

El impacto del turismo sobre la demanda de energía eléctrica: El caso de las islas Baleares

1

Mohcine Bakhat
Jaume Rosselló

Centre de Recerca Econòmica
Universitat de les Illes Balears

Resumen

El aumento continuado del tránsito internacional de pasajeros a nivel mundial está provocando un creciente interés para evaluar los impactos asociados al turismo. Sin embargo, la ausencia de un sector turístico como tal en las clasificaciones económicas tradicionales dificulta la asignación de sus diferentes costes ambientales. En este artículo se presenta una propuesta para evaluar el caso concreto de la contribución turística al consumo eléctrico analizando el caso de las Islas Baleares. Tomando como referencia un modelo tradicional de determinación de la demanda de energía eléctrica y utilizando el stock diario de población en las islas es posible determinar el impacto que el volumen de turistas revierte sobre el consumo eléctrico en el archipiélago.

Palabras clave

Demanda eléctrica / Impacto del turismo / Stock de población / Turismo sostenible.

Códigos JEL:

L83, O13, Q41

Abstract

Environmental impacts of tourism and related sectors have become perceptible in many regions of the world and have been quantified by a large number of studies. However, because of the no presence of the tourist sector in traditional economic classifications, the environmental costs that can be ascribed to the tourist industry have been neglected in the literature. In this paper the contribution of the tourism activity to the electricity consumption is investigated using the case study of the Balearic Islands. On the basis of a daily traditional model, and using the daily stocks of the population (residents and non-residents), it is shown how tourist load influence the electricity consumption in the Balearic Islands.

Keywords

Electricity demand / Tourism impact / Population stock / Sustainable tourism.

1.-Introducción

La creciente importancia de las llegadas turísticas internacionales está generando un aumento en la preocupación por los impactos ambientales que las actividades turísticas conllevan. De esta manera, si bien las cuentas satélites del turismo han contribuido a la concienciación sobre el impacto económico generado por el turismo, existen enormes dificultades para poder atribuir determinados consumos de recursos e impactos ambientales al sector, circunstancia que dificulta una gestión pública integral. En este sentido, se ha reconocido que para poder evaluar y mejorar el desarrollo sostenible del turismo, los esfuerzos no deben dirigirse únicamente hacia la contribución económica, sino también tomar en consideración las dimensiones social (Rubio y Mazón, 2009) y ambiental del turismo (Gray y Bebbington, 1993). En respuesta a este reconocimiento, durante los últimos años han ido desarrollándose nuevas metodologías e instrumentos para auditar el rendimiento del sector, destacando la evaluación del ciclo de vida (Hernández y León, 2007; Becken y Simmons, 2008), la huella ecológica (Gössling *et al.*, 2002; Patterson *et al.*, 2007) y la segmentación de mercado (Flores, 2008) así como el planteamiento de mejoras en la calidad ambiental. Más allá de las apuestas por la calidad ligada a mejoras en el entorno natural o cultural (Foronda y García, 2009; Marrero y Santana, 2008; Pulido, 2009)

Aunque la contribución del turismo al deterioro ambiental ha sido reconocida como potencialmente considerable desde diferentes perspectivas (Gössling *et al.*, 2002), la reciente preocupación por el calentamiento global del planeta ha derivado buena parte de la preocupación hacia el análisis y la evaluación del consumo energético por parte de las actividades turísticas (Cárdenas y Rosselló, 2008) con la intención de poder derivar implicaciones sobre la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) que pudieran contribuir a la componente antropogénica de dicho calentamiento. En este sentido, diferentes estudios ya han apuntado a la industria turística como uno de los mayores consumidores de energía y combustibles fósiles, particularmente para facilitar el transporte de

viajeros, al igual que para suministrar bienes y servicios en los destinos visitados (Becken, 2002; Becken & Simmons, 2002, Becken *et al.*, 2001, 2003; Gossling, 2000; Gossling *et al.*, 2002; Tabatchnaia-Tamirisa *et al.*, 1997).

El uso de energía y la contribución a las emisiones de GHG ha sido objeto de una especial atención en el caso del transporte. Así, Price y Probert (1995) discuten los impactos ambientales del tráfico aéreo desde una perspectiva general pero sin hacer una referencia particular al turismo. Penner *et al.*, (1999) apunta a la enorme dificultad de cuantificar la contribución de los gases de efecto invernadero al calentamiento global. Sin embargo, algunos trabajos recientes han tratado de sobreponerse a esas dificultades evaluando diferentes impactos ambientales centrándose en transporte aéreo. En particular el uso de energía y emisiones de GHG ha sido discutido por Gössling (2000), Gossling *et al.*, (2005) y Peeters y Schouten (2006), imputando al transporte aéreo entre un 60 y un 95% la contribución de un viaje al calentamiento global. Por su parte Becken (2002) revela que el tráfico aéreo internacional a Nueva Zelanda consume más de 27,8 PJ de energía.

Desde esta perspectiva sectorial, el sector hotelero y otras industrias complementarias han sido también analizados en el contexto de uso de energía. Algunos trabajos pioneros han centrado su atención en la relación entre la intensidad de energía y las características de los edificios incidiendo en la variedad de consumo atribuible a diferentes establecimientos, así como el impacto ambiental de su producción (Becken *et al.*, 2001; Deng y Burnett, 2000; Simmons y Lewis, 2001). En este sentido, Becken *et al.*, (2001) muestran como los hoteles presentan, en general, una alta intensidad energética alcanzando los 130 MJ por cama y noche en el caso de Nueva Zelanda.

