales de la década de 1990 y el impacto que tuvo en la composición de los hogares. La adquisición masiva de electrodomésticos, principalmente para lavar y enfriar el hogar, impulsó la economía del país y permitió mejorar el nivel de vida de la población; esto después de enfrentar un periodo de estancamiento económico durante 1970-1980.

Con lo anterior en mente, Payne (2010) recolecta la literatura sobre la relación entre consumo eléctrico y crecimiento económico existente hasta la fecha. Con esto, discute los distintos métodos utilizados para analizar las series de tiempo y las principales conclusiones que alcanzan por países y metodología. Encuentra que las investigaciones no llegan a un consenso y están divididas entre cuatro hipótesis principales: neutralidad (no hay efecto), conservación (hay efecto unidireccional de crecimiento económico a consumo eléctrico), crecimiento (efecto unidireccional contrario a conservación) y retroalimentación (relación interdependiente entre consumo eléctrico y crecimiento económico).

Al entender que las decisiones de consumo eléctrico del hogar pueden tener efectos en el agregado y en el medio ambiente, las investigaciones se han dedicado a establecer incentivos y programas que promuevan un consumo eficiente por parte de los hogares. Uno de los principales componentes analizados por economistas es la elasticidad del consumo, esta se puede medir con el ingreso o el nivel de precios. En este sentido, Romero-Jordán, Peñasco & Del Río (2014) estudian el consumo de los hogares en España en el periodo 1998-2009 y, mediante la elasticidad precio y la elasticidad ingreso, que el consumo de los hogares es más sensible a cambios en el ingreso que a cambios en el nivel de precios. Además, encuentran que el consumo es ligeramente menos inelástico en el largo plazo que en el corto. En la misma línea que esta investigación, Cruz & Durán (2015) analizan el caso de las familias mexicanas

promedio (cuatro miembros). En este caso, utilizan datos a nivel hogar para el año 2012. De la misma manera, encuentra que la demanda de electricidad en México es inelástica respecto al ingreso. Con estos resultados, es posible suponer que las políticas públicas orientadas a promover un consumo eléctrico eficiente no deben estar orientadas al nivel de precios.

Además de la elasticidad del consumo, hay otros mecanismos mediante los cuales se puede regular el consumo eléctrico de los hogares. Tal es el caso de la retroalimentación al consumo que analiza Fischer (2008) donde desarrolla un modelo psicológico para entender el impacto de la retroalimentación al consumo según frecuencia, duración, contenido y forma de presentación. Así, encuentra que, si la retroalimentación es frecuente y presenta una explicación detallada por tipo de electrodoméstico, puede tener un efecto positivo en el control y reducción del consumo de los hogares. Con esto en mente, es posible generar estrategias de control de consumo por parte de los consumidores para que entiendan de mejor manera la información contenida en los recibos de luz y, por consiguiente, promover un consumo eléctrico más eficiente.

Un último mecanismo para regular el consumo puede venir de la misma tecnología. Con esto en mente, De Almeida et al. (2011) plantean que la innovación tecnológica puede ser una herramienta que apoye en la reducción del impacto ambiental del consumo energético de los hogares. Así, realizan una campaña de monitoreo energético en doce países de la Unión Europea y encuentran que los electrodomésticos destinados al entretenimiento y a las Tecnologías de la Información (TI) son factores clave de la demanda energética. Además, existe una relación entre el consumo de electrodomésticos asociados a conductas responsables (ejercicio, alimentación, educación, etc.) con un consumo energético eficiente. Estiman que el potencial de ahorro de energía para la región es de 48%.

Además de regular el consumo eléctrico, puede existir el objetivo de pronosticarlo con el fin de generar estrategias a futuro o estimar la relación que tiene el consumo con otros fenómenos. Sobre esto, De Rezende, et al. (2006) realizan un análisis espacial para entender la relación entre consumo eléctrico, nivel socioeconómico y nivel de ingreso en hogares de Brasil. A partir de esto, generan un modelo espacial autorregresivo para predecir el consumo eléctrico. Esta estrategia de identificación podría resultar de principal interés para las empresas que provean el servicio de electricidad pues permite entender el comportamiento de los consumidores y, si existen los incentivos correctos, producir de manera más competitiva. Este

caso no resulta tan atractivo para México pues, hasta la fecha, el servicio está a cargo del Estado y no hay más empresas compitiendo.

Por último, también es posible utilizar el consumo eléctrico como una medida de sensibilidad al medio ambiente; esto es de especial relevancia en entornos en los que la demanda de equipos de aire acondicionado es elevada. Así, Beccali et al. (2008) desarrollan un modelo de *Machine Learning* con datos de hogares en Italia para analizar la respuesta de los hogares a shocks ambientales en el corto plazo. De esta manera, es posible procesar grandes cantidades de datos y entender de mejor manera los procesos de adaptación y aprendizaje de los hogares frente al cambio climático.

A partir de estas investigaciones es posible entender la manera en la que el consumo de electricidad se relaciona con el resto de consumo del hogar, como el gas natural. Además, resalta que este consumo puede verse afectado por shocks ambientales y, así, el cambio climático resulta en un fenómeno que podría tener un impacto en el bienestar de los hogares y la forma en la que establecen su consumo. Esta serie de efectos, además de tener un impacto en los hogares, también puede tener implicaciones a nivel macroeconómico por lo que las herramientas de política pública podrían ser útiles para regular el consumo de los hogares y promover un consumo eléctrico eficiente.

