

## **Consumo energético en los hogares de México.**

### **Un análisis de regresión por cuantiles**

## **Energy consumption in Mexican households.**

### **A quantile regression analysis**

Juan Pablo Ramírez-Hernández. ID.0009-0004-5589-8740

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía, México

Email: pablopistaches@gmail.com

#### **Resumen.**

Se realiza un hallazgo conforme a un análisis de regresión por cuantiles a observar el consumo energético en hogares mexicanos y a clasificar la línea de pobreza energética a partir de variables controlables. Se expone un hallazgo sobre desigualdad en México a partir de un análisis de regresión por cuantiles a observar el consumo energético en hogares mexicanos y a clasificar la línea de pobreza energética a partir de variables controlables.

Se investiga los determinantes del consumo energético residencial en México, utilizando datos de la INEGI 2014. La hipótesis principal es que, además del ingreso, variables sociodemográficas —como el nivel educativo del jefe de familia, el tamaño del hogar, las características de la vivienda y el número de aparatos electrodomésticos— influyen significativamente en el consumo. La metodología empleada es la regresión por cuantiles, que permite analizar los efectos de estas variables en diferentes puntos de la distribución del ingreso, evitando la distorsión por valores extremos. Se estudian tres fuentes de energía principales: electricidad, gas licuado de petróleo y gasol (gasolina y diésel). Además, se calculan coeficientes de Gini para medir la desigualdad en el consumo. Los resultados muestran que el consumo energético no es homogéneo entre los hogares y que factores como la ubicación geográfica (rural/urbana), la tenencia de vivienda y la composición familiar afectan de manera diferenciada según el nivel de ingreso. El estudio contribuye a identificar

líneas de pobreza energética y ofrece una perspectiva detallada para el diseño de políticas públicas más equitativas y eficientes en el sector energético residencial.

**Palabras claves:** Consumo, Hogar, Energéticos, Cuantiles, Economía.

**Abstract.**

A finding is made based on a quantile regression analysis to observe energy consumption in Mexican households and to classify the energy poverty line using controllable variables. A finding on inequality in Mexico is presented based on a quantile regression analysis to observe energy consumption in Mexican households and to classify the energy poverty line using controllable variables.

The determinants of residential energy consumption in Mexico are investigated using data from the 2014 INEGI (National Institute of Statistics and Geography). The main hypothesis is that, in addition to income, sociodemographic variables—such as the educational level of the head of household, household size, housing characteristics, and the number of household appliances—significantly influence consumption. The methodology used is quantile regression, which allows for the analysis of the effects of these variables at different points in the income distribution, avoiding distortion caused by extreme values. Three main energy sources are studied: electricity, liquefied petroleum gas, and gasol (gasoline and diesel). In addition, Gini coefficients are calculated to measure inequality in consumption. The results show that energy consumption is not homogeneous across households and that factors such as geographic location (rural/urban), housing ownership, and family composition have a differential impact depending on income level. The study contributes to identifying energy poverty lines and offers a detailed perspective for designing more equitable and efficient public policies in the residential energy sector.

**Keywords:** Consumption, Home, Energy, Quantiles, Economy.

**Enviado: 05.02:2019**  
**Aprobado: 25.02:2019**

## Introducción.

El objetivo de este trabajo es analizar el consumo energético en los hogares de México. La pregunta de la que se parte es ¿Cuáles son los determinantes del consumo energético en los hogares en México? La hipótesis planteada es que el consumo de energía residencial está determinado, además del ingreso, por una serie de variables sociodemográficas que influyen de forma importante en él. Entre estas variables destacan el grado de instrucción del jefe de familia, tamaño el hogar, las características de la vivienda y el número de aparatos de consumo energético doméstico que posea la vivienda.

Para probar la hipótesis se realizó una revisión de los distintos enfoques que abordan la demanda de energía residencial, se analizaron las fuentes de información disponibles y se construyó una base de datos a partir de la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH) en su edición 2014 elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La base se generó considerando las tres fuentes de energía moderna más utilizadas en los hogares en México: la electricidad, el gas licuado del petróleo y la variable gasol que engloba a los distintos tipos de gasolina. La metodología que se utiliza para obtener las estimaciones es la Regresión por Cuantiles. Hasta donde se tiene conocimiento, esta técnica no ha sido utilizada para el análisis del consumo energético en nuestro país. Debido a que esta metodología posibilita generar estimaciones en distintos puntos de la distribución sin que estén influenciados por datos extremos, en este trabajo también se incorpora el análisis de la desigualdad en el consumo de las a lo largo de la investigación se obtienen los determinantes del consumo de las tres fuentes de energía mencionadas, se identifica el nivel de desigualdad y se construyen los coeficientes de Gini para cada combustible. La investigación está dividida de la siguiente manera:

1. Revisa la literatura sobre el consumo de energía residencial.
2. Metodología y las variables utilizadas en la construcción del modelo.

## Revisión de la literatura

Existen diversos enfoques que abordan el tema del consumo de energía doméstico. Sin pretender ser exhaustivos, este capítulo se concentra en una revisión de la literatura relativa al análisis de la demanda de energía en los hogares. En la primera parte se abordan los enfoques de la Línea de pobreza energética y el denominado de “Desigualdad”. Aunque ambas

perspectivas comparten elementos en común, existen detalles importantes que las diferencian, los cuales son desarrollados en esta sección.

También se hace un recuento de las investigaciones que desarrollan esta temática en México. Si bien es cierto que la bibliografía sobre estos temas en nuestro país es limitada, también es clara la importancia de algunos de los estudios hechos, los cuales se revisan en esta parte del documento. Más adelante se analizan las investigaciones que aplican la metodología de Regresión por Cuantiles en el contexto del consumo energético. Los trabajos revisados estudian el consumo de una sola fuente de energía en los hogares, la electricidad, No obstante esta situación, el análisis se realiza desde diversos contextos ya que los trabajos se desarrollan en latitudes tan disímiles como España, Taiwán o Argentina.