Se constata así como la literatura de referencia ha centrado su atención en alguno de los subsectores de la industria turística a la hora de evaluar el impacto energético del turismo, siendo difícil obtener una visión del sector en su conjunto. La

razón de este enfoque encuentra una primera justificación en la circunstancia de que el turismo no está considerado como un sector económico en las cuentas tradicionales y su consideración como tal supone la implicación de diferentes subsectores que pueden ser incluidos con diferente tipo de implicación. ⁽¹⁾

A pesar de todo, es necesario atribuir responsabilidades ambientales a las actividades turísticas en el sentido de que estas pueden ser relevantes a nivel regional a la hora de promocionar o evitar políticas de desarrollo turístico. Por este motivo parece relevante obtener una estimación de esa contribución y con ello el desarrollo de metodologías que permitan una evaluación conjunta de la contribución del turismo a diferentes impactos ambientales.

El objetivo principal de este artículo es evaluar la contribución del turismo al consumo de energía eléctrica tomando el caso de estudio de las Islas Baleares, planteando para ello un modelo tradicional de determinación de demanda eléctrica que introduce la presión que ejercen los turistas sobre esta demanda. El caso de estudio de las Islas Baleares es considerado por una doble razón. En primer lugar, la elevada especialización y el elevado número de turistas per cápita que recibe la región afianzan la posibilidad de identificar al turismo como una actividad claramente diferenciada del resto de actividades económicas. Por otra parte, las características geográficas de aislamiento de las islas, facilitan la posibilidad de identificar diariamente, con un elevado grado de precisión, el volumen (o stock) de turistas presentes en el territorio, circunstancia que no sería factible para otras muchas regiones.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En el apartado 2 se revisan los principales modelos de determinación de demanda eléctrica presentes en la literatura, así como cuales han sido las variables de referencia utilizadas. En el apartado 3 se aportan los detalles sobre los datos que se toman como referencia para plantear y desarrollar la aplicación empírica, poniendo una especial atención al cálculo

del stock de población diario. En el apartado 4 se presentan los resultados del caso de estudio y la discusión. Finalmente, en el apartado 5 se detallan las principales conclusiones del trabajo.

2.- La modelización del consumo de energía eléctrica

Desde mediados del siglo veinte la modelización del consumo de energía eléctrica ha recibido una atención creciente. Así, en un estudio pionero, Houthakker (1951) analizó la demanda eléctrica en las tarifas domésticas para 42 ciudades provinciales en el Reino Unido observando que la media anual del consumo eléctrico por habitante podía relacionarse con la renta media del hogar, el precio marginal de elasticidad y el precio marginal de otras formas de competencia de energía, tales como el gas. Houthakker observó además que el consumo eléctrico de las familias tenía una fuerte variación estacional, pudiéndose relacionar con la temperatura media y las horas de luz medias por día para cada mes. Posteriormente Foss (1963) estudió la utilización de equipamiento capital sugiriendo que el consumo eléctrico podía relacionarse también con el equipamiento de capital.

Con referencia a los segmentos de usuarios Mount *et al.*, (1973) analizaron la demanda de electricidad a corto y largo plazo para tres clases de consumo: residencial, comercial e industrial. Mount *et al.*, (1973) mostraron como la demanda eléctrica a largo plazo es generalmente elástica, aunque a mayores precios se obtenían también elasticidades más elevadas. Por contra, la demanda era inelástica con respecto a la renta, especialmente para los consumos industriales y residenciales, aproximándose a cero a medida que la renta se incrementaba. La preocupación por el crecimiento económico condujo a Kraft y Kraft (1978) a evaluar la relación entre consumo eléctrico y crecimiento económico en los Estados Unidos utilizando datos del periodo 1947-1974. En este estudio se encontró evidencia de la existencia de una causalidad unidireccional de producto bruto nacional a consumo eléctrico.

Durante los ochenta, se empezaron a realizar modelos de series temporales más sofisticados que

fueron la base de trabajos de modelización de energía eléctrica. Por otra parte, la liberalización del mercado eléctrico en los noventa, aumentó el interés en la predicción de la demanda y el desarrollo de nuevas aproximaciones al pronóstico del precio de la energía. En este sentido, cabe apuntar como la modelización del consumo de energía eléctrica puede enmarcarse dentro de diferentes horizontes temporales, desde una perspectiva estratégica y más a largo plazo (datos anuales) hasta una perspectiva más operativa y a corto plazo (datos diarios, por horas, o minutos). Así, el contexto elegido, marcará, no sólo la metodología aplicable, sino también las variables susceptibles de ser utilizadas en los ejercicios de determinación y predicción de demanda.

A largo plazo, uno de los mayores intereses de la literatura se ha ceñido en tratar de relacionar el consumo energético con la actividad económica. Kraft y Kraft (1978), Glasure y Lee (1997) y Shiu y Lam (2004) analizan la existencia de relaciones de causalidad bidireccional entre consumo energético y PIB para diversos países asiáticos basándose en un modelo de corrección del error. En la misma línea, Soytaş y Sari (2003) examinan la relación causal entre PIB y consumo energético en los 10 mercados más emergentes y los países del G-7 encontrando resultados similares. Por otra parte Yang (2000) encuentra causalidad bidireccional entre consumo eléctrico y PIB para Taiwan mientras que Murry y Nan (1996), Wolde-Rufael (2006) y Yoo (2006) encuentran diversas causalidades entre consumo eléctrico y crecimiento económico para diferentes países.

Cuando el análisis toma en consideración datos de mayor frecuencia (diarios, horarios o minutos), la causalidad se orienta a otro tipo de factores más a corto plazo entre los que destacan los condicionantes meteorológicos. Asimismo, es habitual la utilización de tendencias, cuyo objetivo es el de recoger los cambios sistemáticos de algunos factores estructurales como puede ser la población o el incremento de la propensión al consumo; variables ficticias para recoger movimientos sistemáticos de la variable de referencia (meses del

año, días de la semana, hora del día,...); y otro tipo de variables ficticias para controlar el efecto de determinadas fechas como periodos vacacionales y otros días festivos.

