



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

XLVIII Reunión Anual

Noviembre de 2013

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-1-5

LA DEMANDA ENERGÉTICA: UNA
APRECIACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO
POBLACIONAL

Gonzalez Sutil Gabriel



UCA | **Pontificia Universidad Católica Argentina**
Santa María de los Buenos Aires

La Demanda Energética: Una Apreciación del Envejecimiento Poblacional

Agosto 2013

Por Gabriel González Sutil

Tutor Dr. Guillermo Sabbioni Pérez

gsutil@macroanalistas.com.ar

gabo_gsutil@hotmail.com

Resumen

La demanda de energía se ha vuelto el centro de atención en el sector. Diversos autores han tratado de comprender las dinámicas subyacentes de la misma. No obstante, el envejecimiento poblacional ha sido apartado del análisis en cuestión. El presente trabajo analiza el impacto de este proceso en la demanda energética, y centra su atención particularmente en el consumo final per cápita. Las regresiones permiten concluir que el envejecimiento implica un incremento del consumo de energía por persona. Sin embargo, alcanzado un nivel máximo aumentos de la edad generan menores niveles de consumo.

JEL: Q41

Abstract

Energy demand has become a core element in the sector. Different authors have been trying to understand its underlying dynamics. However, aging has been excluded from the analysis. This paper analyzes the impact of this process in the energy demand, and it particularly focuses in end-user consumption. The regressions show that aging produces an increase in per capita energy consumption. After a certain point, however, further increases in age generate lower energy consumption levels.

JEL: Q41

1. Introducción

La energía, entendida como un concepto genérico que no discrimina entre sus distintas fuentes, es un insumo fundamental y básico para el desarrollo social y económico de las sociedades modernas. La importancia de estos recursos se remonta a tiempos inmemorables, cuando el hombre aprendió a utilizar el fuego y comenzó a manipular las distintas fuentes energéticas sobreviviendo en un medio adverso condicionado por sus características naturales. De este modo, el ser humano fue capaz de mejorar sus estándares de vida a medida que basaba el entramado social y económico de las distintas sociedades en una dependencia cada vez más estrecha con este insumo.

A partir de la revolución industrial, y con la posterior explosión tecnológica, el desarrollo industrial se reflejó en un impresionante crecimiento de la demanda energética. Inmediatamente, diversos estudios se centraron en comprender las causas que se encontraban detrás de este proceso buscando predecir las necesidades futuras en términos energéticos. El mal abordaje del análisis de las causas conlleva desequilibrios estructurales como el desabastecimiento energético, déficits en la balanza comercial, pérdidas de reservas¹ y límites al crecimiento económico². En consecuencia, las distintas investigaciones comprobaron que el desarrollo económico, social y geoestratégico viene determinado por la capacidad de abastecer la demanda energética³.

El objetivo de este trabajo es analizar, desde el punto de vista de la teoría económica, la relación entre las dinámicas demográficas y la demanda energética en el largo plazo. Es bien sabido que la importancia de los cambios demográficos en las variables macroeconómicas es de tal magnitud que son equivalentes a los efectos del calentamiento global sobre la ecología. A pesar de ello, llama la atención la escasa importancia que se le asigna a estas dinámicas a corto plazo, justificándose en que éstos son procesos de largo plazo⁴. Éste es el motivo por el cual la literatura se ha centrado en describir la relación de la demanda energética con otras variables, excluyendo a este factor de gran relevancia para el futuro energético y geoestratégico mundial.

En particular, este trabajo se centra en el envejecimiento poblacional, entendido como la consecuencia de un conjunto de tendencias demográficas que afectan de manera significativa el comportamiento de ciertas variables macroeconómicas. Si bien este fenómeno puede tener diversos efectos sobre la demanda energética, este trabajo se apoya en la teoría de que existe una relación cuadrática cóncava⁵ entre el consumo de energía por persona y la edad poblacional. Esta relación tiene lugar dado que, en una primera instancia, a medida que las personas envejecen aumenta la población económicamente activa, el

¹ Basta con ver la actualidad de la economía Argentina como para comprender como el peso del déficit energético puede condicionar el saldo de la balanza de pagos.

² La energía actúa como un insumo en los procesos productivos. Diversos autores definen una función en la que la disponibilidad de energía condiciona el crecimiento económico:

$$Y = f(k, l, e)$$

³ A lo largo de la historia de la humanidad muchos actos bélicos fueron motivados por motivos energéticos, aunque no se haya explicitado el verdadero motivo del conflicto.

⁴ Ricardo H. Arriazu (Marzo 2003). "Lecciones de la Crisis Argentina: Bases Programáticas para un Esquema de Desarrollo Sustentable". Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. Página 60.

⁵ Sea $f(x) = ax^2 + bx + c$ el criterio de una función cuadrática. La concavidad de la parábola depende del valor que tenga la constante a , en efecto, si $a > 0$ la parábola es convexa y posee un punto mínimo. En el caso que $a < 0$ la parábola es cóncava y posee un punto máximo. Este punto máximo o mínimo corresponde al vértice de la parábola.

transporte de las personas y la demanda de bienes de consumo. En consecuencia, se incrementa el consumo energético por persona. Sin embargo, llegado a un máximo, el aumento de la edad promedio de una sociedad implicaría un menor consumo energético per cápita.

La estructura para el resto de este estudio es la siguiente. Se comienza con una revisión de distintos trabajos que exploran los determinantes de la demanda energética, pero que no percatan la relación descrita a lo largo del resto del análisis. En la siguiente sección se procede a describir la construcción de la base de datos y se explica la metodología utilizada para definir un modelo econométrico simple que refleje la hipótesis planteada. En la tercera sección se exponen los resultados correspondientes a la regresión, incorporando el análisis correspondiente y las conclusiones del trabajo.

2. Antecedentes Bibliográficos

Es indudable que la energía⁶ ha tenido un rol importante en el desarrollo social y económico de los países. Como afirma el Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (2011)⁷, la disponibilidad energética puede condicionar el crecimiento económico, del mismo modo que dicho crecimiento puede amenazar la sustentabilidad energética. Al mismo tiempo, “el bajo acceso a la misma genera condiciones de vida precarias, afectando la productividad [...] de manera indirecta. Garantizar un servicio energético más eficiente e inclusivo permite mejorar el sistema educativo, las comunicaciones, el transporte, etc., dando lugar a una vida digna donde se puedan cubrir las necesidades básicas”⁸.

La historia de la humanidad demuestra que el inicio de la concepción de la energía como un insumo central se asocia con el descubrimiento del fuego. Sin embargo, ésta adquirió una significancia relevante en la era moderna, luego de la revolución industrial. El consumo de carbón y, luego, petróleo y gas natural implicó un crecimiento exponencial de la demanda energética que sigue sorprendiendo a los especialistas. El nivel de demanda mundial alcanzado en 2010 representó una variación de 80,6 por ciento respecto a los alcanzados en 1980 (16,6 por ciento en términos per cápita). Por lo tanto, entender los factores que determinan la demanda energética es el primer paso para entender la situación actual y futura del sector energético.

A lo largo de los años, diversos autores han desarrollado una teoría basada en el conocimiento de la demanda de energía. Por ejemplo, Zhu y Zhao (2011)⁹ lograron refutar la hipótesis de neutralidad –que significa que el consumo energético no condiciona el crecimiento económico, y viceversa- demostrando la existencia de una relación bidireccional entre las variables. Asimismo, los autores diferenciaron la relación entre el corto y el largo plazo. Por un lado, en el corto plazo el consumo energético determina el crecimiento económico de un país. Por otro lado, en el largo plazo el crecimiento económico determina el consumo energético.

⁶ El manual de contenidos didácticos sobre energía publicado por la Secretaría de Energía de la Nación Argentina la define como la capacidad que tiene la materia para originar un trabajo. Este último es entendido como el resultado de una fuerza aplicada sobre un objeto que necesariamente debe desplazar o modificar a dicho cuerpo.

