

ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, N.L., MÉXICO

*Dionicio Morales Ramírez**
*José Raúl Luyando Cuevas***

enviado: febrero 2014 – aceptado: junio 2014

Resumen

El objetivo del trabajo consiste en cuantificar los determinantes del consumo de energía eléctrica residencial en el Área Metropolitana de Monterrey, en el Estado de Nuevo León, México. Ello debido a que actualmente el estado es uno de los que más consumo de energía eléctrica presenta a nivel nacional. Para hacerlo se utiliza una función de demanda tipo Cobb-Douglas para un periodo que va de 1993 al año 2010. El modelo se estima empleando series de tiempo y de los resultados se puede destacar en orden de prelación que el ingreso, el número de usuarios y la temperatura fueron las variables más importantes para explicar el consumo de energía eléctrica domiciliaria en esta región.

Clasificación JEL: C22, Q41, Q43.

Palabras clave: Series de tiempo, Consumo de energía eléctrica, cointegración.

* Maestro en Economía Industrial, doctorando en Ciencias Sociales con Orientación en Desarrollo Sustentable del Instituto de Investigaciones Sociales en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo electrónico: dionicio.morales@gmail.com.

** Doctor en Economía, profesor del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel candidato. Correo electrónico: jrlucu@gmail.com.

Abstract

The main purpose of this work is to quantify the determinants of residential electricity consumption in the Metropolitan Area of Monterrey in Nuevo Leon, Mexico. This is because Nuevo León is one of the states that present high levels of electricity consumption in the country. To do this we use a Cobb-Douglas demand function with time series from 1993 to 2010. The results indicate that income, number of users and temperature were the most important variables in explaining the household electricity consumption in this region.

Keywords: time series, energy consumption, cointegration.

Classification JEL: C22, Q41, Q43.

INTRODUCCION

El crecimiento urbano observado en las principales ciudades del mundo, constituye un verdadero reto para los planeadores de políticas públicas e inversionistas privados. Hoy en día, más de la mitad de la población mundial se concentra en las grandes ciudades y esta tendencia no parece cambiar. Según un reporte de la Organización de la Naciones Unidas, se proyecta que para el 2030, la población que habita en las áreas urbanas se incrementará en 2,900 millones. Esto significa que seremos aproximadamente 5,900 millones en el 2030 y alrededor de 6,000 mil millones para el 2050 (ONU, 2010). Esta tendencia creciente en los niveles de población en las áreas urbanas, asegura que habrá presiones sobre los servicios de energía eléctrica.

Cabe destacar que la electricidad es la energía secundaria más utilizada en el mundo. Su uso es esencial para el desarrollo de las actividades económicas, tecnológicas e industriales. En la producción es empleada en la mayoría de los procesos. Y a las familias, este recurso, les permite realizar sus actividades cotidianas en condiciones más cómodas. Por lo tanto, su uso es primordial para el desarrollo social y económico de todo país.

En México, la oferta de energía eléctrica es controlada por el Estado. La Comisión Federal de Electricidad (CFE), es la encargada de planear la generación, conducción, transformación, distribución y abastecimiento de la energía eléctrica, algo que se encuentra establecido en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cabe señalar que dicha comisión ha instituido nueve

regiones, las cuales integran el Sector Eléctrico Nacional (SEN)¹. Sin embargo, para su análisis estadístico se identifican cinco regiones que integran el mercado nacional: Noroeste, Noreste, Centro, Centro-Occidente y Sur-Sureste. Siendo la región Noreste la de mayor consumo con aproximadamente 50,131 GWh, lo que representó un 24.78% del total regional seguido del Centro-Occidente con 48,141 GWh para el año 2011². Vale la pena comentar que en la región Noreste, el estado de Nuevo León, lugar en donde se ubica el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), concentró el 34.5% del consumo, lo que representó aproximadamente el 8.5% del total nacional en el 2011³. Lo anterior pone de manifiesto la importancia que tiene el estado de Nuevo León y su AMM⁴ dentro de la planeación para el abastecimiento de su demanda.

La clasificación del consumo de energía eléctrica también puede establecerse por sectores. En México se identifican cinco: el industrial, el residencial, el comercial, el de bombeo agrícola y el de servicios. En el 2011, el sector industrial alcanzó 116,984 GWh, el residencial 52,505 GWh, el comercial 13,675 GWh, el de bombeo agrícola 10,973 GWh y el de servicios 8,089 GWh, siendo el sector residencial el que más creció en el periodo del 2000 al 2011, con aproximadamente un 45.3%⁵. De ahí la importancia para generar programas que estimulen la eficiencia energética en los hogares de esta región y en el uso de enseres eléctricos, pero sobre todo, generar programas que estimulen una conciencia capaz de fomentar el uso racional de la electricidad en los hogares.

Ahora bien, dado lo anterior, se tiene que tener presente que planear el abastecimiento de electricidad de una región no es nada sencillo, pues intervienen una multitud de factores. Por lo que, es importante determinar el efecto que tienen diferentes factores sobre la demanda de energía eléctrica y cuantificar su impacto. De tal manera que el objetivo del presente trabajo consiste en estudiar

1 Baja California, Baja California Sur, Noroeste, Norte, Noreste, Occidental, Central, Oriental y Peninsular.

2 Véase la Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026, página 104. Recuperado de: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf

3 Véase la Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026, página 103. Recuperado de: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf

4 La cual abarca los municipios de Apodaca, García, San Pedro Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina. Según el Censo de Población y Vivienda que elabora el INEGI, en el año 2010, el 88 % de la población se concentra en esta área.

5 Véase la Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026 página 100. Recuperado de: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf

los determinantes que tienen mayor peso en la demanda de energía eléctrica domiciliaria del AMM. Ello debido a que en últimos años Nuevo León es uno de los estados en México que más consumo de energía eléctrica presenta y el consumo en los hogares es de los más altos del país. Por tanto, la idea principal consiste en estimar los factores que más estimulan la demanda de electricidad en los hogares del AMM. Para hacerlo, se caracteriza esta demanda mediante la función Cobb-Douglas, y para obtener resultados se aplica la técnica estadística de series de tiempo, utilizando datos mensuales, para el periodo que va de 1993 a 2010.