Por este motivo, la revisión de la literatura muestra como la relación entre las variables meteorológicas (y más concretamente, la temperatura) y la demanda de energía eléctrica han centrado buena parte de la atención (Yan, 1998; Ranjan y Jain, 1999; Egelioglu *et al.*, 2001; Nasr *et al.*, 2002; Valor *et al.*, 2001). En este sentido cabe apuntar la particularidad de la relación esperada entre temperatura y demanda eléctrica que, además de no ser lineal (tanto a mayor como a menor temperatura, mayor consumo), puede presentar una elasticidad creciente y, en consecuencia, cabe prever que la sensibilidad de la población a cambios de temperatura sea mayor a temperaturas extremas.

Finalmente, en el contexto de la modelización de la demanda de energía eléctrica cabe apuntar a diferentes trabajos llevados a cabo recientemente cuyo principal objetivo ha sido, sin embargo, la realización de predicciones. Aunque existe la posibilidad de tratar de obtener predicciones a partir de los modelos estadísticos tradicionales (Bodger y Mohamed, 2005), se evidencia una progresiva mejora del poder predictivo a través de la utilización de términos autorregresivos (Saab *et al.*, 2001; Fatai *et al.*, 2003), autorregresivos de transición suaves (Amaral *et al.*, 2008), la modelización ARIMA (Cancelo *et al.*, 2008) y, especialmente mediante la aplicación de técnicas más complejas basadas en metodologías no paramétricas como por ejemplo las redes neuronales artificiales (Dabellay y Slama, 2000). Sin embargo cabe reconocer que el progresivo incremento en la mejora de las predicciones suele ir acompañado de la dispersión de los modelos teóricos que sostienen las aplicaciones y con ello la dificultad en establecer relaciones causales entre variables independientes y la demanda de energía eléctrica. Es por ello que en este trabajo se opta por un modelo estadístico tradicional de series temporales dejando de lado la aplicación de modelos computacionales tipo *neural networks*.

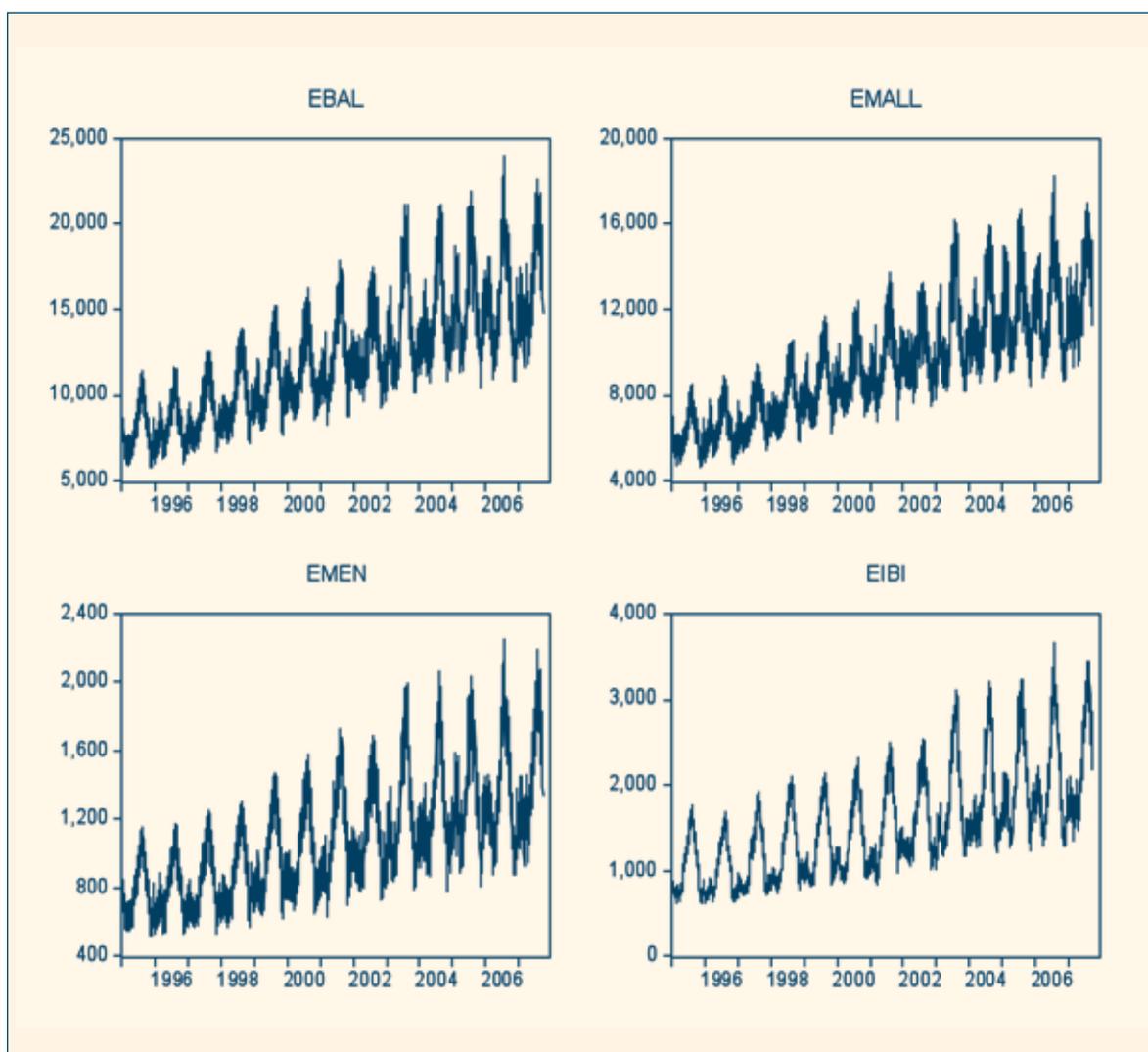
3.-Datos para la aplicación empírica

Teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo, los modelos de determinación de la demanda de energía eléctrica desarrollados en este artículo se basan en datos de producción diaria de las Islas Baleares (España), sistema que se encuentra aislado del resto de territorio nacional. El sistema eléctrico balear suministra anualmente electricidad a 1 millón de residentes al que hay que sumar la presión ejercida por la visita de 13 millones de turistas concentrados principalmente durante la época veraniega, que es también la de mayor consumo eléctrico debido a las condiciones climáticas que suelen caracterizar el archipiélago durante el periodo estival.