A pesar de que la variable ingreso (ya sea per cápita o por hogar) es fundamental para el análisis del consumo energético en los hogares, existen otras que juegan un papel central a la hora de intentar explicar la dinámica de la demanda energética. Estas variables tienen que ver con las características sociodemográficas de las familias, con elementos geográficos y con las características de las viviendas. En la última parte del capítulo se revisa un gran número de trabajos para discernir las variables más importantes que consideran los autores en cada análisis de la demanda de energía. Para tal efecto se divide el estudio de las variables en cuatro categorías, a partir de las cuales se delimitan los principales determinantes del consumo energético. Al final del capítulo se desarrollan las conclusiones del mismo.

## La línea de pobreza energética

Esta perspectiva de estudio se orienta hacia la determinación de “el nivel mínimo de consumo de energía que un hogar debe de mantener para subsistir” (**Barnes et al, 2011, p. 896**). Una de las primeras referencias que se tiene respecto a esta perspectiva es el estudio de **Pachauri y Spreng (2003)**, en el que se analizan tres aproximaciones distintas sobre el tema. A partir de estas 3 alternativas, los autores construyen una *matriz de acceso al consumo de energía*. Pachauri y Spreng consideran que este tipo de metodología, en la que se combinan distintos enfoques para abordar la pobreza energética, proporciona herramientas que ayudan a obtener una medida general de pobreza, más útil, eficiente y robusta, la cual tendría la ventaja de medir no solamente consumo sino también capacidades. (**p. 12**). Esta misma herramienta es utilizada un año después en el documento de **Pachauri, Mueller, Kemmler y Spreng (2004)**, para analizar la evolución que ha tenido el consumo de energía en la India. Los resultados obtenidos muestran una significativa reducción del nivel de pobreza energética extrema, al pasar del 38% al 14%.

Otros autores que utilizan estos enfoques en su investigación son **Barnes, D. F. Khandker, S.R., Samad, H. A, (2011)**, quienes utilizan una metodología alterna para calcular una línea de pobreza energética en las zonas rurales de Bangladesh. Dividiendo a la población por deciles de ingreso, encontraron que a partir del sexto decil, existe una relación positiva significativa entre el nivel de ingreso y la demanda de energía. En este sentido, los hogares que se encuentran en el umbral o por debajo de él, son considerados dentro de la pobreza energética. La demanda de energía de los hogares que se encuentran en los niveles más bajos de esta categoría es prácticamente constante, ya que no está relacionada con su nivel de ingresos, debido a que su consumo se encuentra a un nivel de supervivencia.

### Enfoque de la desigualdad

La desigualdad es un concepto que genera un amplio debate académico debido a su compleja relación con otras variables económicas. De acuerdo con Berg y Ostry el efecto paradójico que tiene se puede entender al observar que “cierto grado de desigualdad es esencial para el funcionamiento eficaz de la economía de mercado así como para los incentivos necesarios en la inversión y el crecimiento. No obstante, la desigualdad también es perniciosa para el crecimiento” (**Berg and Ostry, 2011, p.3**).

Desde la perspectiva de la demanda energética, el concepto de desigualdad es abordado analizando el consumo entre los distintos grupos de la población definidos a partir de su ingreso. En un trabajo **Cohen, et al, 2005**, analizan los determinantes del consumo en Brasil con énfasis sobre la desigualdad. Con datos del periodo 1995-1996 y utilizando un modelo de insumo producto, los autores se dan a la tarea de calcular el gasto de los hogares, el cual es dividido en distintos niveles de ingreso, así como la intensidad de energía requerida para las 12 principales categorías de consumo. Los resultados muestran que el gasto en energía se incrementa con el aumento del ingreso, sin embargo también muestra una gran disparidad entre los distintos niveles de renta. En una investigación posterior, **Jamasb, T., and Meier, H. (2010)**, plantean la relación entre el gasto en energía, el ingreso de los hogares así como algunas variables socioeconómicas, poniendo especial énfasis en el consumo de energía entre distintos grupos de ingreso en el Reino Unido. Utilizando la Encuesta Británica de Panel de los Hogares, tratan de encontrar el punto de inflexión en donde los hogares cubren sus necesidades energéticas básicas a través un análisis de las curvas de Engel. Los resultados muestran que dicho punto se alcanza en un nivel de ingreso de entre de 30 mil y 45 mil libras.

Por su parte, **Joyeux, R., and Ripple, R.D. (2007)** analizan la relación entre las medidas oficiales de pobreza basadas en el ingreso y el consumo de energía, particularmente de electricidad, en siete países asiáticos, así como Australia, Estados Unidos y la Unión Europea. Su objetivo es tratar de hallar cointegración entre las series. Sin embargo los resultados determinan que esta no existe entonces se concluye que el ingreso por sí mismo es incapaz de capturar toda la información que aporta el consumo de electricidad y por lo tanto, que las medidas de pobreza basadas únicamente en el ingreso desdeñan mucha información valiosa sobre los niveles de vida de la población. (p. 22).

En lo que respecta a México, existe poca bibliografía relativa al tema. Entre esta podemos mencionar el trabajo de **Rosas-Flores, J. A., Morillón Gálvez, D., Fernández Zayas, J. L. (2010)**, quienes analizan la distribución del gasto que se le asigna a las principales fuentes de energía en los hogares mexicanos para el periodo 1968-2006. Usando la base de datos de la ENIGH y sus anteriores versiones y utilizando las Curvas de Lorenz junto con los coeficientes de Gini, los autores encuentran que el coeficiente calculado para la electricidad, el gas licuado del petróleo y la gasolina ha venido reduciéndose desde 1968. En este sentido, argumentan que a pesar de la desigual distribución del ingreso, existe una tendencia moderada a un mayor gasto en combustibles modernos, la cual podría acelerarse si se modificara dicha desigualdad en la distribución. Asimismo encuentran que la gasolina es el combustible que tiene el consumo más desigual entre los hogares, mientras que la electricidad y principalmente el GLP muestran una tendencia a un consumo más equitativo. Por otro lado se encuentra el documento **Rodriguez-Oreggia E. y Yopez-García R. (2014)** quienes abordan nuevamente el tema del ingreso y los aspectos sociodemográficos de los hogares al calcular por medio de un modelo Tobit los determinantes de diferentes fuentes de energía consumidas en las viviendas tanto del medio rural como urbano. Esta información es utilizada para analizar los efectos del ingreso y las características de los hogares en el consumo de energía a nivel residencial. Algunos de los resultados que obtienen los autores es que en el medio urbano los deciles de ingreso más bajo destinan el 9% de su gasto al consumo de energía mientras que los deciles de mayor ingreso y el porcentaje asciende a 10%. En los hogares rurales la relación es de 8 y 12% respectivamente. También las fuentes de energía modernas junto con la gasolina son los principales combustibles consumidos por los hogares de mayor ingreso tanto en el ámbito rural como en el urbano.