El estudio de la demanda de energía eléctrica a nivel regional o de áreas metropolitanas ha sido poco estudiado, principalmente por dos razones: la primera es que el Sistema Eléctrico Nacional se encuentra interconectado y en un momento dado el déficit de energía en una región se puede subsanar con la oferta de otras⁶. Y la segunda es por la falta de datos a nivel regional, lo cual dificulta la aplicación de modelos econométricos. No obstante, su análisis a este nivel es importante ya que nos permite conocer las variables que más impactan en la demanda de electricidad en los hogares de esta región y planear de mejor forma su desarrollo urbano. Además de su posible aplicación en políticas para impulsar una demanda más eficiente.

El trabajo se divide en 4 partes: en la primera, se presenta la evolución de algunas de las variables que consideramos son las que más han estimulado el consumo de energía eléctrica. Para tener un referente de lo que pasa en el estado de Nuevo León, éstas se comparan con las de otros estados con similar desarrollo en México. En la segunda se presenta la revisión empírica de los determinantes de la demanda de energía eléctrica. En la tercera se presenta la metodología y los resultados encontrados del modelo propuesto. Finalmente, en la última sección se brindan las conclusiones del trabajo.

I.COMPARACIÓN

I.1. Actividad económica y consumo de electricidad

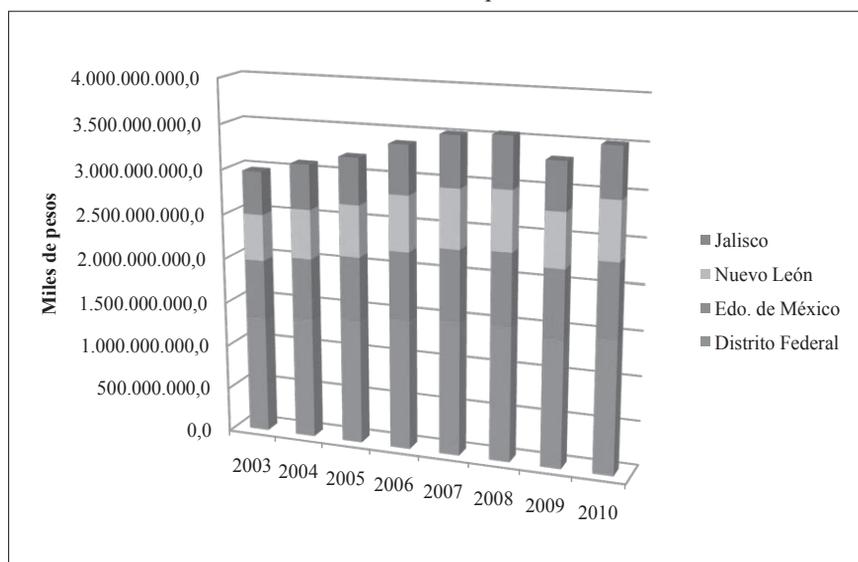
Históricamente los estados que más han contribuido al Producto Interno Bruto (PIB) en México son: el estado de México, Nuevo León, Jalisco y el Distrito Federal. Es en estos lugares donde se ubican las áreas metropolitanas

6 Vale la pena comentar que el consumo del Estado de Nuevo León es casi diez veces más grande en relación a su producción según la página del Observatorio de la Sustentabilidad del Estado Nuevo León. En línea <http://observatorio.sds.uanl.mx/iinSo/030306.html>, recuperado el 29 de octubre de 2012.

más importantes del país. Las cuales se destacan por integrar en su estructura económica conglomerados industriales y de servicios altamente dinámicos.

En orden de prelación el Distrito Federal, el Estado de México, Nuevo León y Jalisco son las entidades que más aportan al Producto Interno Bruto del país, y también, los que más demanda de electricidad hacen. En el 2010, en conjunto, produjeron el 49.29% del PIB y demandaron el 30.1% del consumo de energía eléctrica nacional. Nuevo León aportó el 9.2% del PIB nacional, para situarse así, como el tercer estado con mayor producción, con 659, 310,675 miles de pesos, solo por debajo del Distrito Federal y el Estado de México⁷. Véase el gráfico I.

Gráfico I - Producto Interno Bruto a precios constantes del 2003



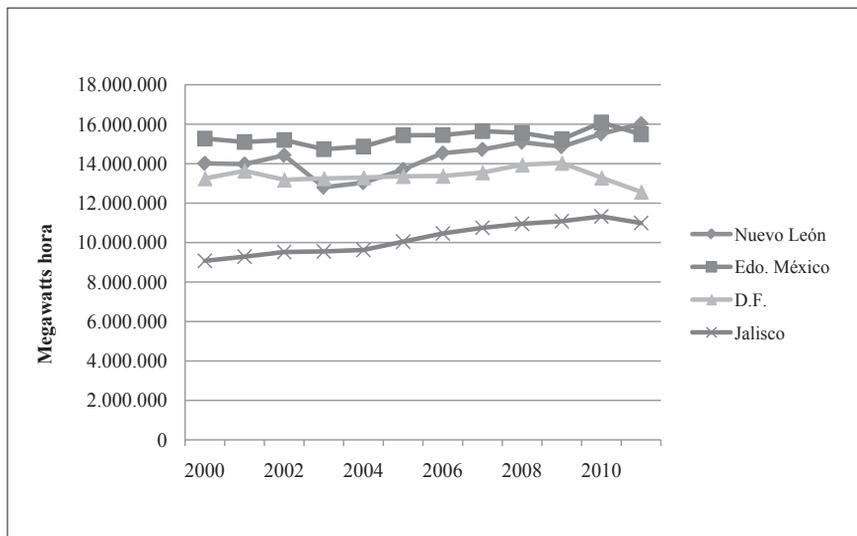
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del INEGI (2011).