3.1. Datos de electricidad

Los datos de consumo eléctrico tanto para el conjunto de las Islas Baleares (BAL), como para cada una de las islas en particular, Mallorca (MALL), Menorca (MEN) e Ibiza y Formentera (IBI), fueron facilitados por *Red Eléctrica de España*. La serie temporal de datos facilitada comprende la producción eléctrica diaria (E) en MW h desde Enero de 1995 a Septiembre de 2007. En los estudios de modelización de energía eléctrica con datos de alta frecuencia, es habitual considerar que producción es igual a demanda debido a que los operadores se encargan de ajustar al máximo ambas medidas por la dificultad de almacenamiento que se encuentra asociada a dicha energía. De esta manera, los datos de producción eléctrica total referidos al periodo de estudio se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Consumo eléctrico diario en las Islas Baleares



Una primera observación de la serie permite comprobar la existencia de una clara tendencia que suele ser habitual en otro tipo de estudios de similares características (Cancelo y Espasa, 1996) y que puede asociarse a factores como el incremento de población o a la mayor propensión al consumo per cápita. Por otra parte, el carácter fuertemente estacional mostrado en la Figura 1, permite evidenciar la importancia tanto de los factores climáticos extremos (Valor *et al.*, 2001) que, en el caso del verano, se complementaría con la presión poblacional asociada a la llegada masiva de turistas. De esta manera, con el fin de poder capturar estas variaciones sistemáticas de la variable de referencia, existe la posibilidad de introducir diferentes patrones a través de variables artificiales o ficticias.

3.2. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos requeridos para la construcción de los modelos de determinación del consumo de energía eléctrica fueron recopilados por el *Centre de Recerca Econòmica* y provienen del centro meteorológico de las Islas Baleares. Concretamente, los datos meteorológicos proceden de las estaciones situados en los aeropuertos de cada una de las islas. Para el caso de Baleares se ha considerado una media ponderada tomando como peso relativo la población en cada una de las islas.

En cuanto a las variables consideradas, aunque los resultados de la revisión de la literatura sugieren que las condiciones meteorológicas con posible efecto sobre el consumo de energía eléctrica pueden ser diversas (temperatura, humedad, viento y precipitación), lo más habitual es centrarse exclusivamente en la temperatura debido a la elevada correlación que suele existir con el resto de variables (Engle *et al.*, 1992) si bien, para el caso de España, Cancelo y Espasa (1996) consideran también la humedad relativa.

En este trabajo, debido a las condiciones especiales de alta humedad que caracterizan las Baleares, aparte de considerar las diferentes condiciones climáticas por separado, se ha introducido la temperatura de sensación o *heat index* (HI) como alternativa al uso de variables de temperatura y

humedad. De esta manera el HI combina los datos de temperatura externa media diaria y la humedad relativa diaria con el fin de obtener una medida que se ajusta más a las sensaciones humanas de calor y frío⁽²⁾. De esta manera, cuando la temperatura y la humedad relativa son medias el HI coincide con la temperatura mientras que cuando temperatura y humedad son elevadas el HI se incrementa con mayor proporción que la temperatura. De la misma manera, a temperaturas bajas y humedad relativa altas, el HI vuelve a recoger la mayor sensación de frío que la gente suele percibir. Aunque existen diversas alternativas para la elaboración del HI, la fórmula más utilizada, es la propuesta por Steadman (1979) y es por ello que es la adoptada en este estudio⁽³⁾.

Sea como sea, es habitual que la relación entre el consumo eléctrico y la temperatura (ya sea medida directamente o con el HI) se caracterice por la no linealidad, tal y como se obtiene para el caso de estudio considerado (Figura 2). La relación no-lineal entre temperatura y demanda eléctrica suele tratarse mediante la utilización de dos variables derivadas. De esta manera, los “grados cálidos” (HDD) recogen la temperatura diaria que ha sobrepasado un determinado umbral y los “grados fríos” (CDD) recogería los grados que faltan para alcanzar otro determinado umbral. Analíticamente:

$$HDD_t = \text{Max} (T_{H_{ref}} - T_t, 0) \quad [1]$$

$$CDD_t = \text{Max} (T_t - T_{C_{ref}}, 0) \quad [2]$$

Donde T_t es la temperatura media obtenida como media de la máxima y mínima registradas en un determinado día t y $T_{H_{ref}}$ y $T_{C_{ref}}$ son las temperaturas umbrales de referencia que deben ser seleccionadas adecuadamente para separar las condiciones cálidas y frías. Estas funciones reflejan en conjunto el número de días en cuales la temperatura está por debajo o por encima de los límites de frío y calor, recogiendo además la intensidad del ese frío o calor. Debido a que no hay una cuantificación estricta de los valores de

temperaturas límite, puede haber muchas versiones diferentes de las funciones HDD y CDD. En este estudio, las temperaturas límite de referencia seleccionadas han sido de 17°C para las altas temperaturas y de 12°C para bajas temperaturas, que concuerdan con representación que se observa en la Figura 2.

Tomando como referencia el HI en sustitución de la temperatura, en la Figura 3 se presenta el consumo diario de electricidad en Baleares versus HDD y CDD partiendo de la base del HI (HTHI y LTHI, respectivamente). De esta forma se consigue separar el consumo debido a altas temperaturas del consumo debido a bajas temperaturas.