## Regresión por cuantiles

En el documento de Medina y Vicens de 2011 analizan los factores que determinan la demanda eléctrica de los hogares en España. Utilizando la Encuesta de Presupuestos Familiares, la cual se publica con periodicidad anual, utilizan características sociodemográficas, además del ingreso, como variables explicativas del gasto en electricidad. Para obtener la elasticidad ingreso de la demanda generan estimaciones mediante la técnica de los Mínimos Cuadrados y después los comparan con los resultados de la regresión cuantílica, encontrando diferencias considerables. Los resultados obtenidos en el estudio indican que el tamaño del hogar (número de miembros) y el tamaño de la vivienda medido en m<sup>2</sup> son las variables que más influyen en el gasto doméstico en electricidad, asimismo la región que cuenta con una mayor penetración de aire acondicionado resultó entre las que más consumen electricidad. De acuerdo a los autores, la baja importancia del ingreso como determinante del consumo de electricidad indica que este energético se debe considerar como un bien de primera necesidad.

Por otro lado, **Hancevic y Navajas (2015)** analizan el consumo de electricidad en Buenos Aires de acuerdo a sus características socioeconómicas, de equipamiento y localización. El objetivo del documento es hallar las características asociadas con niveles altos de consumo en donde potencialmente se encuentren hogares con niveles elevados de ineficiencia energética. Uno de los primeros resultados relevantes es que los hogares con consumo alto de electricidad están distribuidos de manera uniforme a lo largo de los deciles de la distribución de gasto total, lo que significa que el sobreconsumo de energía eléctrica no es explicado nítidamente por el nivel de ingreso de los hogares.

Por otro lado, la falta de acceso a la red de gas natural deriva en ineficiencias en el consumo eléctrico. Finalmente, los resultados también indican que los departamentos consumen menos electricidad que las casas solas.

En un estudio del mismo año, **Wen-Hsiu Huang (2015)** analiza los determinantes del consumo de electricidad en Taiwán para el periodo 1981-2011. En este documento, el autor analiza el efecto que han tenido variables socioeconómicas, demográficas y las características de la vivienda en el consumo de electricidad en el sector residencial y cómo han cambiado éstas a través del tiempo. (p. 121). Los resultados obtenidos en este estudio muestran que “el ingreso de los hogares y el tamaño de las viviendas fueron los dos más importantes determinantes de la demanda doméstica de electricidad ya que ambas variables fueron significativas para todos los cuantiles para cada año” (**Wen-Hsiu, 2015, p. 130**). Asimismo determinó que entre las variables que propician un incremento en el consumo de electricidad se encuentran los hogares urbanos, los que están encabezados por jefes de familia con menor instrucción, los que tienen mayores ingresos, los que cuentan con un menor número de

integrantes (esto aplica a nivel per cápita), hogares con personas de la tercera edad, viviendas con mayor superficie en m<sup>2</sup>, las viviendas habitadas por su dueño (no rentadas), las construcciones de varios pisos y las viviendas que utilizan mayor número de electrodomésticos.

### **Análisis de las variables que influyen en el consumo energético**

“Para la mayoría de los autores, el ingreso es la variable explicativa más importante entre los determinantes de la demanda de energía” (**Pachauri, 2004, p. 1726**). El impacto que tiene esta variable en la demanda de energía puede ser visto de dos formas: “Por un lado, el ingreso determina el tipo de combustibles que se consumen en el hogar: entre mayor sea el ingreso se consume mayor cantidad de energía moderna (electricidad y gas) y menos energía tradicional (leña y carbón)”... Por otro lado, el ingreso también “impacta la capacidad de adquirir viviendas de mayor tamaño así como aparatos que incrementen la demanda de energía en los hogares” (**Sánchez, 2013, p.3**).

No obstante, cada familia tiene dinámicas de consumo particulares, lo que ocasiona que incluso “existan importantes diferencias en la demanda de energía entre hogares que pertenecen al mismo nivel de ingresos” (**Sánchez, 2013, p.3**). Coincidiendo con este punto, algunas investigaciones como la de **Joyeux y Ripple (2007)** demuestran que la variable ingreso es insuficiente para captar la información sobre la mejora en los niveles de vida de las personas que aporta el consumo de energía.

Debido a esta situación, cada vez más trabajos contemplan otros factores además del ingreso como elementos que influyen en la demanda de energía de los hogares. ¿Pero cuáles son estas características? En la mayoría de los trabajos que analizan los determinantes del consumo energético residencial se identifican las que tienen que ver con las características sociodemográficas de las familias, con variables geográficas y con las características de las viviendas. Es decir, de acuerdo con las peculiaridades de su unidad de análisis se clasifican en tres categorías distintas: características del jefe de familia, características de la vivienda y variable geográfica.

### **Características del jefe de familia**

Las necesidades energéticas de los integrantes de un hogar cambian a lo largo del tiempo. De acuerdo con **Huang (2015)**, la **edad del jefe de familia** es un factor que ayuda a revelar la etapa en la que se encuentra el hogar en su ciclo de vida (**p. 122**). De tal forma, este dato sirve como parámetro paracapturar las edades de los demás integrantes de la familia, las cuales