⁷ Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (Febrero 2011). “Cambio Global España 2020/2050. Energía, Economía y Sociedad”. Editoriales CCEIM y Fundación CONAMA. Asturias, España. Páginas 92 a 94.

⁸ Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. Op. cit. Página 91.

⁹ Qu Ji Zhu y Ding Tao Zhao (2011). “Casuality Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth: Base on Panel Data on Provinces in China”. Management School, University of Science and Technology of China. R.P. China. Páginas 825 y 826.

Simultáneamente, Agostini, Plottier y Saavedra (2011)¹⁰, definieron la demanda residencial de energía eléctrica en Chile, ampliando el bagaje teórico. Los autores explicaron que el corto plazo es el período donde el stock de bienes durables se considera como dado y, en consecuencia, la energía funciona como insumo en los procesos productivos, limitando el crecimiento económico.

En particular, y de acuerdo al estudio de Gil (2006)¹¹, el corto plazo corresponde a un período de 1 a 3 años. Asimismo, los autores definieron el largo plazo como el período donde los usuarios energéticos pueden modificar el stock durable de bienes y el modo en que es utilizado. Por lo tanto, el consumo de energía es concebido como una demanda derivada del nivel de stock de bienes durables y del ingreso personal.

Estudios previos, como el de Soytaş y Sari (2003)¹², ya diferenciaban la relación entre el corto y el largo plazo. Estos autores demostraron que ambos períodos se encuentran estrechamente vinculados. Por lo tanto, en un momento de tiempo t , la implementación de políticas que mejoren la eficiencia energética –dinámicas de largo plazo- tendrán impacto en el corto plazo del período siguiente. No obstante, los autores aclaran con énfasis que los análisis de cada período deben ser independientes y diferenciados.

Concretamente, diversos trabajos se han centrado en definir las dinámicas subyacentes a la evolución de la demanda energética en el largo plazo, diferenciándose de otros análisis. Por ejemplo, Judson, Schmalensee y Stoker (1998)¹³ evidenciaron una relación de U invertida entre el ingreso per cápita y el consumo energético, y por ende, una elasticidad que varía a lo largo del tiempo. Los autores adjudicaron esta dinámica a la influencia de la intensidad energética de los países. Por su parte, la bibliografía definió a la intensidad energética como un indicador de la eficiencia total de una economía, donde un mayor nivel de intensidad implica una menor eficiencia energética. Uno de los métodos de cálculo de la misma es en base a la relación entre el consumo energético y el producto de un país, y se interpreta como "se necesitan x unidades de energía para producir 1 unidad de riqueza".

Estudios posteriores, Hemmati (2006)¹⁴ y Gil¹⁵, corroboraron las conclusiones adquiridas previamente: alcanzado un nivel de producto las mejoras en eficiencia generan un menor consumo industrial y residencial, que corresponden a las dos demandas sectoriales de mayor intensidad energética-. Sin embargo, los autores destacan un aumento del consumo en transporte derivado de un incremento del poder adquisitivo de las personas, pero que no compensa totalmente la caída en los demás sectores. Por lo tanto, se concluye que existe una relación de U invertida entre el consumo per cápita de energía y el producto bruto por persona de largo plazo.

¹⁰ Claudio A. Agostini, M. Cecilia Plottier y Eduardo H. Saavedra (Julio 2011). "La Demanda Residencial por Energía Eléctrica en Chile". Santiago de Chile, Chile. Páginas 5 y 6.

¹¹ S. Gil (2006). "Demanda de Gas Natural en Argentina". Escuela de Ciencia y Tecnología, Departamento de Ciencia, UBA. Buenos Aires, Argentina. Página 1.

¹² Ugur Soytaş y Ramazan Sari (2003). "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets." Elsevier Science B.V. Turquía. Página 36.

¹³ Ruth A. Judson, Richard Schmalensee y Thomas M. Stoker (Enero 1998). "Economic Development and the Structure of the Demand for Commercial Energy". Washington D.C, Estados Unidos. Página 1.

¹⁴ Abdolnaser Hemmati (2006). "A Change in Energy Intensity: Test of Relationship Between Energy Intensity and Income in Iran". Irani Economic Review, Vol. 11, No. 15. Teherán, Irán.

¹⁵ S. Gil (2006). Op cit.

Paralelamente, autores como Chontanawat, Hunt y Pierse (2006)¹⁶ demostraron que los estudios existentes hasta el momento no lograban incorporar a las economías muy pobres. Estos países tienen economías primarias, con poblaciones pobres donde las necesidades básicas no se encuentran satisfechas. A partir de los estudios, los autores concluyeron que en estas economías pobres el impacto del crecimiento económico sobre el consumo energético debería ser muy débil y cercano a cero: la incapacidad de aprovechar las fuentes energéticas más desarrolladas, como los hidrocarburos, obligan a centrarse en las fuentes primitivas (leña y biomasa) de las cuales no se tienen registros.

En base a estos avances, diversos autores continuaron con los estudios y lograron ampliar la comprensión de las dinámicas de largo plazo que se encuentran detrás de la demanda energética. Sin embargo, en todos los casos el foco fue puesto en el nivel de actividad nacional y regional, desarrollando el conocimiento respecto a variables -los esquemas de precios, la cultura y el clima- que se vinculan con el crecimiento económico y la eficiencia energética.

La teoría ha avanzado en muchos aspectos, pero la exploración sobre otras tendencias sigue siendo una deuda pendiente. Generalmente, estas dinámicas suelen ser graduales y lentas, por lo cual suelen ser descartadas del análisis. A lo largo del presente trabajo se aportará una visión complementaria al conocimiento adquirido hasta el momento.

3. Datos y Metodología

Este análisis, enfocado en el largo plazo, fue realizado en base a la metodología de estimación de la demanda energética de la Secretaría de Energía de la Nación Argentina¹⁷, y específicamente, concentrándonos sobre uno de los elementos que componen dicha demanda. La Secretaría describe a la demanda como la sumatoria de dos componentes, a saber, consumos técnicos y consumo final energético, siendo este último el elemento de interés por las razones que se exponen a continuación.

Contrariamente al consentimiento sobre la definición de la demanda energética, actualmente coexisten distintas metodologías de medición que han sido empleadas por los autores a lo largo del tiempo. No obstante, es real la gran aceptación de la confiabilidad que otorga la metodología conocida como “consumo aparente”¹⁸ (Schmalensee, Stoker y Judson, 1998)¹⁹. Este consenso reside en que las variables empleadas en dicha medición son de gran importancia para determinar el desempeño económico de un país, y sobre las cuales se basa la toma de decisiones por parte de las autoridades. Por lo tanto, de esta vinculación se desprende que dichas variables suelen proporcionar un gran nivel de confianza.

El “consumo aparente”, debido a su metodología de cálculo, engloba sin posibilidad de distinción tanto los consumos técnicos²⁰ como el consumo final. Este último corresponde al

¹⁶ Jaruan Chontanawat, Lester C. Hunt, and Richard Pierse (Enero 2006). “Casualty Between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 Non-OECD countries”. Surrey Energy Economic Centre, University of Surrey. ISSN 1749-8384. Londres, Inglaterra. Página 18.

¹⁷ Secretaría de la Nación Argentina. “Contenidos Didácticos: Balance Energético – Metodología BEN”. Buenos Aires, Argentina.

¹⁸ Este concepto corresponde a la suma de las importaciones energéticas y la producción de energía, menos la acumulación de stocks y las exportaciones.

¹⁹ Ruth A. Judson, Richard Schmalensee y Thomas M. Stoker (Enero 1998). Op. cit. Página 4.