3.3. El stock diario de población

La observación de la evolución del consumo eléctrico en Baleares (Figura 1) pone de manifiesto como, en consonancia con lo que sucede en otras regiones de similar latitud, se producen dos periodos de gran consumo a lo largo del año coincidentes con el verano y el invierno. Sin embargo, cabe destacar que, en comparación con otros destinos, las temperaturas estivales no parecen ser suficientes para explicar los incrementos de consumo experimentado y de ahí la necesidad de desarrollar algún tipo de indicador que recoja la actividad turística. Aunque una primera aproximación podría pasar por la consideración de las llegadas de turistas, los datos sobre el número de turistas se recogen de manera

Figura 2 Carga diaria y temperatura media

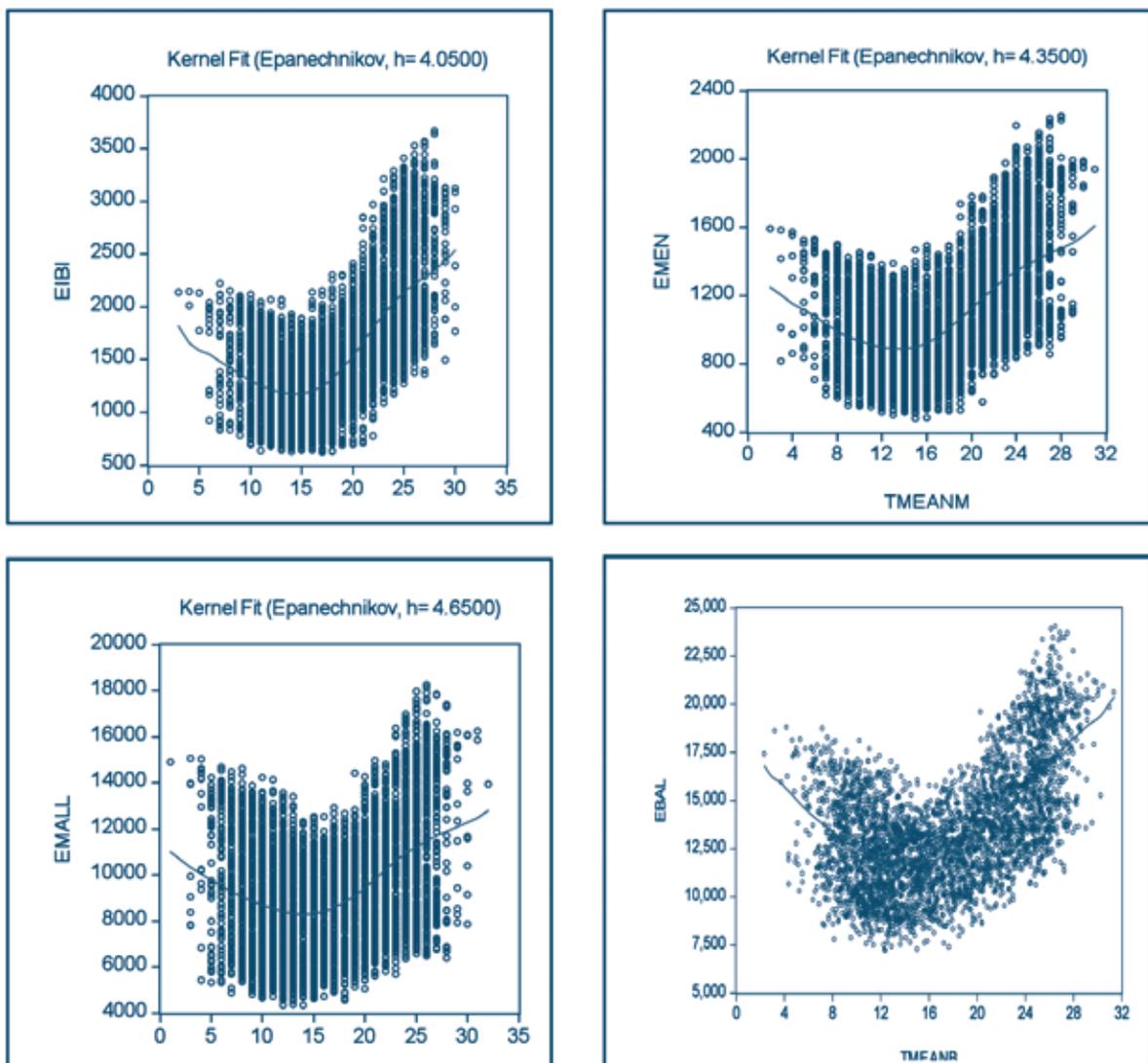


Figura 3. Consumo diario de electricidad y HI en Baleares

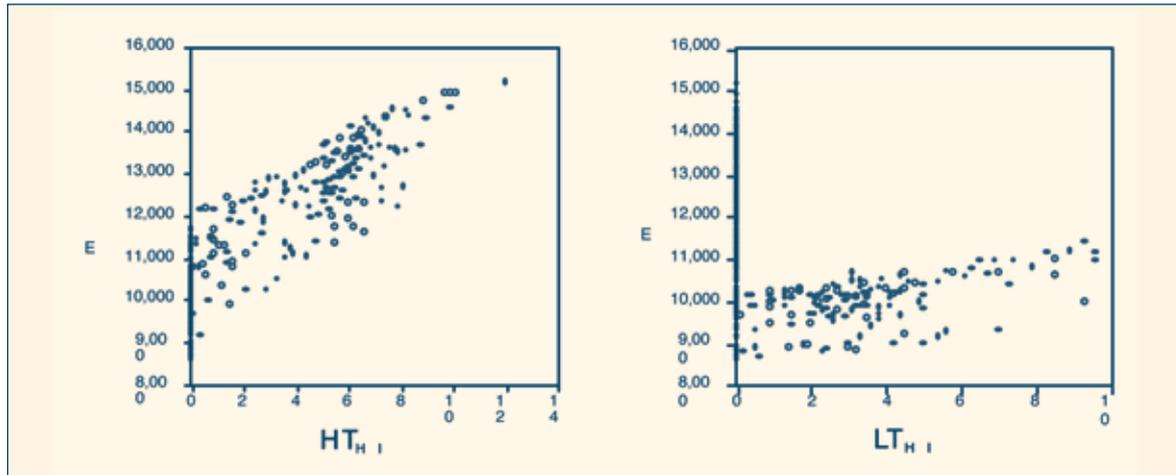
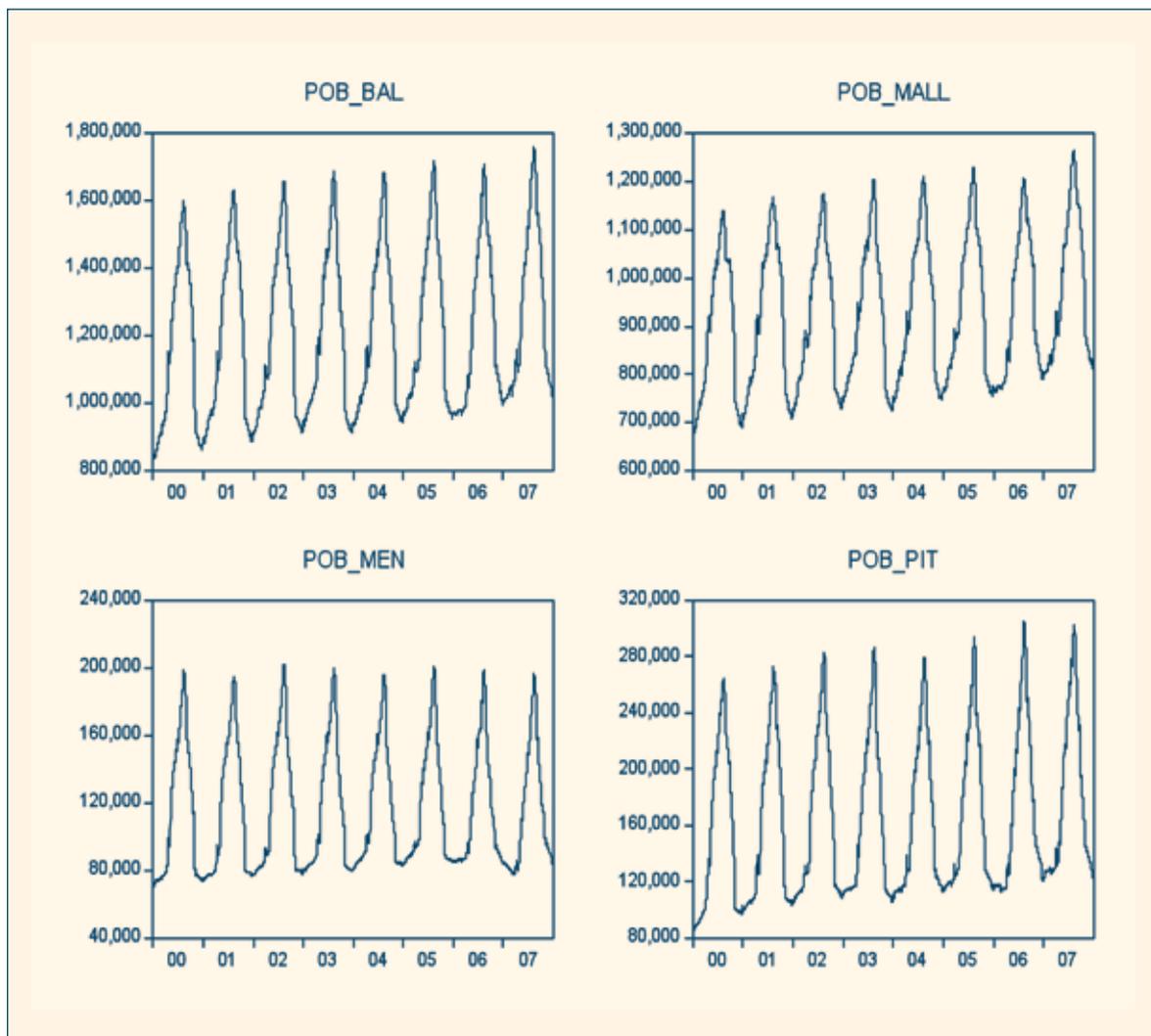


Figura 4. IDPH en las Islas Baleares



Nota: POB_BAL, POB_MALL, POB_MEN y POB_PIT se refiere al IDPH correspondiente a las Islas Baleares, Mallorca, Menorca y Pitiusas (Ibiza y Formentera). El IDPH de las Islas Baleares se obtiene a partir de la suma del resto de casos.

mensual por los que supondría sólo una aproximación que no tendría en cuenta las variaciones que se producen durante un mismo mes.

Con el fin de obtener un indicador diario de presión humana, Riera y Mateu (2007) desarrollaron una medida para controlar el stock de población que se encuentra en cada una de las Islas Baleares (IDPH) basándose en los datos diarios de llegadas y salidas de puertos y aeropuertos, población residente y crecimiento natural de la población. Analíticamente el indicador puede representarse como:

$$IDPH = PR_0 + \sum_{d=1}^{365} E_d - S_d + \sum_{d=1}^{365} V_d \quad [3]$$

Donde PR_0 es la población residente en el primer día de cada año basada en las estadísticas oficiales; $E_d - S_d$ es la diferencia entre la cantidad de entradas y salidas de individuos obtenida de los registros de puertos y aeropuertos; y V_d es el crecimiento natural de la población como consecuencia de nacimientos y fallecimientos, linealizada para cada día del año en función de la evolución anual. La variable IDPH para cada una de las tres islas y para la totalidad del archipiélago se muestra en la Figura 4.