Es importante resaltar que, a pesar de la amplia literatura respecto al consumo eléctrico de los hogares y del evidente creciente interés por analizar la relación entre los hogares y medio ambiente, estas investigaciones están centradas especialmente en Asia. Es necesario trasladar este tipo de investigaciones a otros países y regiones, en especial a aquellos que contribuyen en mayor medida con la contaminación derivada del consumo eléctrico. En este grupo, México ocupa el 11° lugar a nivel mundial consumiendo el 22% de la electricidad que se consume en América Latina.⁷

⁷ “Consumo nacional de electricidad” Electricidad: Anuario estadístico mundial de energía 2020, Enerdata, consultado el 6 de octubre de 2020, <https://datos.enerdata.net/electricidad/datos-consumo-electricidad-hogar.html>

3. Datos y Estrategia Empírica

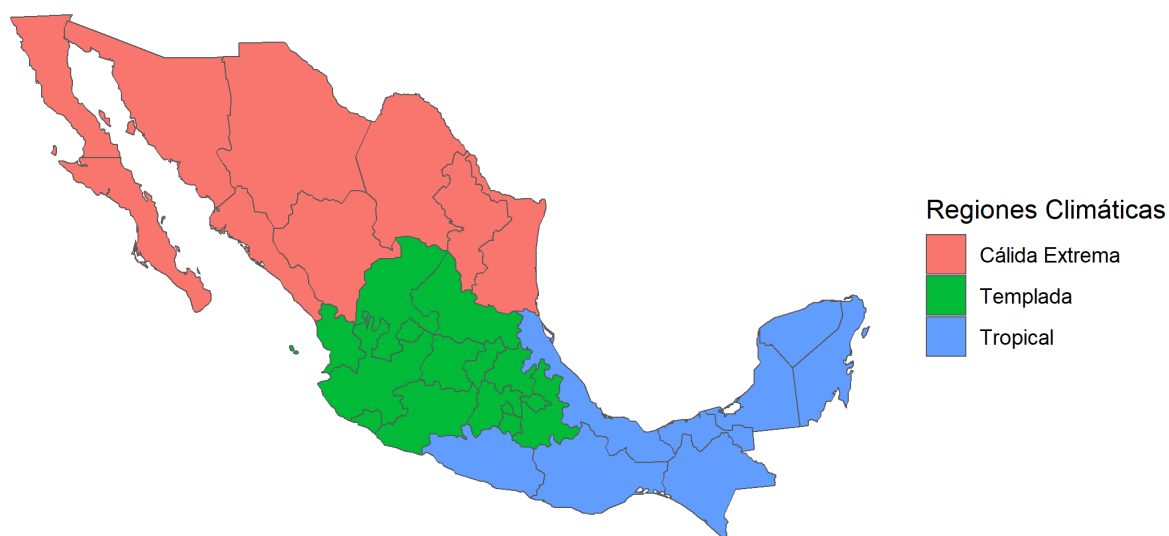
3.1 Datos

Esta investigación aprovecha los datos del Modulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) de 2017. Estos datos son parte de la Encuesta Nacional de Hogares (ENH) del mismo año realizada por el INEGI. La ENH fue aplicada a nivel nacional en México a 64 mil viviendas durante el segundo trimestre del 2017; de estos hogares, casi el 25% contestó el MOHOMA junto con la ENH. Este módulo incorpora preguntas respecto a la provisión y cuidado de agua y energía, manejo de residuos, movilidad, pautas de consumo, opinión y disponibilidad de alternativas ambientales y percepción del cambio climático. De esta manera, no solo contiene información respecto a los niveles de consumo de los hogares, sino también es posible incorporar el margen de vulnerabilidad percibida y opinión de los hogares al estudio del consumo eléctrico. Cabe destacar que la MOHOMA cuenta con datos significativos a nivel nacional, no así a nivel estatal o con menor agregación.

A partir de esto, es posible diferenciar tres grupos de variables. En primer lugar, se incorporan las características del hogar con datos respecto a los miembros del hogar e información demográfica sobre la vivienda. En segundo lugar, incluye los datos sobre las decisiones de consumo de los hogares y la tenencia de electrodomésticos. A partir de este último es posible categorizar cada electrodoméstico y generar un Índice Ponderado de Consumo de Electrodomésticos (IPCE) mediante un análisis de componentes principales (PCA). El criterio para clasificar los electrodomésticos es recuperado de Escoto & Sánchez (2019), así se tienen cuatro categorías: entretenimiento, temperatura, lavar y misceláneo. Por último, se seleccionan variables sobre opinión y vulnerabilidad percibida frente a factores ambientales. Este último grupo concentra las variables de interés para este análisis.

En el primer grupo de variables es posible encontrar una variable dicotómica que hace referencia a si el hogar se ubica en un entorno urbano. variables categóricas sobre el tamaño de la localidad, el estrato socioeconómico del hogar y el régimen de tenencia de la vivienda; por último, hay variables de conteo sobre el número de integrantes y habitaciones en el hogar. A partir de la división territorial de análisis establecida en la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018, los datos también son controlados por región climática (Ver Ilustración 2).

Ilustración 2. Mapa de la República Mexicana por Regiones Climáticas.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018

En el segundo grupo de variables se encuentran variables indicando los distintos usos que el hogar da a la energía eléctrica (cocinar y enfriar el hogar), la cantidad de focos ahorradores e incandescentes que tiene el hogar, la tenencia de electrodomésticos colapsada al IPCE y una variable indicadora de si el hogar cuenta con electrónicos de bajo consumo. En el último grupo, por un lado, hay cinco variables respecto a la opinión de los hogares sobre algunas acciones concretas para regular su consumo de electricidad; pagar más por el servicio, apagar luces, desconectar aparatos, comprar aparatos eficientes y revisar el recibo de luz. Por otro lado, hay dos preguntas sobre la vulnerabilidad ambiental percibida por el hogar; específicamente, si ha habido una diferencia en cuanto a precipitación y temperatura en la localidad. En el Cuadro 1 se presenta la estadística descriptiva de los datos en el MOHOMA mostrando la media, desviación estándar y porcentajes, según sea el caso a nivel nacional y desagregado por regiones climáticas.