²⁰ El consumo técnico se compone por la suma del consumo propio (es el consumo que se produce durante la producción y transporte), pérdidas (energía perdida en las actividades de almacenamiento y transformación, ya sea en forma de calor u otras variantes) y ajustes

consumo sectorial, es decir, el consumo de los productos secundarios como los carburantes, electricidad, derivados del gas natural y subproductos del carbón en los centros económicos o habitacionales. Por su parte, el consumo técnico se refiere a un consumo proveniente de factores técnicos que no se encuentran vinculados al consumo individual de cada persona en los centros de consumo. En conclusión, a lo largo del trabajo se considera más oportuno emplear el consumo final energético medido como la sumatoria del consumo sectorial de las distintas fuentes energéticas.

3.1 Definiciones y Fuentes

Este trabajo se nutre de dos bases de datos. La primera es un panel de 31 años para 133 países (4.084 observaciones), mientras que la segunda base se compone de 18 años para 156 países (2.803 observaciones). Esta decisión reside en la escasez de datos previos a 1990 para los países que formaban parte de la ex Unión Soviética y, además, en que la utilización de dos bases de datos otorga robustez al estudio realizado en este trabajo.

En el proceso de construcción de las bases de datos se utilizaron conjuntamente tres variables para conformar un conjunto de series iniciales, compuesto por 204 países. Subsiguientemente, y por medio de transformaciones y ajustes²¹, se derivaron dos bases donde por cada país, y para cada año, se incluye el consumo final total per cápita en millones de British Thermal Unit (BTU), edad mediana en años y producto bruto por persona en dólares corrientes. En particular, el primer panel (que llamaremos “base longitudinal”) cubre un período desde 1980 a 2010, mientras que el segundo (que nombraremos “base transversal”) comienza en 1993 y finaliza en 2010.

En primer lugar, los datos demográficos fueron obtenidos de la base de la Organización de Naciones Unidas (ONU). Este organismo ofrece series quinquenales de la edad mediana -en años- desde 1950 a 2010 para 196 países. Dada la información, se procedió a anualizar los datos²². El siguiente paso fue la homogenización de todas las series, de manera de contar para cada una con un dato por país y por año²³. Al mismo tiempo, la ONU publica datos anuales de población para 229 países en el período 1950 a 2011. Con el objeto de homogenizar las series se eliminó el 11 por ciento de los países -coincidentes con aquellos cuya población es inferior a diez mil habitantes-.

En segundo lugar, el Fondo Monetario Internacional (FMI) publica datos anuales del producto bruto per cápita -en paridad de poder de compra en dólares corrientes- para 186 países, abarcando un período que va desde 1980 a 2012. Estos datos fueron homogeneizados a las demás variables utilizadas en el presente trabajo.

La Administración Internacional de Energía (EIA, por su sigla en inglés) recopila datos sectoriales para 224 países para el período que se abarca entre 1980 y 2011, salvo en el caso de la energía eléctrica cuya serie finaliza en el 2010. Los datos de las distintas fuentes energéticas incluyen el año y el país junto con la cantidad final consumida, medida en miles de billones de BTU. Es importante aclarar que los datos no incorporan el consumo de fuentes energéticas primitivas, a saber, leña y biomasa. El motivo es que estos consumos son casi nulos a nivel mundial y, además, es difícil su contabilización.

estadísticos (constituye la bondad estadística de la información, que no debe ser mayor al 5 por ciento).

²¹ Ver anexo 1.

²² Mediante la interpolación con los multiplicadores de Sprague (ver anexo 1).

²³ El método utilizado fue la incorporación, mediante la sigla “na”, de aquellos países de los cuales no se poseía datos. Esta técnica resulta simple pero muy efectiva para la construcción de series iniciales compuestas por 204 países.

Más aún, en el caso de los biocombustibles y el consumo de energía eléctrica, como se detalla en el anexo 1 del trabajo, fue necesario realizar una transformación para expresar las unidades de manera homogénea. Finalmente, se eliminaron 23 países con el objetivo de unificar Alemania del Este y del Oeste, y al mismo tiempo, homogeneizar la base de datos. De este modo, el consumo total por país se obtuvo en base a la sumatoria de los consumos sectoriales.

En conclusión, en el caso de la construcción de la primera base, de los 204 países se procedió a eliminar 28 –aquellos que carecían de datos para alguna de las series- y 43 países - integrantes de la ex Unión Soviética que carecen de datos previos a 1990, o bien, países que tenían pocas observaciones para el período 1980 a 2010-. Por su parte, en la construcción de la segunda base se eliminaron 28 países –aquellos que carecían de alguna de las series- y 19 países adicionales – los cuales poseían menos de 10 años de observaciones -. Asimismo, en ambos paneles fue necesario eliminar los datos posteriores a 2010, debido a que es el año en que finaliza la serie más corta que se utiliza en el análisis.

3.2 Metodología

En este trabajo se sigue la ecuación cuadrática-logarítmica utilizada en el estudio de Abdolnaser Hemmati (2006)²⁴:

$$c_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 (y_t)^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

donde c_t representa el (logaritmo del) consumo por persona en el momento t , y_t es el (logaritmo del) producto per cápita en el período t , y ε_t representa el error de la regresión con todas las características usuales²⁵.

En base a la ecuación 1, se construyó un modelo análogo donde se incorporó la edad mediana poblacional con la forma funcional previamente descrita -o sea, permitiendo una relación cuadrática- y se agregó un término cubico del logaritmo del producto per cápita. De este modo, se modifica la trayectoria de la elasticidad del consumo respecto al producto per cápita, permitiendo la existencia de un máximo y dos raíces, lo que ayuda a asociarla con los distintos estadios del desarrollo:

$$c_{it} = \beta_0 + \beta_1 y_{it} + \beta_2 (y_{it})^2 + \beta_3 (y_{it})^3 + \beta_4 e_{it} + \beta_5 (e_{it})^2 + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

donde c_{it} representa el (logaritmo del) consumo por persona para el país i en el momento t , y_{it} es el (logaritmo del) producto per cápita del país i en el periodo t , e_{it} se refiere al (logaritmo de) la edad mediana promedio del individuo i en el tiempo t , μ_i representa una constante específica para el país i , y ε_{it} representa el error de la regresión. Se recomienda la lectura del anexo 3 del trabajo, donde se amplía sobre las causas que justifican la transformación logarítmica de las variables utilizadas en el modelo.

El modelo econométrico propuesto es simple, pero resulta suficiente para describir las fuerzas que se ponen en juego ante un aumento de la edad mediana promedio. Además, la metodología de datos de panel permite depurar el resultado de los factores no observados, como las características idiosincráticas de cada país, simplificando la interpretación de los coeficientes. Simultáneamente, la estimación con datos de panel aumenta la consistencia de los estimadores ya que esas características no observadas podrían estar correlacionadas

²⁴ Abdolnaser Hemmati (2006). Op cit. Páginas 5 y 6.

²⁵ La normalidad de los residuos es un paso importante para asegurar que la inferencia sobre los parámetros es apropiada, en especial en casos de muestra pequeña. En el anexo 3 del trabajo se ahonda más sobre el tema.

con el residuo. Finalmente, la metodología elegida aumenta la precisión de la estimación, ya que se agranda la combinación de observaciones utilizadas por año.²⁶

A lo largo del trabajo, la ecuación fue testeada utilizando las técnicas de estimación llamadas *fixed effects* y *random effects*. La primera técnica supone la existencia de correlación entre estos factores no observados y las variables independientes, mientras que la segunda supone la inexistencia de esta relación (ver anexo 2). Es importante resaltar que la independencia de las heterogeneidades no observadas asegura la estimación consistente, pero la regresión mediante dos metodologías le otorga mayor robustez al trabajo.²⁷

4. Resultado de la Estimación

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación del modelo, utilizando las dos bases del trabajo.