En el gráfico anterior es posible observar como el Distrito Federal es por mucho el estado que más peso tiene en la producción de bienes y servicios en el país. De hecho, el D.F. aporta el 20.96% del total nacional. El Estado de México aporta 11.39% y por último Jalisco lo hace con un 7.73% en el año 2010.

⁷ Véase el PIB por entidad federativa a precios del 2003 dentro de las series que ya no se actualizan. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

En lo referente al consumo de energía eléctrica, el Estado de México es el que presenta un mayor nivel de consumo pero con una tendencia promedio estable. En segundo lugar, se encuentra Nuevo León con una clara tendencia a la alza desde 2003. Véase el gráfico II.

Gráfico II - Consumo de electricidad



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la CFE (2011).

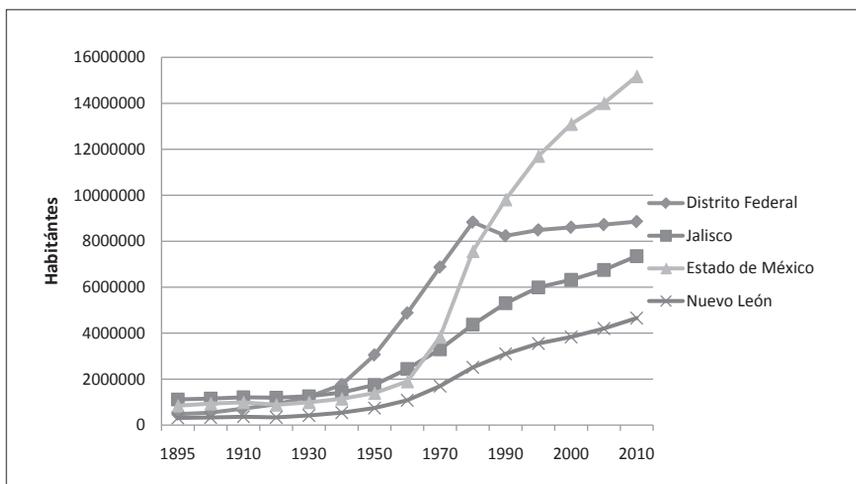
Al visualizar las graficas anteriores uno podría preguntarse ¿Por qué Nuevo León consume más electricidad que el D.F., si este último tiene un nivel de producción más alto (más del doble)?. Por tanto, para explicar la dinámica de crecimiento del consumo del energético en Nuevo León es necesario seguir ilustrando el caso. Y para ello, a continuación se presenta la evolución de algunas variables importantes como la poblacional total y su tasa de crecimiento, así como el número de usuarios en la red y la temperatura media de las regiones.

I.2. Población, usuarios y consumo de energía eléctrica

El Censo de Población y Vivienda del 2010 señala que el Estado de México cuenta con 15,175,862 habitantes, los cuales integran un total de 3,689,053 hogares, siendo esta región la de mayor volumen poblacional del país. Por su parte, el Distrito Federal es el segundo lugar más poblado con 8, 851,080 habitantes, con 2, 388,534

hogares. Asimismo, el estado de Jalisco se encuentra conformado por 7,350,682 habitantes, con 1,802,424 hogares. Por último, Nuevo León es el estado que cuenta con menores niveles de población con 4, 653,458 habitantes integrados en 1,191,114 hogares. Aunque este último actualmente tiene las tasas de crecimiento poblacional más altas de las 4 regiones analizadas⁸. Véase el gráfico III.

Gráfico III- Población por estado (Habitantes)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del INEGI (2011)⁹.

En el gráfico III se puede observar como a partir de 1940 el crecimiento de la población comenzó a incrementarse en el país. Sin embargo, es marcado como el Distrito Federal, el estado de México y Jalisco lo hicieron en mayor proporción que Nuevo León. Dado que el volumen de la población es un determinante importante para explicar el consumo de energía eléctrica en una región, nosotros esperaríamos que el consumo de ella fuera mayor en los estados con más habitantes. Sin embargo, como se muestra más adelante, no necesariamente es así. Otro dato importante que se puede extraer de los datos de la población es su tasa de crecimiento. Véase el cuadro 1. En ella, se observa que los estados con mayor población han alcanzado cierta estabilidad, mientras que Nuevo León presenta tasas muy variables e incrementales, por encima de la media nacional.

8 Véase la página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>.

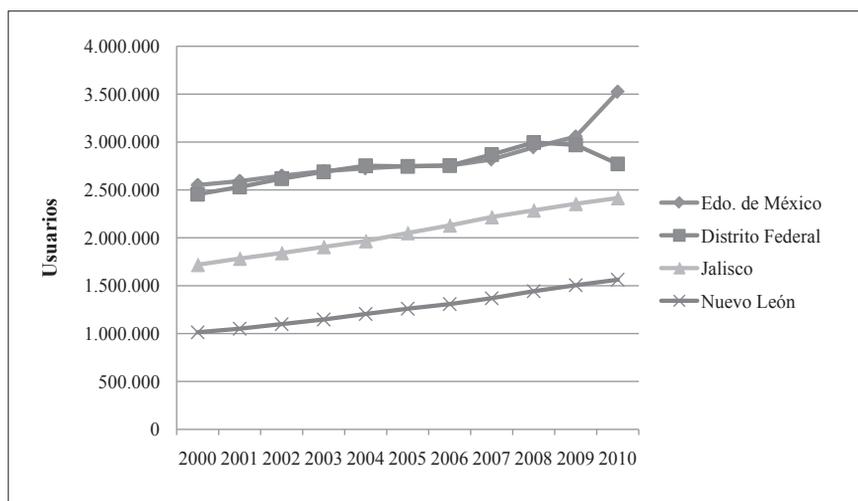
9 Véase la página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>

Cuadro 1 - Tasa de crecimiento media anual de la poblacional por estado

Periodo	Entidad federativa				
	Estados Unidos Mexicanos	Distrito Federal	Jalisco	Edo. de México	Nuevo León
1990-1995	2.1	0.5	2.2	3.2	2.4
1995-2000	1.6	0.3	1.3	2.7	1.8
1990-2000	1.9	0.4	1.8	2.9	2.2
2000-2005	1.0	0.2	1.2	1.2	1.6
2005-2010	1.8	0.3	1.7	1.6	2.1

Fuente: Datos obtenidos de INEGI (2011)10.