Cuadro 1. Estadística descriptiva

Variable	República Mexicana	Región Climática		
		Cálida Extrema	Templada	Tropical
Cantidad de hogares	14453	4020	6883	3550
Acceso al servicio de electricidad	99.84 %	99.67 %	99.86 %	99.97 %
Consumo de electricidad (kW bimestre)	278.47 (631.16)	386.62 (707.61)	236.66 (696.2)	244.65 (374.09)
Gasto per cápita del hogar en electricidad	138.93 (308.21)	181.14 (255.03)	108.92 (358.68)	148.89 (243.34)
Opinión respecto a...				
Pagar más por servicios de luz				
Desacuerdo	88.74 %	90.62 %	88.48 %	87.13 %
Indiferente	2.86 %	2.11 %	3.08 %	3.30 %
De acuerdo	8.39 %	7.26 %	8.44 %	9.58 %
Comprar aparatos eficientes				
Desacuerdo	8.92 %	6.89 %	8.41 %	12.20 %
Indiferente	3.56 %	2.21 %	4.04 %	4.14 %
De acuerdo	87.53 %	90.90 %	87.55 %	83.66 %
Desconectar aparatos				
Desacuerdo	1.13 %	0.85 %	0.93 %	1.86 %
Indiferente	1.24 %	0.65 %	1.44 %	1.52 %
De acuerdo	97.63 %	98.51 %	97.63 %	96.62 %
Apagar luces				
Desacuerdo	0.52 %	0.47 %	0.35 %	0.90 %
Indiferente	0.57 %	0.25 %	0.51 %	1.04 %
De acuerdo	98.91 %	99.28 %	99.14 %	98.06 %
Revisar recibo de luz				
Desacuerdo	0.82 %	0.62 %	0.52 %	1.61 %
Indiferente	2.41 %	1.22 %	2.66 %	3.27 %
De acuerdo	96.78 %	98.16 %	96.82 %	95.13 %
Percepción respecto a...				
Cambios en temperatura				
Más calurosa	81.04 %	75.20 %	83.10 %	83.66 %
No ha cambiado	11.17 %	13.38 %	10.50 %	9.94 %
Menos calurosa	7.79 %	11.42 %	6.39 %	6.39 %
Cambios en precipitación				
Más intensa	25.68 %	28.36 %	26.22 %	21.58 %
No ha cambiado	17.59 %	19.40 %	16.10 %	18.45 %
Menos intensa	56.73 %	52.24 %	57.68 %	59.97 %

Desviación estándar en paréntesis

Elaboración propia con datos del Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) 2017

Cont. Estadística descriptiva

Variable	República Mexicana	Región Climática		
		Cálida Extrema	Templada	Tropical
Integrantes del hogar	3.64 (1.82)	3.49 (1.7)	3.67 (1.81)	3.75 (1.96)
Numero de habitaciones en el hogar	3.93 (1.67)	4.04 (1.63)	4.09 (1.66)	3.48 (1.57)
Hogares en ámbito urbano	76.00 %	85.34 %	76.68 %	64.53 %
Tamaño de la localidad				
Más de 100,000 habitantes	44.44 %	60.30 %	41.44 %	32.31 %
Entre 15,000 y 99,999 habitantes	15.80 %	14.63 %	17.01 %	14.76 %
Entre 2,500 y 14,999 habitantes	15.80 %	10.42 %	18.07 %	17.46 %
Menos de 2,500 habitantes	23.97 %	14.65 %	23.48 %	35.46 %
Estrato socio-económico				
Bajo	18.02 %	7.46 %	12.90 %	39.92 %
Medio bajo	52.47 %	46.74 %	58.17 %	47.89 %
Medio alto	21.31 %	33.56 %	21 %	8 %
Alto	8.20 %	12.24 %	7.89 %	4.23 %
Tenencia de la vivienda				
Rentada	14.36 %	15.07 %	15.62 %	11 %
Prestada	17.29 %	13.81 %	18.73 %	18.45 %
Propia en pago	9.40 %	15.30 %	7.76 %	5.89 %
Propia	54.15 %	51.34 %	53.48 %	58.62 %
Intestada o en litigio	3.54 %	3.48 %	3.70 %	3.30 %
Otra situación	1.27 %	1.00 %	0.71 %	2.65 %
Hogares con electrónicos de bajo consumo	54.40 %	58.43 %	54.80 %	49.04 %
Usan electricidad para calentar agua	10.19 %	18.23 %	8.50 %	4.37 %
Usan electricidad para enfriar el hogar	53.59 %	81.52 %	32.41 %	63.04 %
Número de focos ahorradores	6.01 (5.57)	6.27 (6.05)	6.1 (5.52)	5.54 (5.05)
Número de focos incandescentes	1.22 (2.32)	1.46 (2.67)	1.29 (2.38)	0.81 (1.62)

Desviación estándar en paréntesis

Elaboración propia con datos del Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) 2017

3.2 Estrategia Empírica

El análisis está enfocado en el impacto que tiene la conciencia y la vulnerabilidad ambientales percibida de los hogares en el consumo eléctrico. Debido a la diversidad de tarifas y la falta de información completa sobre estas, es preciso enfocarse en el consumo de kW al bimestre por hogar. De esta manera, controlando por factores demográficos y consumo de los hogares, es posible analizar el cambio en consumo eléctrico debido a distintos niveles de conciencia ambiental y vulnerabilidad percibida ignorando las diferencias en tarifas.