Tabla 1: Estadísticos Descriptivos

	Nº Obs.	máximo	mínimo	media	desvíos	curtosis	simetría
Base longitudinal							
Consumo pc	4.048	1.193	0,3	79,9	132,7	21,2	3,6
Producto pc	4.048	88.292	173	8.881,8	11.227,9	8,9	2,1
Edad mediana	4.048	45	15	23,7	7,3	2,5	0,9
Base transversal							
Consumo pc	2.803	1.193	0,3	86,7	134,2	22,1	3,7
Producto pc	2.803	88.292	213	10.560,2	12.622,5	7,1	1,9
Edad mediana	2.803	45	14	23,7	7,8	2,0	0,6

Tabla 2: Resultado Regresiones

	Base logitudinal				Base transversal			
	FE1	FE2	RE1	RE2	FE3	FE4	RE3	Re4
	C _{it}	C _{it}	C _{it}	C _{it}	C _{it}	C _{it}	C _{it}	C _{it}
y _{it}	0.632*** (0.085)	-5.233*** (0.480)	0.753*** (0.088)	-5.723*** (0.489)	0.716*** (0.128)	-2.249*** (0.684)	0.873*** (0.131)	-2.270*** (0.721)
y _{it} ²	-0.00542 (0.005)	0.729*** (0.060)	-0.0105* (0.006)	-0.780*** (0.062)	-0.0114 (0.008)	0.349*** (0.082)	-0.0190** (0.008)	0.362*** (0.086)
y _{it} ³		-0.03*** (0.002)		-0.033*** (0.003)		-0.0143*** (0.003)		-0.0151*** (0.003)
e _{it}	7.653*** (0.860)	3.46*** (0.910)	7.343*** (0.889)	2.85*** (0.935)	8.336*** (1.144)	7.296*** (1.164)	7.854*** (1.168)	6.820*** (1.187)
e _{it} ²	-1.22*** (0.140)	-0.576*** (0.147)	-1.15*** (0.145)	-0.461*** (0.151)	-1.340*** (0.185)	-1.180*** (0.188)	-1.213*** (0.188)	-1.055*** (0.190)
constante	-13.61*** (1.178)	8.334*** (2.108)	-14.01*** (1.225)	10.068*** (2.200)	-14.72*** (1.549)	-5.069* (2.678)	-15.27*** (1.599)	-5.131* (2.789)
Observaciones	4,084	4,084	4,084	4,084	2,803	2,803	2,803	2,803
R-squared								
Within	0.451	0.471	0.450	0.471	0.355	0.359	0.352	0.357
Between	0.918	0.915	0.923	0.918	0.830	0.829	0.862	0.858
Overall	0.867	0.868	0.872	0.872	0.805	0.804	0.837	0.833
Numero de Ind.	133	133	133	133	156	156	156	156

Standard errors in parentheses

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

²⁶ A. Colin Cameron y Dravin K. Trivedi (2005). "Microeconometrics. Methods and Applications". Cambridge University Press. Capítulo 21, Página 697.

²⁷ A. Colin Cameron y Dravin K. Trivedi (2005). Op cit. Capítulo 21, Páginas 697 a 701.

donde FE se refiere al modelo *fixed effects* y RE al modelo *random effects*.

Como es posible observar en la tabla anterior todas las variables son significativas con un nivel de confianza de 99 por ciento. Ahora bien, es importante distinguir si los signos de los coeficientes están en línea con la hipótesis que busca contrastar este trabajo.

Los resultados presentados en la tabla nos permiten comprobar que en el largo plazo el producto bruto per cápita tiene una forma funcional polinómica de tercer grado. Al mismo tiempo, la derivación parcial permite la obtención de la elasticidad relacionada a esta variable. La siguiente ecuación representa la estructura generalizada de la elasticidad²⁸ del consumo frente a variaciones del producto bruto per cápita:

$$\varepsilon = 3\beta_3(y_{it})^2 + 2\beta_2 y_{it} + \beta_1 \quad (3)$$

donde $\varepsilon(y_{it}) \approx 0$ ²⁹ para niveles de producto per cápita bajos; $\varepsilon(y_{it}) > 0$ en países con un ingreso por persona intermedio; y $\varepsilon(y_{it}) < 0$ para niveles de producto elevados. Por lo tanto, se concluye que la elasticidad no es constante para diferentes niveles de ingreso y, en consecuencia, se pueden definir tres períodos claros y bien diferenciados -asociados a distintos estadios de desarrollo económico-.

En primer lugar, existe un estadio inicial donde los países tienen un nivel de producto per cápita extremadamente bajo, y sus economías son principalmente primarias³⁰ y con poco nivel de tecnificación. Por lo tanto, en esta fase se comprueba que a medida que aumenta el nivel de producto per cápita del país, en el largo plazo, no se ve incrementado el consumo energético. Dos factores que explican este hecho son que las necesidades básicas insatisfechas prevalecen frente al consumo de bienes intensivos en energía (televisión, computadora, auto, etc.), y que el crecimiento económico se asocia a un desarrollo de las actividades primarias, desplazando los recursos escasos hacia las fuentes energéticas primitivas. Como fue aclarado con anticipación, estas últimas no son consideradas en el estudio. Es conclusión, los países en este estadio se caracterizan por un consumo per cápita perfectamente inelástico respecto al ingreso.

En una segunda fase, estos países de ingreso bajo comienzan un proceso de desarrollo ligado a la industrialización de sus economías. Por lo tanto, la energía es demandada al incrementar el stock de maquinaria, dado que la actividad industrial es intensiva en el consumo energético. Simultáneamente, este desarrollo inicial se asocia a procesos de urbanización desorganizados que en ocasiones incluyen la formación de ciudades dormitorio³¹, al mismo tiempo que aumenta el ingreso personal, incentivando la adquisición de bienes intensivos en consumo energético (residencial y en transporte). Por lo tanto, al incrementarse el ingreso per cápita en el largo plazo estas economías se vuelven más

²⁸ La elasticidad es un concepto económico que define la variación porcentual de una variable "y" frente a la variación de 1 por ciento en una variable "x".

²⁹ Matemáticamente la elasticidad puede adquirir niveles menores a cero. Sin embargo, en este trabajo se encuentra acotada debido a que a lo largo de la historia no existen registros de economías con niveles del ingreso por persona tan bajos tal que la elasticidad sea negativa. Además, la existencia de una elasticidad de esta índole, en la fase inicial, es contra-intuitivo.

³⁰ Una economía primaria basa sus actividades en la agricultura, pesca y caza. Si estas últimas no se encuentran tecnificadas el consumo energético es bajo.

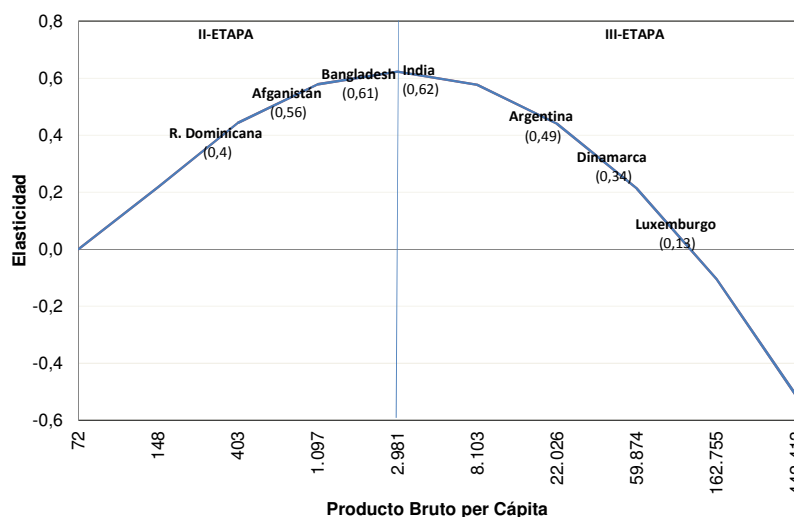
³¹ Se entiende por ciudad dormitorio a las regiones donde la población únicamente pernocta a causa de que durante el día se trasladan hacia otros lugares, donde realizan sus actividades productivas y recreativas. Estas ciudades exigen un doble consumo energético porque es necesario calefaccionar o refrigerar los hogares que se encuentran deshabitados. Al mismo tiempo, pero en un segundo lugar, generan un consumo en transporte superior.

intensivas en el consumo energético, lo que está vinculado a la mayor participación del consumo industrial y residencial sobre el total.