Gráfico IV - Usuarios totales en la red



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la CFE (2011).

10 Véase la tasa de crecimiento por entidad federativa en la página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>

En el gráfico IV se observa que el número de usuarios en el Distrito Federal y el Estado de México ha crecido de forma similar con excepción del último año. Si tomamos en cuenta el último año, la tendencia lineal creciente para el Estado de México es la mayor. Pero en este mismo sentido Jalisco y Nuevo León tienen una tendencia claramente creciente desde el inicio del periodo. También cabe señalar que Nuevo León es el estado que tiene el menor número de usuarios en todo el periodo.

El gráfico anterior (IV) se encuentra integrado implícitamente por seis segmentos de usuarios: Domiciliario, Comercial, Servicios, Agrícola, Mediana Industria y Gran Industria. Es importante mencionar que Nuevo León cuenta con el mayor número de usuarios industriales registrados en la red, por lo cual, el consumo de electricidad de estos usuarios jala hacia arriba el consumo total de energía eléctrica en el estado.

Pero aún y cuando este sector representó el 66.9% del consumo total, el 19.47% registrado por el sector domiciliario en el 2010 presenta una característica peculiar que motiva su estudio. Y es que dicho estado cuenta con el menor número de usuarios en la red (1,394,499 hogares) y es el que mayor consumo de electricidad registra en las Áreas Metropolitanas estudiadas. En promedio, un hogar de Nuevo León, en los años analizados, consume aproximadamente casi el doble que un hogar situado en el D.F. o en Jalisco. Y casi 2.4 veces más que el Estado de México¹¹. Esto se puede observar en el gráfico V.

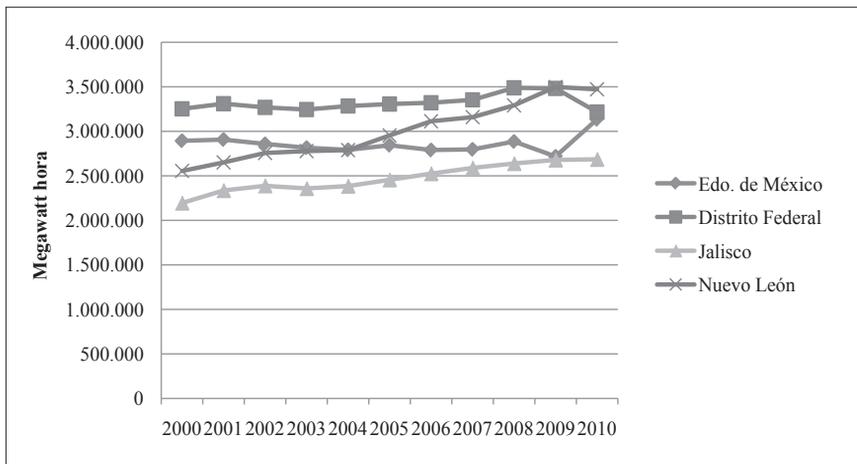
El estado de Nuevo León ocupó el primer lugar en el consumo domiciliario de electricidad en el año 2010. Sin embargo, desde el año 2000 ya se veía una tendencia muy marcada a la alza. Ello, en contraste con el Distrito Federal el cual presenta un consumo más estable en todo el periodo y con tendencia a la baja.

I.3. Temperatura y consumo de energía eléctrica

Hemos visto que el crecimiento de la población o el número de usuarios/hogares pudiera ser un factor importante en el consumo de energía eléctrica. Sin embargo, la temperatura puede ser otro factor que nos pudiera explicar las diferencias de consumo entre cada región. Teniendo en cuenta que Nuevo León es el estado que presenta los climas más extremos, la necesidad de climas artificiales en los hogares pudiera estar incentivando sus altos consumos. Véase el gráfico VI.

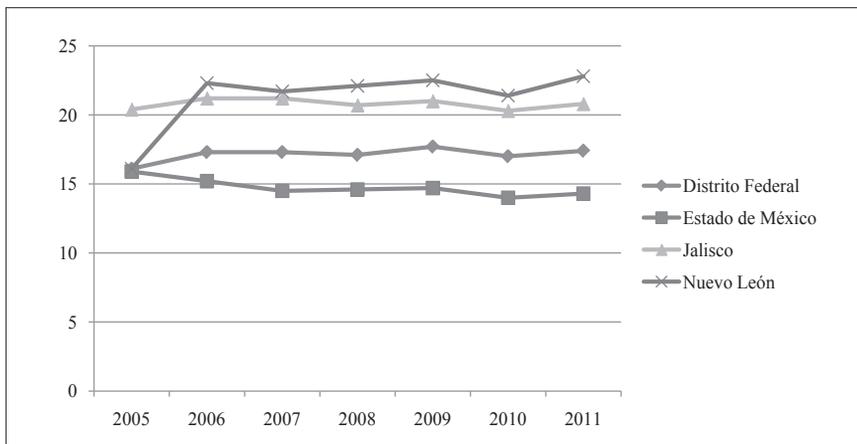
11 El consumo medio reportado por CFE al 2010 del estado de Nuevo León es de 211 KWh/usuario, el de Estado de México es de 88 KWh/usuario, el del Distrito Federal es de 110 KWh/usuario y el de Jalisco es de 110 KWh/usuario.

Gráfico V- Consumo doméstico



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la CFE (2011).

Gráfico VI - Temperatura Promedio en Grados Centígrados



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la CNA (2011)12.