Uno de los principales retos para este análisis surge debido a la estructura de los datos del MOHOMA. En este, los datos sobre consumo eléctrico fueron recuperados de los recibos de luz de los hogares; no obstante, algunos hogares de la muestra no contaban con recibo por lo que se desconoce su demanda exacta. Para continuar con el análisis, se utilizará el método de *Multiple Imputation* (MI) empleado por DeLeire & Kalil (2010) para completar datos de consumo en hogares.

Este método aprovecha el resto de los datos conocidos de los individuos para estimar el valor de las variables deseadas. En este caso, se estimará el consumo a través de una primera regresión utilizando variables de los primeros dos grupos. De manera específica, se estimará mediante la tenencia de electrónicos de bajo consumo, número de cuartos en el hogar, estrato socioeconómico y el IPCE. De esta manera, es posible comparar los coeficientes de los datos originales contra los datos completos utilizando MI. Esta primera regresión tiene la forma

$$\ln(kw)_{MI,i} = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + u_1$$

Donde $\ln(kw)_{MI}$ es la estimación del logaritmo del consumo de kW al bimestre. Por un lado, el vector de variables X_1 incluye datos demográficos del hogar como tamaño de la localidad, estrato socioeconómico, número de cuartos, régimen de tenencia de la vivienda, número de integrantes del hogar y un indicador si el hogar está en ámbito urbano. Por otro lado, el vector de variables X_2 incorpora datos sobre el comportamiento del consumo del hogar; es decir, si tienen electrodomésticos de bajo consumo, el uso que le dan a la electricidad (calentar agua y enfriar el hogar), la cantidad de focos ahorradores e incandescentes que tiene el hogar y la tenencia de electrodomésticos por categoría. Con esto, se aplica MI para realizar 100 simulaciones o imputaciones para los valores del consumo de kW para todos los hogares. Se realiza esta cantidad de imputaciones siguiendo la recomendación de Graham, Olchowski, &

Gilreath (2007) para buscar que esta estimación se aproxime lo más posible a la realidad. Lo anterior surge principalmente de la Ley de Grandes Números. Se limita en 100 imputaciones por cuestiones de memoria del software estadístico utilizado.

Para concentrar los datos de tenencia de electrodomésticos, es conveniente utilizar el método de Análisis de Componentes Principales (PCA) para generar un índice para cada categoría de electrodomésticos (Ver Cuadro 2). A partir de estos valores, se retoman los pesos asignados a cada categoría por Escoto & Sánchez (2019). Con base en lo establecido por Vyas & Kumaranayake (2006), utilizar la tenencia de los 25 electrodomésticos por categoría es una medida confiable para generar un IPCE pues las variables tienen un alto grado de correlación y los componentes explican más del 70% de la variación en los datos. De esta manera, tras aplicar los pesos correspondientes a cada categoría, el índice queda construido de la siguiente manera:

$$IPCE = 0.2entretenimiento + 0.3temperatura + 0.3lavar + 0.2miscelanea$$

Con este IPCE construido e integrado a la estimación por MI es posible realizar una segunda etapa en la que se comparen los resultados al utilizar los datos de consumo para los hogares que se conocen contra los resultados usando la estimación de MI. Para comparar esto, se realiza la misma regresión para los datos observados y para las estimaciones de MI. Ambas tienen la siguiente forma:

$$\ln(kw)_i = \gamma_0 + \gamma_1 X_{1i} + \gamma_2 X_{2i} + \gamma_3 X_{3i} + \epsilon_1$$

Lo que es distinto al modelo de estimación por MI es el tercer vector de variables X_3 que incorpora preguntas sobre la opinión de los hogares respecto a conductas para regular su consumo eléctrico y sobre la percepción de cambios en precipitación y temperatura en la localidad. De esta manera es posible analizar el impacto que cambios en la percepción del medio ambiente y la opinión de la propia conducta de consumo tienen sobre este.

Cuadro 2. Categorización de electrodomésticos

Electrodoméstico	Categoría
Teléfono celular	Entretenimiento
Computadora portátil	
Computadora de escritorio	
Reloj o alarma	
Reproductor de películas (DVD, Blu-Ray)	
Equipo de sonido	
Tableta	
Televisión	
Consola de videojuegos móvil	
Consola de videojuegos no móvil	
Aire acondicionado	Temperatura
Aire acondicionado (Minisplit)	
Calefactor	
Ventilador eléctrico	
Bomba de agua	Lavar
Lavadora	
Lavavajillas	
Secadora	
Congelador	Miscelánea
Microondas	
Plancha	
Plancha para el cabello	
Refrigerador	
Tenaza para el cabello	
Tostador	

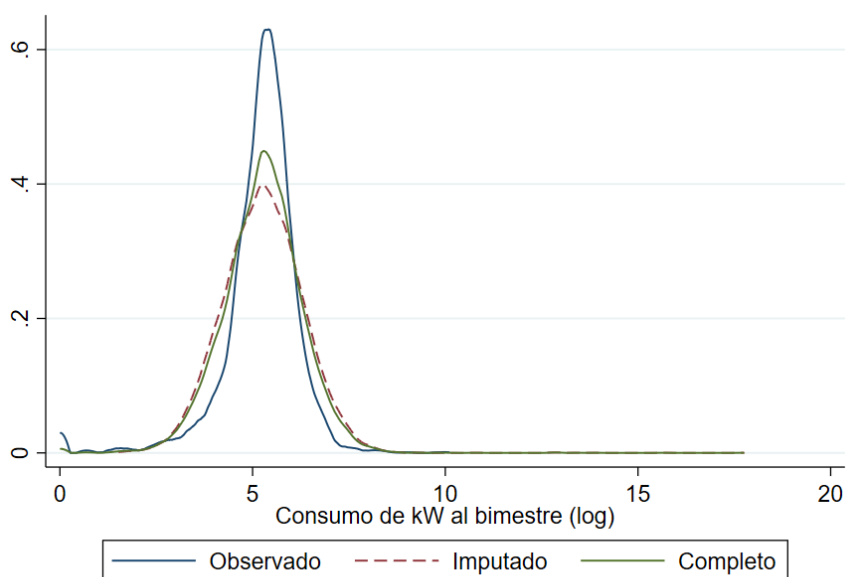
Elaboración propia basado en Escoto & Sánchez (2019)