Finalmente, a medida que el proceso continúa las economías alcanzan un estadio de desarrollo donde las políticas tendientes a incrementar la eficiencia energética³² comienzan a generar un ahorro energético, a pesar del incremento del stock de capital. Al mismo tiempo, los procesos de urbanización se organizan y las grandes ciudades se distribuyen equitativamente a lo largo del territorio (lo que contribuye a limitar el fenómeno ciudad-dormitorio). Es importante resaltar que el consumo en términos de transporte -estimulado por un mayor ingreso individual y con poco ahorro en términos de eficiencia- no logra compensar las dinámicas anteriores. Por ende, estas economías ingresan en una tercera etapa donde el consumo residencial e industrial es desplazado por un consumo en transporte, y en la cual aumentos del producto per cápita se relacionan con menores incrementos del consumo energético, y eventualmente caídas.

A continuación se presenta la evolución teórica de la elasticidad, calculada a partir del modelo RE4 y sujeta a distintos niveles de producto per cápita:

Gráfico 1: Producto Bruto por Persona-Elasticidad Teórica



El gráfico 1 permite diferenciar las etapas al mismo tiempo que se identifican algunos ejemplos reales. En cada caso, la elasticidad fue calculada utilizando el modelo RE4 junto con el producto bruto por persona en 2010. Es importante resaltar que los valores de la elasticidad se encuentran acotados, como fue explicado con anterioridad (ver pie de página 29).

Paralelamente, de la tabla 1 se desprende una clara relación cuadrática cóncava entre la edad mediana y el consumo de energía por persona. Nuevamente, utilizando la derivación parcial podemos obtener una elasticidad del consumo respecto a la edad de las personas, que se representa por medio de la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = 2\beta_5(e_{it}) + \beta_4 \quad (4)$$

donde $\varepsilon(e_{it}) > 0$ para edades bajas, y $\varepsilon(e_{it}) < 0$ para edades elevadas. Por ejemplo, utilizando el modelo RE4, podemos resaltar que en 1950 un país con una edad mediana de 22,0 años (que era el caso de Japón) hubiera tenido una elasticidad equivalente a 0,3. Sin

³² Entre las políticas más populares se destaca el uso de máquinas y artículos energéticamente eficientes, el aislamiento térmico de hogares y fábricas, y el diseño eficiente industrial. Es decir, las mejoras se asocian principalmente a las mejoras técnicas o tecnológicas.

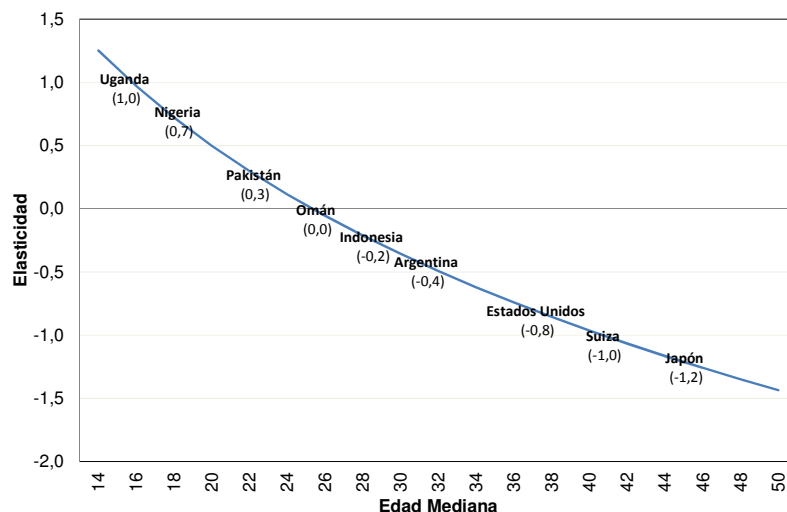
embargo, este mismo país, en 2010 y con una edad mediana de 44,7 años, tuvo una elasticidad de -1,2. Por lo tanto, se concluye que la elasticidad no es constante y que podemos definir un máximo global³³ de la edad asociada al nivel de consumo. Si utilizamos nuevamente el modelo RE4, podemos destacar que este máximo equivale a 25,3 años.

En primer lugar, se observa que a medida que la población envejece aumenta el consumo energético: un envejecimiento desde niveles bajos de edad implica un incremento de la participación de los grupos etarios jóvenes. Por su parte, estas secciones son las que explican el incremento de la población económicamente activa y se caracterizan por un menor sedentarismo. De igual modo, las personas, a edades jóvenes, suelen dejar sus hogares paternos al mudarse a nuevos destinos. Por lo tanto, se acrecienta el consumo de energía residencial, en transporte y en las actividades productivas.

En segundo lugar, el proceso de envejecimiento llega a un estadio por el cual un incremento de la edad mediana se traduce en un menor consumo energético, principalmente por un menor consumo en transporte. Es importante comprender que en esta franja de edad las personas se vuelven más sedentarias lo que genera una menor utilización del transporte en todas sus formas. Al mismo tiempo, los grupos etarios superiores se relacionan con un estancamiento en la evolución de la población económicamente activa, y eventualmente una caída. En consecuencia, se limita la expansión de las actividades productivas. No obstante, el envejecimiento propaga los gastos en salud que en su mayoría se asocian a un mayor consumo energético, pero no llegan a compensar las dinámicas recientemente descriptas. Por lo tanto, a medida que se incremente la edad de la persona, y luego de haber pasado un punto de inflexión, el consumo energético por persona disminuye.

En el siguiente gráfico se esquematiza la evolución teórica de la elasticidad -calculado a partir del modelo RE4 y sujeta a distintos niveles de la edad mediana- junto con algunos ejemplos reales. En cada caso, la elasticidad fue calculada utilizando el modelo RE4 junto con la edad mediana en 2010:

Gráfico 2: Edad Mediana-Elasticidad Teórica



5. Discusión y Limitaciones

Este modelo sencillo permite definir las relaciones que vinculan a las variables en estudio a lo largo del tiempo y, además, simplifica el análisis al eliminar las características propias de cada país. De este modo, se obtiene una ecuación generalizada que no nos

³³ La existencia de una relación cuadrática cóncava implica que existe un punto máximo dentro del conjunto.

permite incorporar el impacto de las heterogeneidades no observadas que diferencian a los distintos países.

Como fue descrito en la sección anterior, la elasticidad entre el nivel de ingreso por persona y el nivel de consumo per cápita no es constante dependiendo de las distintas fases de desarrollo económico. Sin embargo, el concepto de eficiencia esconde varios factores que pueden ser agrupados en distintos efectos. Por un lado, se encuentran los factores tecnológicos que determinan la evolución temporal de la intensidad energética y que se asocian a la dinámica descrita en la sección anterior. Por otro lado, se encuentran aquellos que determinan diferencias de eficiencia entre países que se encuentran en el mismo estadio de desarrollo (corte transversal).³⁴

Existen comportamientos y conductas sociales -cultura³⁵- no observables que afectan el nivel de consumo energético, a saber, el modo de utilización del aire acondicionado, la preferencia de cierta clase de vehículos de combustión, el nivel de utilización de computadoras y otros productos, etc. Al mismo tiempo, estas conductas sociales se encuentran influenciadas por los subsidios energéticos y el sistema de precios que determinan el costo que debe asumir una persona para consumir una unidad de energía.