“determinan en cierto grado los patrones de consumo energético” (**Cruz Islas, 2013, p. 204**). Por lo tanto, la edad del jefe de familia es una referencia que proporciona información importante acerca del consumo energético en el hogar. Otra característica que ha sido considerada por los investigadores es la del sexo del jefe de familia, aunque la evidencia relativa a este dato ha sido inconsistente. **Brounen et al** encuentran que los hogares predominantemente femeninos consumen más gas y menos electricidad, Por otro lado, otros estudios han vinculado esta variable con un patrón mucho más estable. **Elkanat et al. (2016)**, encontraron que las áreas postales de la ciudad de San Antonio Texas en donde hay una mayor cantidad de mujeres que de hombres, el uso de energía es significativamente mayor. Por otro lado **Cruz Islas (2013)**, halló que la probabilidad de encontrar un mayor consumo energético per cápita en México se incrementa en los hogares dirigidos por mujeres, ya que estos alcanzan un 32.5% mientras que en los hogares dirigidos por hombres la probabilidad es de 24.8% (**p. 209**). De tal forma que el sexo del jefe de familia también es una variable que nos proporciona información sobre el consumo de los hogares. Otra característica que ha sido reiteradamente considerada en las investigaciones, no obstante que sus resultados han sido contradictorios, es el nivel de educación del jefe de familia. Por un lado, tenemos estudios como los de **Elkanat et al. (2016)**, quienes encuentran que los hogares con mayor nivel educativo tienen un mayor consumo energético tanto a nivel personal como a nivel de hogar (**p.24**). Estudios como estos vinculan un mayor nivel educativo con un nivel de ingreso más elevado y por ende, mayor consumo energético. Esta interpretación sugiere que las personas más preparadas alcanzan estándares de vida más altos y por lo tanto la cantidad de energía que consumen es mayor que la de las personas con menor educación. Por otro lado se encuentra el enfoque que relaciona un mayor nivel educativo con una mayor conciencia ambiental, lo cual genera dinámicas de consumo energético más amigables con el ambiente. Los hallazgos de la investigación de **Longui (2015)** coinciden con este enfoque ya que sus resultados arrojaron que en los hogares en donde por lo menos uno de sus integrantes haya alcanzado un título universitario consumen en promedio 2% menos energía a nivel per cápita.

### Características de los hogares

En esta categoría se ubican los componentes sociodemográficos de las personas. Una característica fundamental en esta categoría es el tamaño del hogar. Por tamaño nos referimos al número de integrantes de un hogar. Existe una obvia relación entre el tamaño del hogar y la demanda de energía: entre mayor es el número de integrantes mayor es su consumo. No

obstante, existe un fenómeno bien documentado en la literatura acerca de economías de escala energética (**Pachauri et al. 2004, Brounen et al. 2012, Cruz 2013, Sánchez 2013, Longhi 2015**), el cual nos dice que entre mayor es el número de personas en un hogar, más eficiente es el consumo de energía en términos per cápita. De tal forma que la variable tamaño del hogar proporciona información del consumo energético tanto a nivel hogar como en términos per cápita.

Otra característica demográfica sobresaliente en los trabajos de investigación es la del número de niños, adolescentes y adultos mayores en los hogares, es decir aquellos miembros del hogar menores de 17 y mayores de 64 años. Esta variable es importante debido a que los hogares con integrantes entre estas edades tienen dinámicas de consumo específicas que deben ser consideradas. **Pachauri (2004)** encuentra que se gasta menos energía para la cocción de alimentos cuando la familia tiene niños o personas adultas mayores (**p. 2092**). Por otro lado, **Brounen et al. (2012)** encuentran que los hogares sin niños consumen mayores cantidades de energía a nivel per cápita, para el caso de los hogares unipersonales la cantidad asciende al doble mientras que en los hogares con adultos mayores se consume 31% más. Asimismo, los hogares con adolescentes consumen más energía eléctrica, lo que el autor identifica como “efecto Nintendo” (**p. 942**). Este mismo efecto es reportado en **Jamasb and Meier (2010)**, quienes encuentran que el número de niños en el hogar tiene un impacto significativo en el consumo de electricidad debido a la adquisición de aparatos como computadoras (**p. 16**).

Finalmente existen otras dos variables que, si bien están relacionadas con la anterior, algunas investigaciones como la de **Wen-Hsiu Huang (2015)** las manejan de forma independiente. La primera es si una familia tiene un hogar de tipo nuclear (familia tradicional), unipersonal o extendido (familia tradicional más familiares de generaciones ascendentes –tíos, abuelos- o miembros no consanguíneos). La segunda es el número de trabajadores que laboran en el hogar. Todas estas características -junto con la del ingreso per cápita- son consideradas como los principales determinantes sociodemográficos del consumo energético.

### Características de la vivienda

La tercera categoría de factores que influyen en el consumo energético de los hogares son las de características de la vivienda. La primera variable de este bloque es la que hace referencia al estatus de propiedad de la vivienda. **Wen Hsio Huang (2015)** plantea que los hogares que son ocupados por sus propietarios tienden a invertir en aparatos energéticos más

eficientes y por ende consumen menos energía (**p. 123**). No obstante, otros estudios como **Jamasb et al. (2010)** y **Elnakat et al. (2016)**, han encontrado que los hogares habitados por sus propietarios también tienden a ocupar de forma más intensiva aparatos domésticos, lo cual ocasiona un mayor consumo de energía.

Una característica que está relacionada con esta última condición es la variable que indica si existe un negocio en la vivienda. Como es de esperarse, de presentarse esta última situación en el hogar, el consumo de energía sería sustancialmente mayor, por lo tanto, esta característica es considerada como un factor esencial en el análisis. Las siguientes tres variables hacen referencia a las características físicas de la vivienda: número de cuartos, número de pisos y área construida. Estas variables están asociadas positivamente con el consumo de energía, entre mayor sea el número de pisos, cuartos y área construida de la vivienda mayor será la demanda de energía. Finalmente, la última variable de este bloque tiene que ver con el número de aparatos domésticos en el hogar. La manera de convertir la energía disponible en energía consumida para satisfacer las necesidades finales de los hogares es a través de los aparatos domésticos al interior de los domicilios y a través de los vehículos automotores para el transporte privado fuera del hogar. Esta variable también está relacionada positivamente con el consumo de energía, por lo tanto, entre mayor el número de aparatos y vehículos, mayor el consumo de energía.