Considerando la literatura respecto al análisis del consumo eléctrico en hogares, es de esperar que el consumo de electricidad se vea afectado en mayor medida por características como el número de integrantes. En cuanto al segundo grupo de variables, se esperaría que fuera el de mayor significancia en el análisis, esto porque analiza las tendencias de consumo de los hogares. Por último, del grupo de variables sobre opinión y vulnerabilidad percibida es de relevancia para analizar si los hogares internalizan estas preguntas en su consumo.

4. Resultados

Para la primera etapa, se generan 100 simulaciones para estimar el valor de consumo de kW al bimestre. El resultado de estas simulaciones será utilizado en la segunda etapa para comparar el mismo modelo con los datos originales contra los datos completos con las imputaciones. De esta manera, será posible analizar los principales cambios en el valor del coeficiente para las principales variables; es decir, aquellas que mantengan significancia estadística. En la Ilustración 3 se observa la distribución de la variable dependiente original y de la obtenida mediante MI. Es evidente que, aunque se mantiene la media, la distribución está más dispersa en el caso MI. La alta concentración de los datos originales en la media podría mostrar que los hogares que efectivamente reportaron su consumo de kW tienen alguna característica no observada en común que podría sesgar los resultados. Con esto, el método de MI podría relajar este sesgo y permitir obtener estimadores más precisos.

Ilustración 3. Distribución del consumo de kW al bimestre.



Elaboración propia con datos del Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) 2017

Con la especificación del modelo se obtienen los resultados mostrados en el Cuadro 3. Este cuadro se compone de dos columnas, en la primera están los coeficientes para cada variable usando los datos originales; en la segunda se encuentran los efectos de cada variable sobre la estimación del consumo de kW a través de MI. Cada grupo de variables se divide con una línea para diferenciarlos de manera más sencilla. Antes de discutir las variables de interés; es decir, aquellas sobre la opinión del hogar respecto a conductas de consumo y vulnerabilidad percibida

frente al cambio climático, resulta de utilidad describir los resultados para los otros dos grupos de variables.

En primer lugar, para el caso de las características demográficas, resulta evidente que características como el régimen de tenencia de la vivienda no son determinantes estadísticamente significativos del consumo eléctrico mientras que el número de cuartos y el número de integrantes en el hogar son significativos con un impacto aproximado de poco menos de 4% y 9%, respectivamente. Además de estas variables, el tamaño de la localidad muestra que migrar a comunidades más pequeñas tiene un impacto negativo creciente en el consumo. Esto puede deberse a características no observadas de estas localidades, como mayor consumo basado en el gas natural u otros energéticos, o a las irregularidades en la provisión del servicio de luz para las localidades más pequeñas.

En segundo lugar, observando las variables referentes a las conductas de consumo, es evidente que estos resultados son consistentes con lo encontrado en la literatura. Cabe mencionar que estas variables mantienen significancia entre la base de datos original y la estimada mediante MI. En cuanto al uso de electricidad en el hogar, en los datos originales, el destinado a enfriar el hogar aumenta en 38.8% el consumo de electricidad del hogar; mientras que el usar electricidad para calentar agua aumenta en 6.6% el nivel de consumo. Este resultado destaca pues los electrodomésticos enfocados a regular la temperatura del hogar son los que más demandan kW en el mercado. Al incorporar los datos estimados mediante MI, estas estimaciones conservan sus niveles de significancia estadística y, para el caso de la tenencia de electrodomésticos de bajo consumo y el uso de electricidad para enfriar el hogar, tienen mayor impacto en el consumo de kW del hogar.

Cabe destacar que el aumento proveniente del uso de electricidad para enfriar el hogar podría reflejar potenciales efectos de shocks climáticos de corto plazo. De esta manera, los hogares que cuenten con equipos de enfriamiento del hogar podrían aumentar el impacto ambiental de su consumo ante variaciones de la temperatura. Para verificar esta idea, sería necesario contar con datos de conducta de consumo de electrodomésticos, demanda de energía de los hogares y niveles de temperatura y precipitación históricos para hogares en México en distintos años. Desafortunadamente, la MOHOMA no cuenta con seguimiento los hogares más allá del 2017.

Cuadro 3. Efecto sobre consumo de electricidad en los hogares.

	(1) Base original	(2) MI
Pagar más por servicio de luz	-0.0841** (-3.25)	-0.0288 (-1.71)
Comprar aparatos eficientes	0.0720* (2.48)	0.0237 (1.32)
Desconectar aparatos	0.353*** (3.51)	0.116* (2.31)
Apagar luces	-0.168 (-1.08)	-0.0727 (-0.92)
Revisar recibo de luz	-0.0409 (-0.44)	-0.00229 (-0.05)
Cambio percibido en temperatura (Base: No ha cambiado)		
Más calurosa	0.0728 (1.23)	0.0194 (0.58)
Menos calurosa	0.0964 (1.24)	0.0180 (0.39)
Cambio percibido en precipitación (Base: No ha cambiado)		
Más intensa	-0.0393 (-0.76)	-0.00674 (-0.22)
Menos intensa	-0.0114 (-0.25)	0.00324 (0.12)
Tiene electrónicos de bajo consumo	0.0991** (2.80)	0.123*** (3.88)
Utiliza electricidad para calentar agua	0.0667 (1.32)	0.0590 (1.13)
Utiliza electricidad para enfriar el hogar	0.388*** (10.47)	0.404*** (10.72)
Número de focos ahorradores	0.0211** (2.77)	0.0182*** (4.01)
Número de focos incandescente	0.0213* (2.23)	0.0202* (2.43)
IPCE	0.0133*** (3.96)	0.0161*** (3.64)
Observaciones	3096	14453

Estadístico t en paréntesis

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Elaboración propia con datos del Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) 2017

Cont. Efecto sobre consumo de electricidad en los hogares.