Tal y como se observa en la representación del IDPH, el stock de población de las Islas Baleares se

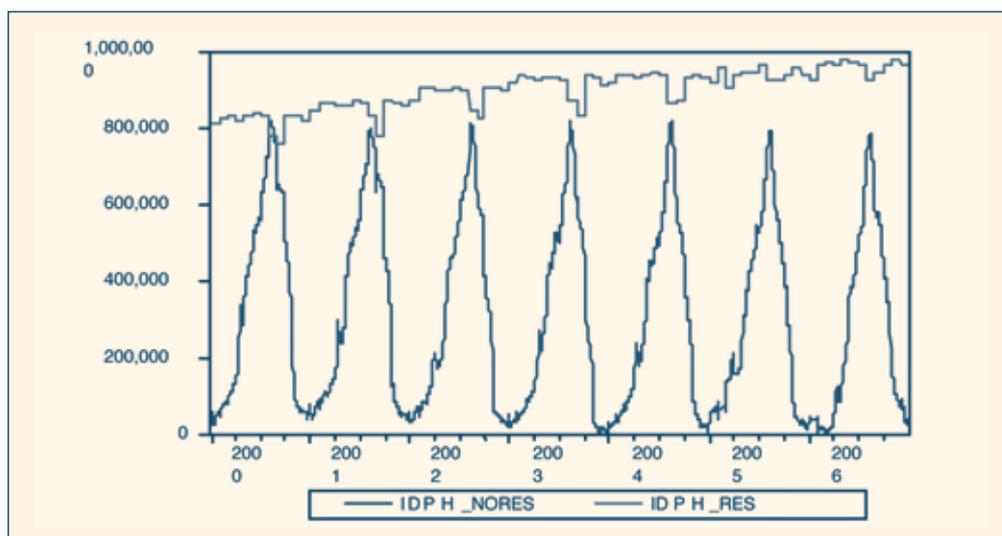
ha caracterizado durante el periodo de estudio por un incremento constante la población (de esta manera, los datos presentan una clara tendencia positiva) y por un elevado incremento durante la temporada alta, lo que se puede atribuir al incremento de la actividad turística, caracterizada por una elevada estacionalidad. En cualquier caso, y debido a la disponibilidad de datos sólo para el caso de las Islas Baleares consideradas conjuntamente, en este trabajo el IDPH se divide entre población residente (IDPH_RES) y población turista (IDPH_NORES). Para ello se toman los datos de Familiar correspondientes a los viajes realizados por los residentes en las Islas Baleares obteniéndose una estimación mensual de los residentes que viajan fuera del archipiélago. Los resultados aparecen en la Figura 5.

4.- Resultados y discusión

Siguiendo las consideraciones mencionadas anteriormente la ecuación general utilizada para la determinación de la demanda de energía eléctrica para el caso de las islas Baleares puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \ln(E_t) = & c + \alpha \cdot T + \sum_{p=1}^j w_p MET_p + \sum_{n=1}^6 d_n D_n \\ & + \sum_{l=1}^{11} m_l M_l + \sum_{k=1}^j s_k SD_k + \beta \cdot IDPH + u_t \end{aligned} \quad [4]$$

Figura 5. IDPH para residentes y turistas en las Baleares



Donde E_t se refiere a la demanda de energía eléctrica durante el día t , tomada en logaritmos; T representa un tendencia lineal incluida al objeto de recoger el incremento de la propensión al consumo durante los últimos años; MET_p se refiere a las i variables meteorológicas consideradas inicialmente; D_n y M_i es un conjunto de variables ficticias que tratan de recoger las diferencias de consumo eléctrico entre los diferentes días de la semana y los diferentes meses del año, respectivamente; SD_k son variables ficticias que tratan de recoger igualmente el menor consumo que suele caracterizar determinados festivos; $IDPH$ es la variable de stock de población de referencia que en el caso de las Islas Baleares consideradas conjuntamente puede desagregarse en población residente y no residente; c , α , w_p , d_n , m_i , s_k y β son parámetros a estimar. Finalmente se han incluido diferentes términos autorregresivos (AR), Medias móviles (MA) y autorregresivos estacionales (SAR) para la correcta especificación del término de error u_t al que se le supone distribuido normalmente e independiente.

Tras la estimación de modelos generales para cada uno de los casos de estudio y utilizando diferentes opciones para las variables meteorológicas y festivos, los modelos fueron simplificándose de acuerdo a los criterios de Akaike (AIC) Schwarz (SC) y al R^2 ajustado hasta obtener su versión más simple (Tabla 1). Tanto la significación de los estadísticos F como los elevados valores de los R^2 confirman la bondad de los modelos.

De esta manera, se comprueba como la significación estadística del parámetro positivo que acompaña a la variable de tendencia (T) confirma el crecimiento continuo del consumo *per càpita* que podría relacionarse con un incremento del nivel de vida de los residentes durante el periodo de análisis. Por otra parte, las variables ficticias correspondientes al día de la semana (D1 hasta D6, esto es de lunes a sábado) confirman los resultados esperados que apuntan a un mayor consumo durante los días laborables. De la misma manera, todas las variables ficticias de días festivos finalmente consideradas aparecen con signo negativo⁽⁵⁾. En cuanto a variables meteorológicas, tras diferentes alternativas, la opción

utilizada finalmente fue la de separar entre grados cálidos y grados fríos en base al HI (HT_{HI} y LT_{HI} , respectivamente). En ambos casos se han incluido la variable al cuadrado con el fin de recoger el efecto no lineal de la temperatura. Por lo que se refiere a las variables que recogen el efecto del stock de población en todos los casos se obtiene un valor significativo, tanto para los casos de las islas de manera separada con el stock total de población ($IDPH$) como para el caso de las Islas Baleares conjuntamente, donde es posible separar el efecto de la población residente ($IDPH_{RES}$) de la turística ($IDPH_{NORES}$). De esta manera, en todos los casos el test de Breusch-Godfrey LM permite descartar la existencia de correlación serial en los residuos.