### Variable geográfica

El último bloque se ocupa de las características geográficas de las viviendas, la cual tiene una sola variable que distingue a los hogares entre rurales y urbanos. Es importante identificar las diferencias en el consumo entre estos dos ámbitos ya que existe una gran disparidad respecto al desarrollo económico y social y a los hábitos de consumo entre los entornos rurales y urbanos. **Pachauri 2004** indica que los determinantes del consumo entre ambas zonas son distintos (**p. 1726**), mientras que **Rodríguez-Oreggia y Yépez-García 2014** encuentran que en general los hogares urbanos en México poseen más vehículos, más aparatos domésticos y viviendas de mayor calidad con más cuartos, lo cual trae como consecuencia que el consumo de energía sea mayor. (**p. 11**).

En el anterior capítulo se hizo una sucinta exploración de la literatura relativa al consumo de energía en el sector doméstico. Al revisar los principales enfoques de esta corriente advertimos como se ocupan de temas como la “línea de pobreza energética” o los “el enfoque de la desigualdad”. Asimismo, vimos como el análisis de los determinantes del consumo están presentes en muchos de los trabajos.

Por otro lado, también se revisaron algunos trabajos que utilizan el método de la regresión por cuantiles para analizar el consumo energético entre los distintos deciles de ingreso. Esta técnica es utilizada en todos los casos revisados para el análisis de una sola fuente de energía: la electricidad. Los resultados que se obtuvieron fueron muy diversos dado que se aplican en distintos contextos nacionales: España, Argentina y Taiwan. Al final del capítulo se analizaron las principales variables de estudio consideradas en diversas investigaciones relativas al consumo de energía doméstico. Estas variables constituyen los principales determinantes del consumo energético en los hogares.

Los determinantes del consumo energético se pueden agrupar en cuatro distintas categorías: Características del jefe de familia, características de los hogares, características de la vivienda y otra relacionada con las variables geográficas. Estos elementos serán los que se tomarán como base para construir las variables que se utilizarán para realizar el análisis estadístico y econométrico en este trabajo, las cuales se desarrollarán de forma más precisa en el siguiente capítulo.

## **Metodología**

El objetivo de este capítulo es describir las fuentes de información, exponer las variables y plantear la metodología que se utilizará en la investigación. Como se ha venido mencionando en los capítulos previos, además del ingreso, existen otras variables que influyen en el consumo energético a nivel residencial. Estas variables tienen que ver con las prácticas y costumbres de los hogares. Para desentrañar esas dinámicas de consumo energético relacionadas con el autotransporte privado y al interior de las viviendas, necesitamos indagar las características económicas y sociodemográficas de los hogares. Dada la naturaleza y los objetivos de esta investigación, la herramienta que utilizaremos para dicha tarea son los microdatos. La fuente de donde extraeremos esta información es la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH). La primera parte del capítulo inicia con una descripción general de la ENIGH y la explicación de las bases de datos que se ocupan.

Posteriormente se expondrá el modelo econométrico a desarrollar. La revisión bibliográfica nos permitió reparar en el hecho de que el gasto en combustible no es uniforme a lo largo de la distribución del ingreso, sino que existe una gran heterogeneidad dependiendo del nivel de renta que perciban los

hogares y de características sociodemográficas de los mismos. Una herramienta para hacer un primer acercamiento a las dinámicas del consumo es a través del enfoque del Coeficiente de Gini, el cual centra su análisis en la variable ingreso. Las características de esta herramienta estadística, así como su representación gráfica a través de la Curva de Lorenz se abordarán en la segunda parte del capítulo. Para obtener un análisis más robusto del consumo energético en los hogares, el cual proporcione la mayor cantidad de información acerca de la relación entre la variable dependiente y todas las variables independientes estudiadas, se considera que la técnica econométrica más adecuada es aquella que arroja información de la estimación en distintos puntos de la distribución y no solamente en uno. Por este motivo, la metodología que se usará en esta investigación será la de regresión por cuantiles, la cual abordaremos en la tercera parte del capítulo.

Una vez definida la base de datos y la metodología, se especificarán las variables a utilizar en el modelo con base en revisión que se hizo en la primera parte de este trabajo. De tal forma de que para la construcción de las variables dependientes se consideran las fuentes de energía modernas mientras que para el caso de las independientes se consideran las características económicas, geográficas, demográficas y sociales de los hogares. Finalmente, en la última sección plantean las conclusiones. se exponen los indicadores de concentración del ingreso y el consumo que se utiliza en el trabajo.

## Descripción de la base de datos

La base de datos que se utiliza en este trabajo es la versión 2014 de la ENIGH, la cual fue elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La encuesta tiene un carácter microeconómico, orientadas a la política social. Uno de los documentos anexos de la ENIGH es el Módulo de Condiciones Socioeconómicas el cual es utilizado por el CONEVAL para la medición de la pobreza. La ENIGH constituye una fuente privilegiada para medir la incidencia y la intensidad de la pobreza, así como la desigualdad en la distribución del ingreso (**Cortés, 2001, p. 879**). No obstante, también presenta una serie inconvenientes que es necesario mencionar.

El objetivo de la ENIGH es “proporcionar un panorama estadístico del comportamiento de los ingresos y gastos de los hogares en cuanto a su monto, procedencia y distribución; adicionalmente ofrece información sobre las características ocupacionales y sociodemográficas de los integrantes del hogar, así como las características de la infraestructura de la vivienda y el equipamiento del hogar” (**INEGI, 2014**).

La población objetivo de la encuesta son los hogares de residentes nacionales y extranjeros cuyo lugar de alojamiento habitual se encuentra en viviendas particulares dentro del territorio mexicano. La encuesta tiene representatividad a nivel nacional, tanto para el ámbito urbano (localidades a partir de 2500 habitantes) como para el rural (localidades con menos de 2500 habitantes). La ENIGH 2014 comprende las encuestas aplicadas a 21,427 viviendas a nivel nacional. “El marco de muestreo utilizado es el denominado Marco de Propósitos Múltiples del INEGI que está constituido con la información demográfica y cartográfica obtenida a partir del levantamiento del Censo de Población y Vivienda del 2000” (INEGI, 2014). El muestreo se realiza a partir de un proceso probabilístico, con un diseño estratificado, bietápico por conglomerado, donde la unidad última de selección es la vivienda y la unidad de observación es el hogar.