	(1) Base original	(2) MI
Región Climática (Base: Cálida Extrema)		
Templada	-0.232*** (-5.41)	-0.214*** (-5.62)
Tropical	-0.290*** (-6.03)	-0.249*** (-5.19)
Tamaño de la localidad (Base: Más de 100,000 habitantes)		
Entre 15,000 y 99,999 habitantes	-0.138** (-3.03)	-0.137** (-2.99)
Entre 2,500 y 14,999 habitantes	-0.227*** (-4.42)	-0.226*** (-4.41)
Menos de 2,500 habitantes	-0.313*** (-6.88)	-0.316*** (-7.12)
Número de cuartos	0.0388* (2.54)	0.0396** (3.11)
Régimen de tenencia de la vivienda (Base: Rentada)		
Prestada	0.144* (2.31)	0.129 (1.86)
Propia en pago	0.0504 (0.79)	0.0707 (0.92)
Propia	0.0994* (1.99)	0.108 (1.67)
Intestada o en litigio	0.0193 (0.18)	0.0298 (0.30)
Otra situación	0.265* (2.04)	0.168 (1.23)
Número de integrantes del hogar	0.0875*** (9.61)	0.0919*** (11.15)
Constante	3.989*** (9.80)	4.345*** (19.10)
Observaciones	3096	14453

Estadístico t en paréntesis

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Elaboración propia con datos del Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) 2017

En cuanto al uso de focos ahorradores o incandescentes, es evidente que estos últimos tienen un mayor efecto en el consumo de kW, lo cual es coherente con la literatura y con lo que esperaba encontrarse. El efecto de los focos ahorradores resulta en una de las estrategias más sencillas de implementar para promover un consumo eléctrico eficiente. Lo anterior debido a que no hay gran variación entre los niveles de precio de ambos tipos de focos. Así, la iluminación del hogar puede ser uno de los principales sectores en los que dirigir las estrategias para hacer más eficiente el consumo de los hogares. Esto implica que los hogares más grandes y, por consecuencia, con más focos, tienen el mayor potencial de aumento de eficiencia del consumo.

Además, un aumento de posición en el IPCE (que tiene valores entre 0-1) provoca un aumento aproximado de 18% en la demanda de kW. Al contrastar este dato contra los pesos asignados a cada categoría de electrodomésticos, es evidente el impacto al consumo que puede tener la adquisición de electrodomésticos en el hogar. Considerando los resultados de Tewathia (2014), es posible argumentar que la implementación del IPCE es un instrumento útil para analizar de forma más eficiente la alta varianza en los datos de consumo de electrodomésticos. A pesar de esto, es posible mejorar la precisión del IPCE mediante la incorporación de más datos sobre los electrodomésticos en el hogar; en este sentido, conocer la antigüedad, modelo, demanda específica de kW y si es un electrodoméstico de bajo consumo podría resultar en un índice más preciso.

Considerando lo anterior, al analizar los resultados para las variables de interés, resulta interesante observar que, de manera general, no parecen afectar el consumo de los hogares. Esto podría ofrecer evidencia a favor de que los hogares en México no incorporan las opiniones reportadas en su decisión de consumo. Lo anterior puede ser producto de sesgos al realizar las preguntas. De esta manera, los individuos reflejan una mayor conciencia ambiental de la que en realidad tienen. Lo anterior no permite decir nada sobre el impacto de shocks de corto plazo en el consumo, pues el MOHOMA solo fue levantado en 2017. Serían necesarios datos de la evolución del consumo a través del tiempo para observar el impacto de variaciones en temperatura y precipitación en el consumo. No obstante, es probable que la temperatura tenga un impacto considerable, siendo que la energía destinada a enfriar el hogar tiene un impacto considerable en el consumo.

Analizando de manera más detallada las preguntas sobre la opinión de los hogares, resulta interesante el caso de pagar más por el servicio de luz. En este caso, hay un efecto negativo que podría indicar que las personas que están de acuerdo con pagar más por este servicio son más conscientes de su consumo por lo que internalizan esta opinión. Para el resto de las preguntas no es posible rechazar la hipótesis de que sean iguales a cero; lo anterior podría ser evidencia de que son preguntas que no representan el consumo de los hogares o no son opiniones internalizadas en el consumo. Así, estas respuestas podrían evidenciar que los hogares tienen incentivos a mostrar una conciencia ambiental mayor a la que realmente tienen e implementan en sus hogares. Para analizar esto, sería de utilidad contar con datos sobre el consumo de los hogares a través del tiempo y analizar cambios en el consumo observando shocks ambientales o cambios en la composición de los electrodomésticos del hogar.

Además de estos sesgos en las preguntas autoreportadas, también es posible que la retroalimentación a partir del recibo de luz sea confusa y no atractiva para los consumidores. En este sentido, suponiendo que se cumple lo encontrado por Romero-Jordán, Peñasco & Del Río (2014), podría mostrar que al ser el precio o gasto en electricidad el único componente de retroalimentación al consumo en los recibos bimestrales, no tiene gran impacto en el consumo. Sin embargo, el permitir que el consumidor entienda su consumo de manera más atractiva según lo recomendado por Fischer (2008); es decir, desglosar el consumo de manera interactiva por tipo de electrodoméstico y otras características del hogar, podría ser una herramienta efectiva en la promoción de consumo eléctrico eficiente.