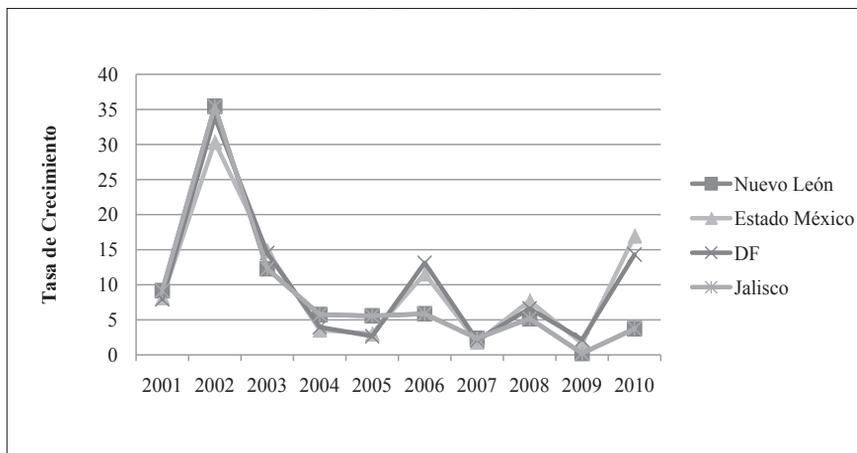
¹² Véase el reporte de temperatura media mensual de la Comisión Nacional del Agua. Recuperado de: http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12:temperatura-y-precipitacion&catid=6:slider&Itemid=65

En este gráfico se puede observar cómo la temperatura promedio del estado de Nuevo León es de 23 grados centígrados aproximadamente. Adicionalmente, se encontró que el estado ha llegado a presentar temperaturas de hasta 46 grados centígrados en el mes de mayo y temperaturas cercanas o por debajo de los 0 grados centígrados en el mes de enero. El Distrito Federal, por su parte, presenta una temperatura media anual de 16 grados centígrados, registrando la temperatura más alta, mayor a 25 grados centígrados en los meses de marzo a mayo y la más baja, alrededor de 5 grados centígrados en el mes de enero. El Estado de México presenta una temperatura media anual de 14.7 grados centígrados, sus temperaturas más bajas se presentan en los meses de enero y febrero con alrededor de 3.0 grados centígrados y la temperatura máxima promedio se presentan en abril y mayo en alrededor de 25 grados centígrados. Y por último, Jalisco presenta una temperatura media de 21 grados centígrados con temperaturas máximas de hasta 32 grados centígrados en abril y mayo. Pero como lo mencionamos anteriormente, Nuevo León es la región con el clima más extremo y, aunque en promedio como se observa en el gráfico, Nuevo León y Jalisco no se encuentran muy distantes, las temperaturas extremas alcanzadas en el primero pueden propiciar una mayor demanda de energía eléctrica.

Sin embargo, para que un hogar pueda equipar su hogar con sistemas de enfriamiento y calefacción debe contar con el suficiente poder adquisitivo. En este sentido, los ingresos de los hogares en la región también serán importantes para explicar el consumo de energía eléctrica¹³. Esto último también se relaciona con el hecho de que el servicio de este producto es suministrado por el Estado. Al ser un producto básico, utilizado en casi todos los enseres y equipos domésticos, el Estado, pensando en el bienestar de las familias, ha subsidiado el precio de la electricidad usada en los hogares, de manera que el precio no refleja las condiciones reales del mercado. En el siguiente gráfico VII se puede observar su tendencia a la baja, siendo mayor en los estados de Nuevo León y Jalisco.

¹³ En lo referente a los ingresos económicos estatales, el Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. señala que en el 2012 el Distrito Federal cuenta con el ingreso per cápita más alto (\$169,798.00), seguido de Nuevo León con \$144,049.00, Jalisco con \$78,324.00 y Estado de México con \$53,981.00. Recuperado de: http://imco.org.mx/indice_de_competitividad_estatal_2012/archivos/libro/Indice_de_Competitividad_Estatal_2012.pdf.

Gráfico VII - Tasa de Crecimiento de los Precios Medios del Servicio Doméstico



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la CFE (2011).

II. REVISION EMPIRICA

La electricidad es un bien que por sus características físicas no puede almacenarse, por lo cual, para la mayor parte de sus aplicaciones se consume a la par que se produce. Por tal motivo se han desarrollado diversos estudios para ayudar a entender los determinantes del consumo de energía eléctrica por hogar, región o país, ya sea empleando datos agregados en series de tiempo o encuestas en datos de corte transversal. Algunos autores que han abordado el tema mediante series de tiempo son Bernt y Samaniego (1983), Chang y Martínez (2003), Hondroyiannis (2004), Dergiades y Tsoulfidis (2008), Athukorala y Wilson (2010).

Berndt y Samaniego (1983) estiman la demanda de energía eléctrica en México empleando un modelo de ajuste parcial; los autores comentan que en países en desarrollo es importante incluir en el modelo una variable que capte el acceso de nuevos usuarios. Berndt y Samaniego encuentran una elasticidad precio e ingreso inelástica tanto en el corto como en el largo plazo.

Chang y Martínez (2003) emplean series de tiempo de 1985 al 2000 y el enfoque de cointegración con el modelo de corrección de error (ECM) para estimar los efectos de corto y largo plazo del consumo de energía eléctrica para los tres sectores (residencial, industrial y comercial) en México. La diferencia del modelo

empleado por los autores y el ECM comúnmente utilizado en otros trabajos es que asumen que los parámetros son variantes en el tiempo. Chang y Martínez concluyen que usar esta metodología genera betas más pequeños respecto al ECM tradicional y encuentran que la elasticidad ingreso es menor que 1 en los tres sectores y que, cuando se emplea esta metodología, los precios se vuelven irrelevantes en el largo plazo.

Hondroyannis (2004) examina los efectos de corto y largo plazo de la demanda residencial de electricidad en Grecia empleando datos mensuales de 1986 a 1999. El autor encuentra que en el largo plazo la demanda es afectada por el precio, el ingreso y las condiciones climatológicas en tanto que en el corto plazo la demanda no reacciona al precio ni a las condiciones climáticas.