La cobertura temática de la encuesta está constituida por los siguientes ejes:

- Ingreso corriente total (monetario y no monetario) de los hogares.
- Gasto corriente total (monetario y no monetario) de los hogares.
- Percepciones financieras y de capital de los hogares y sus integrantes.
- Erogaciones financieras y de capital de los hogares.
- Características de la vivienda.
- Residentes e identificación de hogares en la vivienda.
- Características sociodemográficas de los residentes de la vivienda.
- Condición de actividad y características ocupacionales de los integrantes del hogar de 12 y más años.
- Equipamiento del hogar, servicios (INEGI, 2014).

Por otro lado la ENIGH, como sucede a todas las encuestas de ingreso, presentan una serie de características indeseables que es necesario tener en cuenta al trabajar con ella. La más importante es el subreporte, que es cuando los encuestados no reportan sus ingresos reales voluntaria o involuntariamente. “La mayoría de los autores reconocen que las encuestas no registran adecuadamente el ingreso y el gasto de las familias y concluyen que el subreporte se da, principalmente, en los hogares más ricos” (Del Castillo, 2016, p.10). Otro de sus inconvenientes se presenta en los hogares colectivos ya que la encuesta no es representativa para poblaciones que viven en colectividades por ejemplo el ejército o para la población que

vive recluida en centros penitenciarios. La ENIGH tampoco tiene un tamaño de muestra constante a través del tiempo. Finalmente, algunos especialistas también identifican el problema del truncamiento en la ENIGH. Este fenómeno surge cuando una parte de la distribución (generalmente en las colas) no se encuentra representada en la muestra. Esto se presenta debido a que es muy poco probable que la parte de la distribución que contempla a los deciles más altos -los cuales son muy pocos, pero concentran la mayor parte del ingreso- sea incluida en la muestra, lo que acarrea problemas de subestimación del verdadero peso de los ingresos de los deciles más altos en la distribución total del ingreso. Pese a todos estos problemas, la ENIGH es la principal herramienta con la que se cuenta para estimar el ingreso y gasto de los hogares en nuestro país.

En uno de los ejes de la cobertura temática, el que corresponde con el gasto corriente total, se contempla el gasto que los hogares destinan para el consumo de diversas fuentes de energía. Este trabajo utiliza como variable dependiente el gasto en 3 fuentes de energía: la electricidad, la variable construida gasol que contempla a la gasolina magna, prémium y al diesel y gas, así como al gas licuado del petróleo. El motivo por el cual no se consideran a las demás obedece a diversas razones. Por un lado, se encuentran los combustibles cuyo porcentaje de consumo es demasiado bajo para realizar estimaciones (carbón, petróleo, diésel, combustibles para calentar y otros combustibles). Por otro se encuentran la leña y el gas natural, que si bien poseen un número considerable de observaciones en la encuesta, la primera no tiene un mercado formal dado que gran parte de este combustible no se compra sino que se adquiere a través de la recolección, mientras que el consumo del segundo no se realiza a nivel nacional sino que se limita a algunas ciudades.

La muestra que se utiliza en este trabajo consiste en 19,479 hogares, de los cuales se descartan aquellos que no reportan ningún gasto en combustibles. También se prescinde de las observaciones que no reportan ingresos y de aquellas cuyo ingreso es menor al de su gasto en consumo energético. El número de observaciones resultantes es de 18,382.

### **El coeficiente de Gini**

Existe una gran cantidad de procedimientos usados para analizar la distribución del ingreso. En este trabajo se utiliza el coeficiente de Gini, el cual es un estadístico que calcula una medida de concentración del ingreso. El coeficiente de Gini se ha convertido en un indicador bastante socorrido en la medición de la desigualdad debido a la facilidad de su cálculo e interpretación. Este estadístico es aplicable no solo al ingreso, sino también al consumo, a la riqueza o a la concentración de tierras. No obstante que fue popularizado por el



especialista Corrado Gini, el estadístico básico, la diferencia media, ya había sido propuesto unos 30 años antes por dos académicos alemanes, Carl Christopher Von Andrae y Friedrich Robert Helmert, tal y como lo reconoció el propio Gini (**Atkinson Anthony B, 2016, p 36**).

Existen diversas formas de calcular el índice de Gini, una de ellas es la siguiente:

$$G = \frac{1}{2\mu} \left[ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n |y_i - y_j| \right] = \frac{1}{2\mu} \Delta$$

Donde  $\Delta$  representa las medidas aritméticas de las  $n(n-1)$  diferencias absolutas en las observaciones y 2 es el valor máximo asignado cuando un individuo concentra todo el ingreso/consumo (**Rosas-Flores, Morillón y Fernández, 2010, p 961**).

La herramienta ligada al coeficiente de Gini es la curva de Lorenz. En ella se expone gráficamente la distribución del ingreso/consumo a lo largo de la población. En el eje horizontal se presenta la proporción de la población dividida en un número determinado de partes iguales (cuantiles), mientras que en el eje vertical se encuentra la proporción del ingreso/consumo total acumulado. A través de esta herramienta se pueden comparar distintas distribuciones de ingreso. La línea de 45° que parte del origen se denomina la línea perfecta de igualdad y representa una distribución en la que todos los ingresos son exactamente iguales por lo tanto cada cuantil recibe el porcentaje de ingreso que representa en la población. La línea curva representa una determinada distribución del ingreso. Mientras más cerca esté la curva de la línea recta, el ingreso/consumo estará más igualitariamente distribuido. Asimismo, mientras más alejada se encuentre la curva de la línea de 45°, más desigual será la distribución.

Utilizando el coeficiente de Gini, se obtendrá el índice de desigualdad para el ingreso y para el consumo de las tres variables independientes: la electricidad, la variable construida gasol que contempla a la gasolina magna, prémium y al diesel y gas y el gas licuado del petróleo

### Modelo de Regresión por Cuantiles

“Para bien o para mal, el 95 por ciento de la econometría aplicada se refiere a los promedios [...] El énfasis en los promedios se debe en parte a que la obtención de una buena estimación del efecto causal medio es bastante difícil. Y si la variable dependiente es una dummy para algo como el empleo, la media describe toda la distribución. Pero muchas variables, como las ganancias y los resultados de las pruebas, tienen distribuciones continuas. Estas distribuciones pueden cambiar a formas no reveladas al ser examinadas a través de promedios, por ejemplo,



pueden extenderse o ser comprimidas. Los economistas cada vez quieren saber lo que está ocurriendo en toda una distribución, tanto lo que sucede con los ganadores y perdedores relativos como con los promedios” (Angrist y Pischke, 2008, p. 203).