A partir de lo anterior, es evidente que los hogares reportan niveles de conciencia y vulnerabilidad ambiental que podrían no corresponder con la realidad. Esto demuestra la importancia de implementar métodos o estrategias en las encuestas que permitan que los individuos revelen sus verdaderas opiniones y, así, obtener datos más precisos. Otra herramienta para entender de mejor manera la relación entre el medio ambiente y los hogares es realizar estas encuestas a través de los años para analizar la respuesta en el consumo de los hogares frente a shocks ambientales de corto plazo.

5. Conclusiones

Esta investigación utilizó los datos del MOHOMA del INEGI, levantado en 2017, para analizar el impacto de la conciencia y la vulnerabilidad ambiental percibida en el consumo eléctrico de los hogares en la República Mexicana. Este análisis estuvo centrado en variables sobre la opinión de los hogares respecto a acciones concretas para tener un consumo eléctrico más eficiente y en la percepción de cambio en precipitación y temperatura para las distintas localidades. Además de estas variables, se utilizaron las características demográficas del hogar y las tendencias de consumo de electrónicos de los hogares como control en el análisis.

Las principales contribuciones de este estudio fueron la implementación del IPCE como alternativa para incorporar la tenencia de electrodomésticos al análisis. Aprovechando el método de PCA fue posible desarrollar un índice por categoría de electrodomésticos y ponderarlo por la demanda de kW que tienen en los hogares; esto último retomado de la literatura sobre el caso mexicano. El IPCE como instrumento de análisis tuvo un efecto positivo y significativo en el análisis de la demanda de electricidad en los hogares. Esta estrategia resulta de utilidad para evitar incorporar cada electrodoméstico por separado y, así, reducir la varianza que hay en los hogares sobre la tenencia de electrodomésticos.

Uno de los principales retos para esta investigación fue la falta de información precisa sobre el consumo de kW en los hogares. Para aliviar esta situación, se utilizó una regresión lineal mediante el método de *Multiple Imputation (MI)* para estimar el consumo eléctrico de los hogares para los que no se reportó originalmente. Esta estimación del nivel de consumo de los hogares permitió suavizar la distribución de los datos originales que estaba fuertemente centrada en la media. Con esto, es posible observar que se mantiene la relevancia de las principales variables observadas analizadas con los datos originales.

Tras la comparación de los datos originales y la estimación completa mediante MI, es evidente que es una estrategia viable para suavizar la falta de datos. No obstante, resultaría útil analizar si la falta del recibo de luz para cotejar los datos es evidencia de alguna característica no observada o falla en el levantamiento de la encuesta. Es necesario resolver esos retos metodológicos para tener acceso a datos más completos y realizar investigaciones más precisas.

Además de esta falta de datos para el MOHOMA 2017, la falta de datos sobre la evolución del consumo a través de los años puede provocar que esta investigación haya enfrentado posibles sesgos en las preguntas autoreportadas. Así, los hogares podrían tener

incentivos para reportar niveles de conciencia ambiental mayores a los que realmente incorporan en su consumo. Para aliviar esto, sería de utilidad contar con datos sobre la evolución del consumo eléctrico de los hogares, tenencia de electrodomésticos y shocks ambientales a través de distintos periodos. Así, se podría construir un IPCE intertemporal considerando la antigüedad de los electrodomésticos, nuevas categorías y otros datos. Además, el análisis sobre el impacto ambiental sería más preciso pues no solo se observarían los datos autoreportados, sino que sería posible observar la respuesta de los hogares antes shocks ambientales.

Aunque no se observó un impacto significativo de la opinión y vulnerabilidad ambiental percibida, resulta interesante que uno de los principales determinantes del consumo eléctrico de los hogares sea el uso de electricidad para enfriar el hogar. Considerando lo anterior, es posible que datos panel sobre el consumo de los hogares muestren que cambios en la temperatura tienen un impacto en el consumo de electricidad a través de esta categoría de electrodomésticos. Esto podría resultar más evidente en hogares que ya cuentan con electrodomésticos para regular la temperatura del hogar. Esto resalta las diferencias que podrían encontrarse por regiones climáticas del país.

No obstante, la representatividad de la MOHOMA limitada al nivel nacional no permite realizar ningún tipo de afirmación sobre regiones en específico. Además de la representatividad, destaca la necesidad de un seguimiento y retroalimentación de los hogares más precisa para controlar el consumo por las distintas tarifas. Con un seguimiento y descripción más preciso de la categoría de consumo eléctrico de los hogares sería posible enfocarse en el consumo de kW o en el gasto por habitante para entender a profundidad los mecanismos que determinan el consumo de los hogares.

Incorporar estos análisis de los determinantes del consumo de los hogares puede ser un factor de importancia para el desarrollo de políticas públicas eficientes destinadas a categorías de consumo u opiniones en concreto. Es necesario reconocer el impacto que estos programas pueden tener, en específico, en los hogares más vulnerables del país y evitar los efectos económicos negativos en el agregado. De la misma manera, detectar las principales categorías de consumo eléctrico por región del país permite generar estrategias diferenciadas para cada región según la categoría más determinante. Con datos a nivel nacional es evidente que la regulación de temperatura es de los factores que más determina el consumo; sin embargo,

desagregar estos resultados puede evidenciar diferencias regionales importantes a considerar en la implementación de programas de consumo.