Dergiades y Tsoulfidis (2008) estiman la demanda residencial de electricidad en los Estados Unidos, en función del ingreso per-cápita, el precio real promedio de la electricidad en centavos por kilowatt hora, el precio del petróleo, condiciones climatológicas y el número de viviendas ocupadas de 1965 al 2006, en frecuencia anual. Los autores emplean un modelo de rezagos distribuidos y cointegración (ARDL), este enfoque es preferido sobre el test de cointegración de Johansen y Juselius ya que es posible estimar el modelo en presencia de variables de distinto orden por ejemplo $I(0)$ e $I(1)$ (Pesaran y Pesaran, 1997). Las estimaciones indican que la elasticidad precio de largo plazo es de -1.06 y la de corto plazo de -0.38, la elasticidad ingreso de largo plazo es de 0.27 y la de corto plazo es de 0.101 en tanto que las condiciones climatológicas de largo y corto plazo son 0.72 y 0.23 respectivamente.

Athukorala y Wilson (2010) estiman los efectos de corto y largo plazo de la demanda residencial por energía eléctrica en Sri Lanka. Emplean un precio promedio real elaborado por ellos mismos, el PIB per cápita real, precio promedio del queroseno, el gas licuado y el consumo per cápita de electricidad domiciliaria de 1960 al 2007 en frecuencia anual; para ello utilizan el enfoque de cointegración y el ECM. Los autores encuentran que el consumo tiene una elasticidad precio de corto plazo de -0.16 y de largo plazo de -0.62, así como una elasticidad ingreso de corto plazo de 0.32 y de largo plazo de 0.78.

III. METODOLOGIA

III. 1. El modelo

La demanda de energía eléctrica puede representarse sencillamente mediante una función de demanda estilo Cobb-Douglas para describir el consumo residencial de electricidad en el AMM. (Donatos y Mergos, 1991; Silk y Joutz, 1997; Hondroyiannis, 2004). Las variables explicativas propuestas son las más relevantes en los trabajos que sobre el tema se han utilizado, además de que, como se vio con anterioridad, son relevantes para estudiar este fenómeno en la región y el Estado.

$$Q_t = AY_t^{\beta_1} Pe_t^{\beta_2} Pg_t^{\beta_3} U_t^{\beta_4} T_t^{\beta_5} e^{E_t} \quad (1)$$

Aplicando logaritmos

$$\ln Q_t = \alpha_0 + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln Pe_t + \beta_3 \ln Pg_t + \beta_4 \ln U_t + \beta_5 \ln T_t + E_t \quad (2)$$

Donde Q_t es el consumo residencial de electricidad en el periodo t medido en megawatts hora (MWh). Y_t es el ingreso medido por el índice de la actividad económica nacional. Pe_t es el precio real de la electricidad medida como un índice. Pg_t es el precio real del gas medido como un índice. T_t es la temperatura media. U_t es el número de usuarios del servicio. Y , por último, la variable E_t capta el error del modelo. Estimar la ecuación (2) mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) nos indica los efectos de largo plazo, sin embargo, para que los resultados no sean espurios es necesario probar que las variables estén cointegradas¹⁴. Es importante mencionar que el consumo de energía eléctrica y el número de usuarios del sector domiciliario del Estado de Nuevo León y el AMM se obtuvieron de la Secretaría de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad. El precio de la energía eléctrica, y el precio del gas, son índices de precios reales tomados del Banco de México. Ante la falta del PIB estatal por no existir datos oficiales sobre esta variable para el periodo, se optó por utilizar el índice de la actividad económica nacional como medida aproximada

¹⁴ Si existe cointegración se dice que las variables guardan una relación estable de largo plazo, Véase Gujarati (2004).

del ingreso¹⁵. En tanto que la temperatura media se tomó de la página de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

III.2. Resultados

Según el Censo de Población y Vivienda que elabora el INEGI, en el año 2010, el estado de Nuevo León se encuentra conformado por 4,653,458 habitantes, los cuales integran un total de 1,191,114 hogares. El consumo promedio de energía eléctrica domiciliar del AMM es de 192,393.7 MWh mensual. En tanto que el promedio per cápita diario es de 7.535 KWh. El número de hogares es de 821,081.9, en donde cada uno de ellos en promedio cuenta con aproximadamente 3.9 individuos¹⁶. Por último, se encontró que la temperatura promedio máxima registrada en el periodo de análisis es de 36.27 grados centígrados. Véase el cuadro 3.

Cuadro 3 - Estadísticas Básicas para el AMM

	Consumo MWh	Consumo KWH/percapita	Usuarios	Temperatura Máxima
Media	192393.7	7.535	821081.9	36.27
Máximo	392894	12.12	1209103	46
Mínimo	96300	5.07	562598	28
Desviación Estándar	0.774	1.6	176143.1	3.8
Observaciones	211	211	211	211

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE y la CNA.

¹⁵ La idea de introducir esta variable fue básicamente porque los pocos datos del PIB estatal se mueven en la misma dirección del PIB nacional y por tanto nos podría ayudar a captar algunos efectos. Pero se reconoce que la carencia de datos a nivel mensual es una limitante importante. Se decidió su empleo, básicamente como una variable aproximada por no existir datos mensuales del PIB para Nuevo León para el periodo estudiado.

¹⁶ Esta variable capta los incrementos en la población y por cada usuario en promedio representa 3.23 habitantes.

Antes de estimar el modelo propuesto, es necesario determinar si las variables son estacionarias (media y varianza no varían a lo largo del tiempo), ya que si no lo son, se corre el riesgo de presentar relaciones espurias. Para ello, se estimó la prueba de Dickey Fuller Aumentada (ADF), en donde los resultados encontrados indican que las variables fueron no estacionarias a nivel, por lo que fue necesario transformarlas mediante una diferenciación para hacerlas estacionarias¹⁷. Véase el cuadro 4.