Consideremos el modelo clásico de regresión múltiple

$$x=y \beta + \varepsilon$$

Donde

$x$ : representa la variable dependiente.

$y$  : representa el vector de variables independientes.

$\beta$ : es el parámetro a estimar.

$\varepsilon$ : representa el término de error.

Planteado de forma matricial:

$$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} 1 & x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,p-1} \\ 1 & x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,p-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n,1} & x_{n,2} & \cdots & x_{n,p-1} \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_{p-1} \end{pmatrix}, \epsilon = \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix}.$$

El resultado de la optimización de los MCO nos proporciona el efecto medio de las variables independientes sobre las dependientes, lo cual se logra al minimizar la suma de los cuadrados de los residuales.

$$\beta = (X'X)^{-1}X'y$$

El modelo clásico de regresión múltiple estima la esperanza condicional de  $y$  dado  $X$ . A pesar de que las regresiones lineales tradicionales son una herramienta útil para sintetizar la relación entre la variable dependiente y el valor medio de respuesta de las variables independientes, también es cierto que proporcionan una visión bastante limitada del comportamiento de la distribución, debido a que la estimación del efecto de la media condicional no es garantía de que dicho efecto sea uniforme a lo largo de la distribución.

Esta situación es más evidente cuando se trabaja con una base de datos en la que las observaciones son sumamente heterogéneas como es el caso de los microdatos provenientes de las encuestas a hogares. “Deaton mostró que la elasticidad de los gastos de los hogares varía entre los cuantiles” (Huang, 2015, p. 121). Para casos como estos, el resultado de las estimaciones obtenidas a través de metodologías como los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) proporcionan poca información ya que pueden estar influenciados por datos extremos, lo que las hace poco representativas. “Dicho de una manera más intuitiva, al igual que la

media no es siempre la medida más representativa de la distribución de una variable cuando existen en la muestra valores extremos o una elevada variabilidad, la recta de la estimación MCO que devuelve el valor medio esperado de la variable endógena dado un valor de las exógenas, tampoco es siempre la mejor expresión de la relación entre ambas variables cuando nos encontramos con un caso de heteroscedasticidad, presencia de atípicos o cambio estructural” (Vicens y Sánchez, 2012, p. 7).

En este trabajo utilizaremos una base de datos que recoge información de hogares en un contexto de enorme desigualdad, lo cual se traduce en una gran variabilidad en el consumo de algunos combustibles, como es el caso de la gasolina. Si ocupáramos la metodología de los MCO, se estimaría una función única para la variable dependiente, con esto admitiríamos de hecho que los retornos marginales serían los mismos para cualquier hogar independientemente del punto de la distribución en el que se encuentre. En otras palabras, estaríamos diciendo que el efecto que tendrían los determinantes del consumo energético sobre la demanda de los hogares sería el mismo para cualquier hogar, independientemente del lugar que ocupen en la distribución de acuerdo a su nivel de ingreso. Esto nos generaría una estimación sesgada de los coeficientes de la regresión. Ante una situación como esta, “la Regresión por Cuantiles ofrece la posibilidad de crear distintas rectas de regresión para distintos cuantiles de la variable endógena a través de un método de estimación que se ve menos perjudicado por la presencia de tales inconvenientes” (Vicens y Sánchez, 2012, p. 7).

La Regresión por Cuantiles es un método de estimación planteado originalmente por **Koenker y Basset (1978)**, el cual consiste en la minimización de desviaciones absolutas en distintos puntos (cuantiles) de una distribución mediante una ponderación de pesos asimétricos. En otras palabras, a cada desviación que corresponda a la observación elegida, el cuantil minimiza la suma ponderada de las observaciones y dependiendo cada caso, le da una mayor ponderación a la parte con menos observaciones.

### Descripción del modelo

En la metodología de la RC, el efecto local de las variables independientes se puede obtener al minimizar la suma de errores absolutos ponderados con pesos asimétricos como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$\min_{\beta \in \mathbb{R}^k} [\sum \theta |y_i - x_i \beta| + \sum (1 - \theta) |y_i - x_i \beta| \mid i \in \{i: y_i < x_i \beta\} \mid i \in \{i: y_i \geq x_i \beta\}]$$

Donde

: es el cuantil a estimar (0.10 para el primer decil, 0.2 para el primer quintil, etc.).

$\theta$ : Representa los distintos valores que toman las observaciones de la muestra.

$\mathbf{x}_i$ : Representa el vector de variables independientes.

$y_i$ : Representa el valor que minimiza la expresión

Para obtener el valor del parámetro  $\beta$  y de esta manera conseguir la estimación del cuantil  $p$  se requiere minimizar la suma de los errores absolutos. “La principal ventaja que aporta el uso de las desviaciones en valor absoluto en lugar de las desviaciones al cuadrado, es el comportamiento ante la existencia de valores atípicos; ante tal situación, la estimación que ofrece la regresión cuantílica prácticamente no se ve alterada por valores extremos ya que “penaliza” los errores de forma lineal, mientras que la regresión MCO, al elevarlos errores al cuadrado, lo que hace es darle mayor importancia precisamente a dichos valores, “penalizándolos” de forma cuadrática” (Vicens y Sánchez, 2012, p. 7). Para resolver la ecuación anterior y de esta manera obtener los parámetros que la minimizan se utilizan tanto métodos de programación lineal como de optimización iterativos.

Otra razón por la cual es más conveniente usar la metodología de la RC frente a los MCO es en lo relativo a los términos de error. Mientras las hipótesis básicas de los MCO imponen restricciones sobre la variable aleatoria, en particular requieren que se distribuya de manera normal con media 0 y varianza constante, [ $\sim (0, \sigma^2)$ ], la regresión por cuantiles no considera ninguna restricción sobre esa perturbación aleatoria. Esta ventaja es especialmente útil “cuando se trabaja con grandes bases de datos microeconómicos procedentes de encuestas” (Vicens y Sánchez, 2012, p. 1).