6. Referencias

- Azadeh, Ali, Ali Narimani & Tayebeh Nazari. "Estimating household electricity consumption by Environmental consciousness." *International Journal of Productivity and Quality Management* 15, núm. 1 (enero 2015): 1-19.
- Beccali, M., M. Cellura, V. Lo Brano & A. Marvuglia. "Short-term prediction of household electricity consumption: Assesing weather sensitivity in a Mediterranean area." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12, núm. 8 (octubre 2008): 2040-2065.
- Bénabou, Roland & Jean Tirole. "Identity, Morals, and Taboos: Beliefs as Assets". *The Quarterly Journal of Economics* 126, núm. 2 (2011): 805-855.
- Brandon, Gwendolyn & Alan Lewis. "Reducing Household Energy Consumption: A Qualitative and Quantitative Field Study." *Journal of Environmental Psychology* 19, núm. 1 (marzo 1999): 75-85.
- Brounen, Dirk, Nils Kok & John M. Quigley. "Residential Energy Use and Conservation: Economics and Demographics" *European Economic Review* 56, núm. 5 (enero 2012): 931-945.
- Cruz González, Gabriela & Mario Alejandro Durán Saldívar. "El Consumo de Energía Eléctrica en los Hogares de México por Nivel de Ingresos." *Tiempo Económico* X, núm. 31 (2015): 43-56.
- De Almeida, Aníbal, Paula Fonseca, Barbara Schloman & Nicolai Feilberg. "Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy savings and specific policy recommendations." *Energy and Buildings* 43, núm. 8 (agosto 2011): 1884-1894.
- De Jesús Ramos-Gutiérrez, Leonardo & Manuel Montenegro-Fragoso. "La generación de energía eléctrica en México." *Tecnología y Ciencias del Agua* 3, núm. 4 (2012): 197-211.
- De Rezende Francisco, Eduardo, Francisco Aranha, Felipe Zambaldi & Rafael Goldsmit. "Electricity Consumption as a Predictor of Household Income: an Spatial Statistics Approach." *VIII Brazilian Symposium on GeoInformatics*. Brasil, noviembre 2006.
- DeLeire, Thomas & Ariel Kalil. "Does consumption buy happiness? Evidence from the United States." *International Review of Economics* 57, núm. 2 (marzo 2010): 163-176.

- Dianshu, Feng, Benjamin K. Sovacool & Khuong Minh Vu. "The barriers to energy efficiency in China: Assessing household electricity savings and consumer behaviour in Liaoning Province." *Energy Policy* 38, núm. 2 (2010): 1202-1209.
- Escoto Castillo, Ana Ruth & Landy Sánchez Peña. "Índice Ponderado de Consumo de Electrodomésticos: una propuesta de medición a partir de datos de encuestas en hogares en México." *Realidad, datos y espacio: Revista Internacional de Estadística y Geografía* 10, núm. 2 (agosto 2019): 26-45.
- Fischer, Corinna. "Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?" *Energy Efficiency* 1, núm. 1 (febrero 2008): 79-104.
- Ghosh, Sajal. "Electricity consumption and economic growth in India." *Energy Policy* 30, núm. 2 (enero 2002): 125-129.
- Hancevic, Pedro & Fernando Navajas. "Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética. Un enfoque de regresión cuantílica." *El trimestre económico* 82, núm. 328 (2015): 897-927.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Modulo de Hogares y Medio Ambiente* (2017). <https://www.inegi.org.mx/programas/mohoma/2017/default.html#Microdatos>
- Lin, Ying-Ching & Chiu-Chi Angela Chang, *Journal of Marketing* 76, núm. 5 (septiembre 2012): 125-134.
- Olefsak, Sarah J., & Alan Meier. "The electricity impacts of Earth Hour: An international comparative analysis of energy-saving behaviour." *Energy Research & Social Science* 2 (junio 2014): 159-182.
- Payne, James E. "A survey of the electricity consumption-growth literature." *Applied Energy* 87, núm. 3 (marzo 2010): 723-731.
- Painuly, J.P. "Barriers to Renewable Energy Penetration: A Framework for Analysis." *Renewable Energy* 24, núm. 1 (septiembre 2001): 73-89.
- Romero-Jordán, Desiderio, Cristina Peñasco & Pablo del Río. "Analysing the Determinants of Household Electricity Demand in Spain. An Econometric Study" *Journal of Electrical Power & Energy Systems* 63 (diciembre 2014): 950-961.
- Smil, Vaclav. "Light Behind the Fall: Japan's Electricity Consumption, the Environment and Economic Growth." *Japan Focus: The Asia-Pacific Journal* 5, núm. 4 (abril 2007).

- Spangenberg, Joachim H., & Sylvia Lorek. "Environmentally sustainable household consumption: from aggregate environmental pressures to priority fields of action." *Ecological Economics* 43, núm. 2 (diciembre 2002): 127-140.
- Tang, Tang. "Towards sustainable use: design behaviour intervention to reduce household environmental impact." PhD diss., Loughborough University, 2010.
- Tewathia, Nadia. "Determinants of the Household Electricity Consumption: A Case Study of Delhi." *International Journal of Energy Economics and Policy* 4, núm. 3 (septiembre 2014): 337-348.
- Vyas, Seema & Lilani Kumaranayake. "Constructing socio-economic indices: how to use principal component analysis." *Health Policy and Planning* 21, núm. 6 (noviembre 2006): 459-468.
- Wijayatunga, Priyantha D.C., & Rahula A. Attalage. "Analysis of household cooking energy demand and its Environmental impact in Sri Lanka." *Energy Conversion and Management* 43, núm. 16 (noviembre 2002): 2213-2223.
- Xiang Li, Xiang. "Linking residential electricity consumption and outdoor climate in a tropical city." *Energy* 157 (agosto 2018): 734-743.
- Zhang, Mingyang, Kaiwen Zhang, Wuyang Hu, Bangzhu Zhu & Ping Wang. "Exploring the climatic impacts on residential electricity consumption in Jiangsu, China." *Energy Policy* 140 (mayo 2020): 111398.