No obstante, el modelo propuesto a lo largo del trabajo no tiene como objetivo el estudio de estas dinámicas. Sin embargo, los factores recientemente descritos permitirían ampliar la comprensión de los procesos internos en la evolución de la demanda energética y entender las diferencias entre los países con el mismo nivel de desarrollo.

Aún más, el modelo propone a la edad mediana como variable explicativa. Es sabido que los países con mayor ingreso per cápita son aquellos con mayor nivel de edad mediana.³⁶ En consecuencia, este modelo podría estar condicionado por la existencia de multicolinealidad entre las variables, lo que exigiría: (1) agrandar la muestra, pero existen problemas de información; (2) buscar estimadores de la edad; (3) utilizar el método de ecuaciones simultáneas. No obstante, si se estiman modelos del consumo energético que dependan exclusivamente, por un lado, de la edad mediana, y por el otro, del ingreso per cápita las conclusiones del trabajo no se modifican.

A pesar de estas restricciones, este estudio nos permite interpretar la relación en el largo plazo del consumo de energía per cápita con la edad mediana y el ingreso por persona a partir de la interpretación de los signos de los coeficientes de las regresiones. Por lo tanto, y dado el objetivo planteado, los limitantes del modelo son desafíos a superar en futuros estudios que no invalidan las conclusiones de éste.

6. Conclusión

A lo largo del trabajo, se utilizaron dos bases de datos que incluyen el consumo per cápita, el producto bruto por persona y la edad mediana, con el objetivo de estudiar la relación entre estas variables. Los resultados de la estimación permitieron comprobar la hipótesis planteada en este trabajo: existe una relación cuadrática cóncava entre el consumo de energía por persona y la edad mediana poblacional.

³⁴ Un caso ejemplar es Estados Unidos, donde se mantiene una fuerte relación entre el nivel de actividad y el consumo energético (con un coeficiente de correlación superior a 0,9), a pesar de ser un país con grandes mejoras en los niveles tecnológicos.

³⁵ La cultura puede ser definida como el conjunto de saberes, creencias y pautas de conducta de un grupo social, incluyendo los medios materiales (tecnologías) que usan sus miembros para comunicarse entre sí y resolver sus necesidades de todo tipo

³⁶ La correlación entre el ingreso personal y edad mediana asciende a 0,997, mientras que las transformaciones logarítmicas tienen una correlación de 0,989.

En primer lugar, se convalidó la hipótesis de Chontanawat, Hunt y Pierse (2006)³⁷: en el largo plazo el consumo per cápita de energía y el nivel del producto por persona se encuentran fuertemente vinculados. También, los resultados demostraron que esta relación no es constante, debido a que los países atraviesan al menos tres fases de desarrollo asociados a distintos niveles de eficiencia económica y riqueza individual. Cabe aclarar que países en un mismo estadio de desarrollo pueden poseer distintos niveles de intensidad debido a la influencia de la cultura, la geografía, o bien, el clima.

En segundo lugar, el estudio permitió testear empíricamente la hipótesis planteada a comienzos del trabajo. La edad de las personas tiene influencia sobre el consumo energético, pero esta relación no es constante. A medida que las personas envejecen, aumenta la población económicamente activa, la utilización del transporte en todas sus formas se ve incrementada y la demanda por bienes de consumo es mayor. Esta dinámica se refleja en un aumento del consumo energético por persona. Sin embargo, llegado a un determinado nivel, todo aumento de la edad de una sociedad implicaría un menor consumo energético per cápita.

Al realizar un análisis en conjunto, se puede concluir que un país con un nivel de desarrollo elevado y una población envejecida llegarán a un estadio donde el consumo energético disminuye. Esto se debe a que las mejoras en intensidad se reflejan en un menor consumo residencial e industrial, aunque continúa existiendo un consumo en transporte estimulado que sustenta levemente la demanda energética. No obstante, el envejecimiento refuerza el proceso anterior, principalmente por la caída de la demanda de transporte, reduciendo indefectiblemente el consumo total.

Basándonos en los resultados, y contrariamente a la paradoja de Jevons³⁸, podemos argumentar que los gobiernos deberían tomar políticas tendientes a mejorar la eficiencia energética, lo que se traduciría en un menor consumo industrial y residencial. No obstante, se deben tener en cuenta las características singulares de cada región y el estadio de desarrollo en que se encuentra. Esto se debe a que las mejoras no siempre deben estar puramente asociadas a avances tecnológicos. Por ejemplo, un cambio del esquema de subsidios puede condicionar el modo en que se consume la energía, generando un cambio importante en la dinámica de la demanda energética.

Por otro lado, los gobiernos no deben descuidar las dinámicas demográficas ya que el impacto de éstas altera las futuras necesidades energéticas, y por lo tanto, impacta en la configuración geoestratégica local y mundial. Si bien se trata de fenómenos de muy largo plazo, ciertas políticas de salubridad, alimentación, etc. pueden influenciar la tendencia del envejecimiento poblacional, y por ende, de la demanda energética local y mundial.

³⁷ Jaruan Chontanawat, Lester C. Hunt, and Richard Pierse (Enero 2006). "Casualty Between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 Non-OECD countries". Surrey Energy Economic Centre, University of Surrey. ISSN 1749-8384. Londres, Inglaterra. Página 18.

³⁸ El efecto rebote fue definido por primera vez por Stanley Jevons (1865). En su trabajo el autor argumentó que la introducción de una máquina de vapor más eficiente reduce el consumo de carbón inicialmente. Sin embargo, esta dinámica genera la caída del precio del insumo. Por lo tanto, el carbón se vuelve más atractivo y su consumo termina aumentando.

7. Bibliografía

- Abdolnaser Hemmati (2006). "A Change in Energy Intensity: Test of Relationship Between Energy Intensity and Income in Iran". *Irani Economic Review*, Vol. 11, No. 15. Teherán, Irán.
- Carl P. Simon y Lawrence Blume (1994). "Mathematics for Economists". Norton & Company. Londres, Inglaterra.
- Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (Febrero 2011). "Cambio Global España 2020/2050. Energía, Economía y Sociedad". Editoriales CCEIM y Fundación CONAMA. Asturias, España.
- Claudio A. Agostini, M. Cecilia Plottier y Eduardo H. Saavedra (Julio 2011). "La Demanda Residencial por Energía Eléctrica en Chile". Santiago de Chile, Chile.
- Colin Cameron y Dravin K. Trivedi (2005). "Microeconometrics. Methods and Applications". Cambridge University Press. Londres, Inglaterra.
- Fran Gottron (Julio, 2001). "Energy Efficiency and the Rebound Effect: Does Increasing Efficiency Decrease Demand?". RS Report for Congress. Congressional Research Service, The Library of Congress. Order Code RS20981. Washington D.C, Estados Unidos.
- H.S. Shryock y J.S. Siegal (1976). "The Methods and Materials of Demography". Edición Condensada por Edward G. Stokwell.
- Jaruwat Chantonawat, Lester C. Hunt, and Richard Pierse (Enero 2006). "Casualty Between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 Non-OECD Countries". Surrey Energy Economic Centre, University of Surrey. ISSN 1749-8384. Londres, Inglaterra.
- Naciones Unidas (1956). "Manual III: Methods for Population Projections by Sex and Age." United Nations publication, Sales No. 56.XIII.3. Washington D.C, Estados Unidos.
- Qu Ji Zhu y Ding Tao Zhao (2011). "Casualty Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth: Base on Panel Data on Provinces in China". Management School, University of Science and Technology of China. R.P. China.
- Ricardo H. Arriazu (Marzo 2003). "Lecciones de la Crisis Argentina: Bases Programáticas para un Esquema de Desarrollo Sustentable". Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- Rodrigo Tabora (2011). "Parte X: Normalidad de los residuos". Publicaciones de Economía Básica. Facultad de Economía, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.
- Ruth A. Judson, Richard Schmalensee y Thomas M. Stoker (Enero 1998). "Economic Development and the Structure of the Demand for Commercial Energy". Washington D.C, Estados Unidos.
- S. Gil (2006). "Demanda de Gas Natural en Argentina". Escuela de Ciencia y Tecnología, Departamento de Ciencia, UBA. Buenos Aires, Argentina.
- Secretaría de la Nación Argentina. "Contenidos Didácticos: Balance Energético – Metodología BEN". Buenos Aires, Argentina.
- Ugur Soytas y Ramazan Sari (2003). "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets." Elsevier Science B.V. Turquía.