Cuadro 4 - Pruebas de raíz unitaria

Variables	Datos a nivel			Primeras diferencias			Orden de Integración
	Constante	Constante y tendencia	Ninguna	Constante	Constante y tendencia	Ninguna	
Consumo Electricidad	-0.0065	-2.469	3.189	-7.803*	-13.025*	-6.9075*	I(1)
Precio Electricidad	-1.746	-2.069	-0.117	-16.949*	-16.906*	-16.988*	I(1)
Precio Gas	-2.223	-3.798*	-0.221	-12.658*	-12.682*	-12.680*	I(1)
Ingreso (IGAE)	-1.626	-3.227**	1.164	-3.154*	-3.176**	-2.846*	I(1)
Usuarios	2.587	-0.660	5.532	-12.839*	-13.400*	-15.221*	I(1)
Temperatura promedio***	-2.927*	-2.881	-0.183	-13.506*	-13.484*	-13.541*	I(1)

* Estadísticamente significativas al 5% de confianza valores de MacKinnon, entonces se rechaza la hipótesis nula por lo que la variable es estacionaria.

** Estadísticamente significativas al 10% de confianza, entonces se rechaza la hipótesis nula por lo que la variable es estacionaria.

*** La variable temperatura es no estacionaria al 1% sin embargo para efectos del ejercicio la tomaremos como I(1).

¹⁷ La diferenciación puede representarse como $Y_t - Y_{t-1}$ en datos anuales; $Y_t - Y_{t-12}$ en datos mensuales. En donde el orden de integración corresponde al número de veces que se diferencia la variable inicial. En nuestro caso se diferencio una sola vez I(1).

En el cuadro anterior se observa que las variables se vuelven estacionarias al tomar sus primeras diferencias. Una vez identificado que el orden de las variables económicas es el mismo $I(1)$, estimamos mediante MCO la ecuación 2, de donde se obtiene el residuo y se le aplica la prueba ADF. La idea aquí es encontrar un residuo estacionario. Si esto sucede, podemos decir que las variables están cointegradas. Véase el cuadro 5.

Cuadro 5 - Prueba ADF. Residuo de la regresión inicial

Estadístico	Ninguna
ADF	-13.774*

* Estadísticamente significativas al 1% de confianza valores de MacKinnon.

El estadístico de Mackinnon nos indica que efectivamente el residuo de la ecuación 2 es estacionario, de manera que los resultados obtenidos con el modelo propuesto no presentan el problema de la regresión espuria. Véase la estimación en el cuadro 6.

Cuadro 6 - Impactos de las variables sobre el consumo¹⁸

Variable	Coefficiente	Error Estándar
Constante	0.079	0.940
Precio Electricidad	-0.280*	0.122
Precio Gas	-0.036	0.109
Ingreso	0.891*	0.263
Usuarios	0.494*	0.212
Temperatura	0.367*	0.074
R-cuadrada	0.703	
Durbin-Watson	0.572	

* Estadísticamente significativas al 5% de confianza.

** Estadísticamente significativas al 10% de confianza.

¹⁸ Se estima un modelo doble logarítmico mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios. Al estimar el modelo en logaritmos, el coeficiente estimado se puede interpretar como elasticidad o como la sensibilidad que presenta el consumo de energía eléctrica ante la variación de 1 % de cualquiera de las variables analizadas en la tabla 3. Si el coeficiente estimado es mayor que 1 en términos absolutos, se dice que el consumo es altamente sensible (elástico); si es menor que 1, el consumo no es nada sensible (inelástico); y si es igual a 1 se dice que es unitario, es decir se mueven en relación proporcional.

Los resultados del cuadro 6 muestran que el precio del servicio, la variable proxy que se usa como medida de ingreso y los usuarios tienen el signo esperado por la teoría económica y son estadísticamente significativos. En tanto que el precio del gas no es significativo y por tanto no es diferente de cero en el largo plazo¹⁹. Por último, la temperatura presenta un signo positivo, indicando que si esta se incrementa el consumo de energía eléctrica domiciliaria también lo hará²⁰.

Los resultados estimados nos indican que el consumo de energía eléctrica domiciliaria en el AMM no es muy sensible a los cambios en el precio. Ello, debido a que su coeficiente 0.280 es menor que 1. En otras palabras podemos decir que si el precio del servicio se incrementa en 1%, la cantidad consumida del energético se reduce en 0.280%. Resultado hasta cierto punto razonable ya que la provisión para servicio de casa-habitación, es necesario para el confort por el uso de aparatos eléctricos en los hogares.

El ingreso, que es aproximado por el índice general de la actividad económica nacional, tiene un coeficiente positivo y estadísticamente significativo y muy cercano a 1. Por lo tanto, y con muchas reservas, podemos decir que el consumo de energía eléctrica se mueve casi en la misma proporción que los incrementos en el ingreso. Es decir, un incremento del 1% del ingreso, incrementa en 0.891% el consumo de la región. Por otra parte, el número de usuarios fue positivo y estadísticamente significativo, su parámetro es menor que 1 pero mayor que el coeficiente obtenido por el precio, por lo cual podemos decir que un incremento del 1% en el número de usuarios, incrementará en 0.494%, el consumo de energía eléctrica domiciliaria. De ahí que sea necesario caracterizar el perfil de consumo de los hogares de la región, ya que ello permitirá generar políticas específicas que puedan ayudar al manejo sustentable de la misma.

La temperatura media nos indica que un incremento del 1% en ella, incrementa en 0.36% el consumo de electricidad domiciliaria de la región. Por lo tanto, si la temperatura continúa elevándose debido al cambio climático, el pago por los servicios de energía eléctrica seguramente se incrementará principalmente por el uso de aire acondicionado dentro del hogar.

¹⁹ El valor bajo de la prueba Durbin-Watson nos hace pensar que el modelo puede ser espurio. Para descartar esta posibilidad se aplicó la prueba de ADF sobre el residuo. La prueba “t” basada en los valores de MacKinnon nos indican que la hipótesis nula de raíz unitaria se rechaza al 5% de confianza y por lo tanto, el residuo es estacionario o cointegrado.

²⁰ Es importante mencionar que el modelo presentó problemas de autocorrelación y fue corregido mediante la matriz de errores estándar de Newey-West.