## Especificación del modelo

La ecuación que se plantea para estimar el modelo es la siguiente:

$$\log(\text{gasto monetario mensual en combustible}) = \beta_0 + X\beta_1 + \varepsilon$$

Donde  $\log(\text{gasto monetario mensual en combustible})$ :

Es la variable dependiente. En este trabajo se utiliza tres: el logaritmo del gasto mensual por hogar en electricidad, el logaritmo del gasto mensual por hogar de la variable construida gasol que contempla a la gasolina magna, prémium y al diesel y gas, así como el logaritmo del gasto mensual por hogar en gas licuado del petróleo.

$\beta_0$ : Es el intercepto.

$X$ : Representa el vector de variables independientes las cuales varían de acuerdo al combustible que se elija.

$\varepsilon$ : Representa el término de error.

Se realizará la estimación de los determinantes del consumo de energía en los hogares por quintil de ingreso, lo que significa que se correrá el modelo una vez por cada quintil para cada uno de los combustibles utilizados como variable dependiente.

## **Variables Independientes**

Para construir las variables explicativas que servirán como base para obtener los determinantes del consumo de energía se tomó como referencia la exploración hecha en la revisión bibliográfica. En ese análisis se ponderó la importancia de distintas variables con base en su contribución a la explicación del consumo energético. En este sentido se consideran no solo las características económicas, de los hogares, sino también las geográficas, demográficas y sociales.

Para facilitar su estudio, las variables independientes se clasifican en cuatro distintas categorías de acuerdo a las características de su unidad de análisis (el hogar, la vivienda y los integrantes del hogar, particularmente el jefe de familia). En total se consideran 31 variables explicativas que nos servirán para estimar los parámetros del modelo. Algunas variables están expuestas en niveles, mientras que a otras se les aplica su transformación logarítmica depende de las necesidades que plantee el modelo.

El número de observaciones está en función de la naturaleza de las variables, por lo tanto cambia dependiendo de las características de cada una. En el Cuadro número 1 se presenta una tabla que contiene las 31 variables agrupadas por su unidad de análisis. También se muestran cuatro columnas en las que se presenta la información relativa al tipo de variable, el número de observaciones, la media de cada variable y su desviación estándar.

## **Conclusiones**

En este capítulo se analizaron las fuentes de información, las variables y la metodología que se utilizan en la investigación. El análisis de todos estos elementos sirvió para conocer tanto las características de cada uno de ellos como sus alcances y limitaciones, de tal forma que al tener un mejor conocimiento de ellas se tenga un mejor aprovechamiento y se evite una explotación inadecuada de la base o una aplicación impropia de las herramientas estadísticas. Si bien en este capítulo se tuvo una aproximación muy teórica de las fuentes de

información, de las variables y de la metodología, particularmente en lo que se refiere a sus aspectos técnicos, en el siguiente se tendrá una expresión mucho más práctica a partir de la aplicación concreta de los elementos vistos en esta parte de la investigación.

## Bibliografía

- Barnes, et al (2011). “Energy poverty in rural Bangladesh”, *Energy Policy* 39 (2), pp. 894-904.
- Berg, A. G., & Ostry, J. D. (2011). IMFSTAFFDISCUSSIONNOT E. *Inequality and Unsustainable Growth: Two sides of the same coin?*.
- Brounen, et al (2012). “Residencial energy use and conservation: economics and demographics”, *European Economic Review*, 56, pp. 931-945.
- Cohen, et al (2005). “Energy requirements of households in Brazil.” *Energy Policy*, 33, pp. 555-562.
- Cortés, F. (2001). El cálculo de la pobreza en México a partir de la encuesta de ingresos y gastos. *Comercio exterior*, 51(10), 879-884.
- Cruz, et al (2013). “Energy Consumption of Mexican Households.” *The Journal of Energy and Development*. Vol. 38. Nos. 1 and 2, pp. 189-219.
- Del Castillo, M. (2015). *La magnitud de la desigualdad en el ingreso y la riqueza en México: una propuesta de cálculo* (No. 39531). Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Elnakat, et al (2016). “A zip code study of socioeconomic, demographic, and household gendered influence on the residential energy sector,” *Energy Reports* 2, pp.21-27.
- INEGI (2014). Censos económicos <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/>
- Hancevic, P., & Navajas, F. (2015). Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética. Un enfoque de regresión cuantílica. *El trimestre económico*, 82(328), 897-927.
- Jamasb, T., & Meier, H. (2011). 13 Energy spending and vulnerable households. *The Future of Electricity Demand: Customers, Citizens and Loads*, 69, 318.
- Jamasb, & Meier (2010). “Household energy expenditure and income groups: Evidence from Great Britain.” University of Cambridge, Cambridge, EPRG Working Paper, pp. 1003.
- Joyeux, & Ripple (2007). “Household energy consumption versus income and relative standard of living: a panel approach.” *Energy Policy*, 35(1), pp. 50-60.
- Longhi, S (2015). “Residencial energy expenditures and the relevance of changes in households circumstances”, *Energy economics*, 49 (2015). 440-450.
- Pachauri & Spreng (2003). “Energy use and energy access in relation to poverty.

- Pachauri, et al (2004). “On measuring Energy Poverty in Indian Households. World development”, Great Britain. Vol. 32, No 12, pp 2083-2104.
- Rodriguez-Oreggia, E., & Yepez-Garcia, R. A. (2014). Income and energy consumption in Mexican households. *World Bank Policy Research Working Paper*, (6864).
- Rosas-Flores, et al (2010). “Inequality in the distribution of expense allocated to the main energy fuels for Mexican households: 1968- 2006”, *Energy Economics*. 32, pp. 960-966.
- Sánchez, Peña (2013). “Hogares y Consumo Energético en México,” México, *Revista Digital Universitaria*. Vol. 13. Número 10, pp. 1-8.
- Vicéns & Reyes, B. S. (2012). *Regresión Cuantílica: estimación y contrastes*. Instituto LR Klein-Centro Gauss.
- Wen-Hsiu Huang (2015). “The determinants of household electricity consumption in Taiwan: evidence of quantile regression”, *Energy*; 87, pp. 120-133.