Anexo 1

La construcción de las bases de datos requirió de la transformación de las series utilizadas en el estudio. En primer lugar, se aplicó, en caso de ser necesario, el método de los multiplicadores de Sprague con objeto de anualizar las series. Este método se utiliza para transformar series quinquenales en anuales a partir de una set de multiplicadores.

Tabla 3: Multiplicadores de Sprague

	Interpolated subgroup	Coefficiens to be applied to:				
		G1	G2	G3	G4	G5
First Panel	First fifth of G1	0,3616	-0,2768	0,1488	-0,0336	0
	Second fifth of G1	0,264	-0,096	0,04	-0,008	0
	Third fifth of G1	0,184	0,04	-0,032	0,008	0
	Fourth fifth of G1	0,12	0,136	-0,072	0,016	0
	Last fifth of G1	0,0704	0,1968	-0,0848	0,0176	0
Next-to-first panel	First fifth of G2	0,0336	0,2272	-0,0752	0,0144	0
	Second fifth of G2	0,008	0,232	-0,048	0,008	0
	Third fifth of G2	-0,008	0,216	-0,008	0	0
	Fourth fifth of G2	-0,016	0,184	0,04	-0,008	0
	Last fifth of G2	-0,0176	0,1408	0,0912	-0,0144	0
Middle Panel	First fifth of G3	-0,0128	0,0848	0,1504	-0,024	0,0016
	Second fifth of G3	-0,0016	0,0144	0,2224	-0,0416	0,0064
	Third fifth of G3	0,0064	-0,0336	0,2544	-0,0336	0,0064
	Fourth fifth of G3	0,0064	-0,0416	0,2224	0,0144	-0,0016
	Last fifth of G3	0,0016	-0,024	0,1504	0,0848	-0,0128
Previuos-to-last panel	First fifth of G4	0	-0,0144	0,0912	0,1408	-0,0176
	Second fifth of G4	0	-0,008	0,04	0,184	-0,016
	Third fifth of G4	0	0	-0,008	0,216	-0,008
	Fourth fifth of G4	0	0,008	-0,048	0,232	0,008
	Last fifth of G4	0	0,0144	-0,0752	0,2272	0,0336
Last Panel	First fifth of G5	0	0,0176	-0,0848	0,1968	0,0704
	Second fifth of G5	0	0,016	-0,072	0,136	0,12
	Third fifth of G5	0	0,008	-0,032	0,04	0,184
	Fourth fifth of G5	0	-0,008	0,04	-0,096	0,264
	Last fifth of G5	0	-0,0336	0,1488	-0,2768	0,3616

A partir de la tabla anterior, vemos que este método de interpolación se apoya en cinco pivotes: el primero *-first panel-* corresponde al primer quinquenio de la serie; el último *-last panel-* hace referencia al último quinquenio de la serie; y los demás conjuntos se distribuyen en los demás paneles. Asimismo, cada *interpolated subgroup* corresponde al año que se desea estimar dentro del conjunto de cinco años. Por lo tanto, la estimación del año 1 (*first interpolated subgroup*) dentro del *first panel* se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$1^{st} Fifth - FirstPannel = \sum_{i=1}^5 G_i Q_i \tag{5}$$

donde G_i corresponde a los multiplicadores correspondientes, y Q_i hace referencia a los quinquenios consecutivos desde el pivote deseado. A partir de esta fórmula se puede ir recorriendo la tabla, anualizando la serie de datos.

Paralelamente, se transformaron las unidades de medición del consumo final de electricidad y biocombustibles. En el primer caso, es bien sabido que 1 kilowatt por hora

(KWhr) equivale a 3,4 miles de BTU. Al mismo tiempo, sabemos que 1 barril de biocombustibles equivale a 5,6 millones de BTU.

A lo largo de la construcción de las series de datos, también, fue necesaria la homogenización de las series. La siguiente tabla explicita los países eliminados en este proceso:

Tabla 4: Países Eliminados en la Construcción de las Bases

Base Longitudinal			Base Corte Transversal	
Afganistán	I. Vírgenes	Reunión	Antigua y Barbuda	Sahara Occidental
Antigua y Barbuda	Iraq	Rusia	Antillas Holandesas	Seychelles
Antillas Holandesas	Kazajstán	Sahara Occidental	Cuba	Sudan del Sur
Armenia	Kirguistán	Samoa	Guadalupe	Tuvalu
Aruba	Kiribati	San Kits	Guam	Afganistán
Azerbaiyán	Letonia	Serbia	Aruba	Bosnia y Herzegovina
Bielorrusia	Liberia	Seychelles	Corea del Norte	Lituania
Bosnia y Herzegovina	Macao	Somalia	Dominica	Costa Rica
Brunei	Macedonia	Sudan del Sur	Guyana Francesa	Eritrea
Camboya	Malta	Surinam	I. del Canal	Nicaragua
Corea del Norte	Martinica	Taiwán	I. Vírgenes	Iraq
Costa Rica	Mayotte	Tayikistán	Macao	Liberia
Cuba	Micronesia	Timor-Leste	Mayotte	Samoa
Dabuti	Moldavia	Trinidad	Nueva Caledonia	Surinam
Dominica	Mongolia	Tuvalu	Polinesia Francesa	Zimbabue
Eritrea	Montenegro	Ucrania	Reunión	Myanmar
Eslovaquia	Myanmar	Uzbekistán	San Kits	Georgia
Estonia	Namibia	Yemen	Somalia	Timor-Leste
Georgia	Nicaragua	Zimbabue	Taiwán	Malta
Guadalupe	Nueva Caledonia		Kirguistán	Republica Checa
Guam	Palestina		Martinica	Trinidad
Guinea	Polinesia Francesa		Micronesia	Montenegro
Guyana Francesa	Puerto Rico		Palestina	Serbia
I. del Canal	Rep. Checa		Puerto Rico	

Anexo 2

En el ámbito de la econometría existen tres enfoques distintos y bien diferenciados. En primer lugar, el análisis de corte transversal se refiere a una muestra de individuos, hogares, firmas, países, etc. que se toma en un momento dado del tiempo. En notación matemática, puede representarse como:

$$\{y_i, x_i\}_{i=1}^n \quad (6)$$

donde i representa a los individuos.

Un claro ejemplo son las Encuestas Permanentes de Hogares en un mismo período de tiempo.

En segundo lugar, el enfoque de series de tiempo se compone de una muestra por variados períodos del mismo individuo, país, firma, etc. que puede simbolizarse, en lenguaje matemático, como:

$$\{y_t, x_t\}_{t=1}^T \quad (7)$$

donde t representa el tiempo.

La evolución de la inflación en la Argentina representa un ejemplo de análisis por series de tiempo.

En tercer lugar, la metodología de datos de panel es la combinación de las dos anteriores. Básicamente este método toma observaciones repetidas a lo largo de un corte transversal para varios períodos de tiempo. En notación matemática, puede representarse como:

$$\{y_{it}, x_{it}\}_{i=1, t=1}^{n, T} \quad (8)$$

donde i representa a los individuos y t representa el tiempo.