CONCLUSIONES

En este trabajo se analiza el efecto que tienen algunas variables estratégicas como el crecimiento de la población captado por el número de usuarios en la red, la temperatura promedio de la región, así como el efecto del precio del servicio y el ingreso sobre el consumo de energía eléctrica domiciliar. La idea central consistía en responder a las siguientes preguntas: ¿Qué factores son los que estimulan el crecimiento en el consumo de energía eléctrica domiciliar del AMM en Nuevo León? Y ¿Cuál de estos factores es el que más incide en el consumo?

El análisis se realizó en dos partes. En la primera, se presentó el análisis descriptivo de las variables estratégicas y en la segunda parte, se estimó un modelo de regresión con series de tiempo de 1993 al 2010 en frecuencia mensual. Del análisis descriptivo se encontró que Nuevo León es el tercer estado que más Producto Interno Bruto genera y el estado que más consumo de energía eléctrica por hogar presenta, aproximadamente 2.4 veces más que el Estado de México, lugar que registra el mayor número de usuarios en la red. Asimismo, se encontró que aún y cuando Nuevo León es el estado que menos volumen poblacional tiene respecto a las otras entidades, dicha región es la que presenta tasas de crecimiento poblacional más elevadas. Lo cual seguramente tiene algún efecto en los incrementos en el consumo energético.

Al revisar los datos históricos sobre temperatura, se pudo encontrar que Nuevo León presenta una temperatura media anual de 23 grados centígrados, llegando alcanzar más de 40 grados centígrados en verano y menos de 0 grados centígrados en invierno. Siendo así el estado más extremo de los 4 analizados. Lo anterior podría hacernos pensar que las altas temperaturas registradas en el estado son el principal factor que estimula el crecimiento del consumo de energía eléctrica en los hogares. Sin embargo, al realizar el análisis estadístico se encontró que el efecto captado por el ingreso de la región tiene el mayor impacto sobre el consumo de energía eléctrica domiciliar. Esto nos indica que al incrementarse la actividad económica de la región, los individuos incrementan sus ingresos demandando o usando más tiempo los productos electrodomésticos, –aires acondicionados, computadoras, etc. – que usan energía eléctrica para funcionar y que facilitan el actual estilo de vida. Y que en el caso de los sistemas de enfriamiento y calefacción son empleados con mayor frecuencia debido a las temperaturas de la región²¹.

²¹ Sin embargo, debe tenerse cuidado con este resultado, ya que como se mencionó anteriormente, la variable que capta los movimientos del ingreso es una variable proxy.

En segundo término, el impacto del crecimiento de la población captado por el número de usuarios en la red fue la variable que nos ayudó a explicar las variaciones del consumo. En tanto que el efecto de la temperatura media de la zona es la tercera variable que nos ayudó a explicar el comportamiento del consumo de electricidad.

El precio, por su parte, no tiene el impacto que se esperaría. La demanda de los hogares cambia poco con el cambio de precios. Recordemos que en nuestros días éste es un artículo de primera necesidad en cualquier hogar, pues la mayoría de los enseres y aparatos en cualquier hogar la utilizan -de hecho, se puede ver como un signo de bienestar familiar y social, razón, esta última, por la cual el gobierno subsidia el precio-. La necesidad de su uso en los hogares hace que su demanda varíe poco ante variaciones en el precio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Athukorala, P.P.A W., & Wilson, C. (2010). Estimating short and long-term residential demand for electricity: New evidence from Sri Lanka. *Energy Economics*, 32 (10), 534-540.
- Banco de México (Banxico). (2012). Índice de precios al consumidor por objeto de gasto. Recuperado de http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CP56§or=8&l_ocale=es
- Berndt, R.E., & Samaniego, R. (1983). *Residential electricity demand in Mexico. A model distinguishing access from consumption*. WP: MIT.
- Chang, Y., & Martínez, C.E. (2003). Electricity demand analysis using cointegration and ECM. Working Paper. Recuperado de <http://www.ruf.rice.edu/~econ/papers/2003papers/08Chang.pdf>.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2011). Estadísticas por sector, México. Recuperado de <http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Estadistica.aspx>
- Comisión Nacional del Agua (CNA). (2011). Temperatura y precipitación, México. Recuperado de http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12:temperatura-y-precipitacion&catid=6:slider&Itemid=65
- Dergiades, T., & Tsoulfidis, L. (2008), Estimating residential demand for U.S. *Energy Economics*, 30, 2722-2730.
- Donatos, G. S., & Mergos, G. J. (1991). Residential demand for electricity: the case of Greece. *Energy Economics*, 13 (1), 41-47.

- Gujarati, N.D. (2004). *Econometría* (4a ed.). México: McGraw Hill, Inc.
- Hondroyannis, G. (2004). Estimation residential demand for electricity in Greece. *Energy Economics*, 26, 319–334.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2012). Censos de Población y Vivienda, Población total por entidad federativa. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2012). Banco de Información Económica, Estadísticas del PIB por entidad federativa Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2012). Censos de Población y Vivienda, Tasa de crecimiento poblacional por entidad federativa Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO). (2013). Índice de Competitividad Estatal. Recuperado de http://imco.org.mx/indice_de_competitividad_estatal_2012/archivos/libro/Indice_de_Competitividad_Estatal_2012.pdf >
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2010). *World Urbanization Prospects. The 2009 Revision*. Nueva York: ONU. Recuperado de http://esa.un.org/unpd/wup/Documents/WUP2009_Highlights_Final.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno de Nuevo León (SEDESU). (2012). Programa de Acción ante el Cambio climático Recuperado de http://www.nl.gob.mx/pics/pages/sdsustentable_cambio_climatico_base/PACC-NL.pdf
- Secretaría de Energía (SENER). (2011). Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026. Recuperado de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf
- Secretaría de Energía (SENER). (2011). Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026. Recuperado de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf
- Silk, J. I., & Joutz, F. (1997). Short and long run elasticities in US residential electricity demand: a co-integration approach. *Energy Economics*, 19, 493–513.

© 2014 por los autores; licencia otorgada a la Revista Estudios Económicos. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Atribución-No Comercial 3.0 Unported (CC BY-NC 3.0) de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>