La fórmula normal y característica para datos de panel es,

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T) \quad (9)$$

donde x_{it} son variables independientes con dimensión $k \times 1$ y β_i es el coeficiente con dimensión $1 \times k$. Asimismo, k es el número de variables independientes, μ_i son las heterogeneidades no observadas de cada individuo, y ε_{it} es el error, que tiene media igual a cero y varianza σ_{it}^2 .

La principal ventaja de datos de panel es que permite capturar en un mismo modelo las diferencias entre individuo. Al mismo tiempo, la estimación con datos de panel aumenta la consistencia³⁹ de la estimación ya sea bajo el modelo de *fixed effects*, o bajo *random effects*. El primer conjunto de modelos, que permite depurar de las heterogeneidades no observadas, supone la correlación de estas características con las variables independientes del modelo.

$$Cov(x_i, \mu_i) \neq 0 \quad (10)$$

Este supuesto lleva a que los estimadores por mínimos cuadrados ordinarios sean inconsistentes. No obstante, *fixed effects* se apoya sobre un nuevo supuesto: las heterogeneidades no observadas no varían en el tiempo. Por lo tanto, se puede aplicar

³⁹ La consistencia se refiere a que el coeficiente estimado tiende al valor verdadero.

transformaciones lineales al modelo que eliminan esas características y permiten estimar consistentemente. En nuestro caso, se aplicó la transformación comúnmente llamada *within* en todas las variables (diferencia contra la media), lo que es análogo a estimar una variable *dummy*⁴⁰ para cada individuo.

$$\tilde{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i \quad (11)$$

Esta transformación permite eliminar todo aquello que está fijo para cada individuo, como por ejemplo el efecto de sexo para cada individuo, o de continente para países. Sin embargo, esta modificación podría llevarnos a omitir algún efecto del análisis que sea significativo en el modelo planteado.

Un modelo alternativo es el de efectos aleatorios o *random effects*. Este modelo se apoya en un supuesto muy fuerte, a saber, que no existe correlación entre los regresores y las características no observadas:

$$Cov(x_i, \mu_i) = 0 \quad (12)$$

El estimador por *random effects* es siempre consistente. No obstante, la utilización de este modelo es válida si los regresores no están correlacionados con los efectos individuales. Por lo tanto, sería importante emplear el test de Hausman para definir qué modelo es apropiado utilizar, debido a que podemos tener problemas de variables omitidas. En este trabajo, el test no fue aplicado ya que no es relevante para el objetivo del análisis.

Finalmente, la técnica de datos de panel permite aumentar la precisión de la estimación porque permite agrandar la cantidad de observaciones combinadas por año. No obstante, la existencia de multicolinealidad⁴¹ aguda implica una pérdida de eficiencia y una sobreaceptación de la hipótesis nula del test de significatividad individual.

⁴⁰ Las variables *dummy* son variables cualitativas, también conocidas como indicativas, binarias, categóricas y dicotómicas. Sólo pueden asumir los valores 0 y 1, indicando respectivamente ausencia o presencia de una cualidad o atributo.

⁴¹ La multicolinealidad significa que una variable independiente de nuestro modelo es una combinación lineal de otra variable independiente utilizada en el mismo modelo. La multicolinealidad aguda genera una varianza estimada de los coeficientes muy elevada.

Anexo 3

Cabe destacar que, cumplidas las condiciones de Gauss-Markov, los estimadores obtenidos con el método de mínimos cuadrados ordinarios son lineales de mínima varianza, insesgados e idénticamente distribuidos (iid). Entre las principales condiciones se destaca la linealidad de los parámetros, media igual a cero, existencia de homocedasticidad, no autocorrelación de los residuos, covarianza entre los residuos y los regresores igual a cero, número de observaciones mayor a la cantidad de parámetros, y la inexistencia de multicolinealidad perfecta, entre otras.

No obstante, se suele incorporar un supuesto adicional: las perturbaciones tienen distribución normal. En caso de no cumplirse este supuesto los estimadores mínimos cuadrados no son eficientes (de varianza mínima) y, en principio, no se puede realizar inferencias al no conocerse la distribución exacta. Es importante comprender que los intervalos de confianza y los contrastes de significatividad se sustentan en distribuciones derivadas de la normal. Por su parte, esta distribución se caracteriza por una distribución unimodal en forma de campana, simétrica y mesocúrtica.

Paralelamente, la ley de los grandes números nos asegura que la combinación lineal de variables normales resulta en otra variable normal. Por lo tanto, asegurar la distribución de las regresores del estudio nos permite suponer la misma para los residuos.

De la tabla 1 del trabajo, se concluye que las series de datos requiere una transformación asociada a la escala de Tukey⁴², vinculada a series asimétricas por derecha. Por su parte, el coeficiente de simetría nos demuestra que todas las variables son asimétricas (presentan asimetría por derecha o positiva)⁴³. Esta forma distribucional se observa claramente en los siguientes histogramas.

Gráfico 3: Histogramas Base Longitudinal

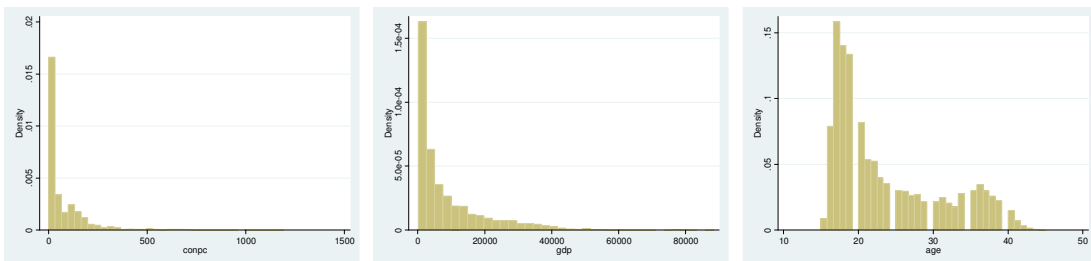
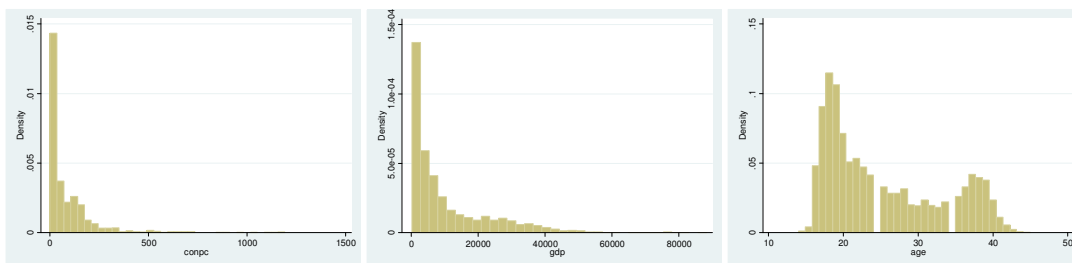


Gráfico 4: Histogramas Base Transversal



⁴² La escala de Tukey determina que una distribución asimétrica positiva leve puede ser corregida por medio de la transformación logarítmica, ajustando también la curtosis de la serie.

⁴³ Decimos que hay asimetría positiva (o a la derecha) si la "cola" a la derecha de la media es más larga que la de la izquierda, es decir, si hay valores más separados de la media a la derecha.

Las conclusiones son claras: tanto el consumo energético por persona como el producto per cápita presentan una asimetría positiva muy definida. Por su parte, la edad mediana tiene una asimetría más leve. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de la transformación realizada en este estudio.

Al mismo tiempo, el coeficiente de curtosis demuestra que las variables utilizadas son leptocúrticas⁴⁴ con la salvedad de la edad mediana. La distribución de la edad mediana tiene a una distribución tendiente a mesocúrtica. Por lo tanto, la transformación logarítmica también permite corregir la curtosis de las distribuciones.

⁴⁴ Una distribución leptocúrtica presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.