Con el fin de profundizar en el entendimiento de la relación entre consumo eléctrico y temperatura, y obtener una medida más estándar comparable con estudios de naturaliza similar (Valor *et al.*, 2001), la relación entre ambas variables se analiza a través del concepto de elasticidad, que para el caso de estudio se puede definir como:

$$\epsilon_{HT} = \frac{HT_{HI}}{E} \frac{\partial f(E)}{\partial HT_{HI}} \quad [6]$$

$$\epsilon_{LT} = \frac{LT_{HI}}{E} \frac{\partial f(E)}{\partial LT_{HI}} \quad [7]$$

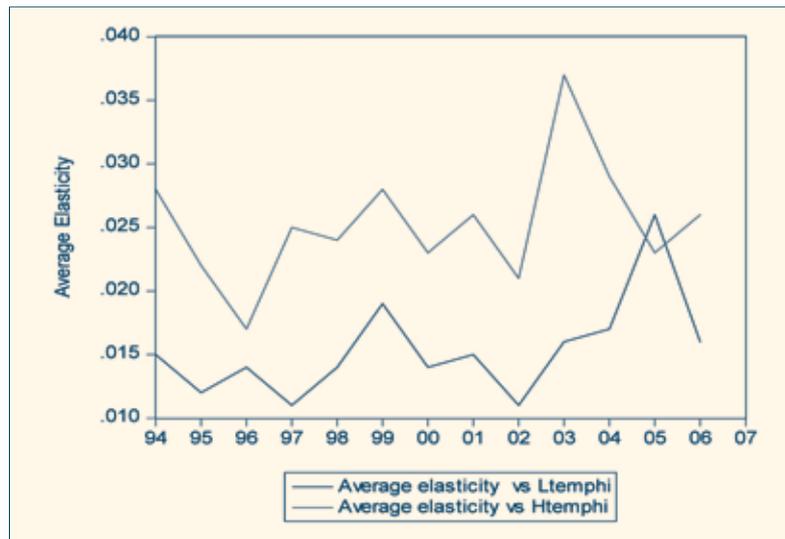
Donde ϵ_{HT} y ϵ_{LT} son las elasticidades para las temperaturas altas y bajas, respectivamente, utilizando el HI, y E es el consumo de electricidad. La obtención de las elasticidades promedio anual arroja como resultado la Figura 6 en donde se observa como se obtienen elasticidades máximas para los años 2003 y 2005. Por otra parte se obtiene como el promedio de la elasticidad anual para el índice de calor de temperaturas altas es mayor que para el índice de calor de temperaturas bajas, excepto para el año 2005 cuando se registraron temperaturas extraordinariamente bajas que explican así el máximo obtenido para el 2005. De la misma manera el máximo obtenido para el 2003 se explica por las

Tabla 1. Modelos estimados para el consumo eléctrico en Baleares

	Mallorca	Menorca	Ibiza&Formentera	Balearics
C	8.377854***	6.206358***	6.315489***	8.517105***
T	0.000127***	0.000125***	0.000140***	0.000114***
D1	0.042425***	0.047237***	0.027387***	0.027720***
D2	0.046779***	0.054295***	0.031244***	0.031856***
D3	0.045265***	0.053663***	0.030053***	0.030430***
D4	0.043453***	0.047657***	0.031357***	0.027474***
D5	-0.011258	-0.022833***	-0.000403	-0.030499***
D6	-0.090734***	-0.100512***	-0.062799***	-0.108144***
SD05_1	-0.076723***	-0.095125***	-0.057764***	-0.083048***
SD06_1	-0.036072***	-0.059847***	-0.026095***	-0.012430
SD16_1	-0.027895**	-0.129853***	-0.018185**	-0.034712***
SD20_1	-0.026708***	-0.020483*	-0.013443*	-0.010738
SD28_2	-0.082609***	-0.104930***	-0.061835***	-0.077039***
SD01_3	0.016707	0.013454	0.027538***	0.005518***
SD30_4	-0.066744***	-0.041665***	-0.024361**	-0.075704***
SD14_8	-0.085388***	-0.067909***	-0.034241***	-0.092727***
SD11_10	-0.095909***	-0.106350***	-0.060427***	-0.092418***
SD12_10	-0.048981***	-0.042958***	-0.024142***	-0.036303***
SD31_10	-0.154986***	-0.214011***	-0.143260***	-0.161427***
SD01_11	-0.032170***	-0.034211***	-0.010672	-0.028799***
SD05_12	-0.108571***	-0.108174***	-0.068659***	-0.109893***
SD06_12	-0.033791***	-0.060961***	-0.007871	-0.038005***
SD07_12	-0.077002***	-0.103857***	-0.056988***	-0.082641***
SD09_12	0.030635**	0.041310***	0.023659**	0.026806**
SD24_12	-0.087559***	-0.103498***	-0.067069***	-0.111942***
SD25_12	-0.086052***	-0.095840***	-0.072400***	-0.092887***
SD31_12	-0.062317***	-0.062618***	-0.035327***	-0.083378***
SDJVS_ST	-0.072885***	-0.089499***	-0.044039***	-0.068900***
HTHI	0.004349***	0.012144***	0.005787***	0.008323***
HTHI^2	0.000169*	-0.000274***	-0.000154**	0.000328***
LTHI	0.004185***	0.009175***	0.008591***	0.006418***
LTHI^2	0.000342***	0.000445***	0.000153	0.000440***
IDPH	5.34E-07***	4.00E-06***	3.89E-06***	
IDPH_RES				3.91E-07***
IDPH_NORES				5.30E-07***
AR(1)	0.530690***	0.115984***	0.154752***	0.541813***
AR(2)	0.154423***	0.255337***	0.452363***	0.158834***
AR(3)			0.112449***	0.113222***
AR(4)	0.073514***	0.090661***		0.046110**
AR(5)	0.036850**	0.077944**		
AR(6)		0.081193***	0.041144***	
AR(7)		-0.376951***	-0.285236***	-0.064486***
SAR(7)		0.780214***	0.737110***	0.327289***
MA(1)		0.380937***	0.554515***	
Equation Statistics				
Adjusted R-Squared	0.965037	0.974229	0.990275	0.974032
Log likelihood	6496.388	6300.673	7152.167	6286.692
Durbin-Watson stat	1.905528	2.030151	1.946272	1.996396
AIC	-3.639711	-3.529293	-4.009685	-3.940424
SC	-3.561348	-3.450930	-3.931322	-3.846631
F-statistic	2224.184	3045.862	8202.725	2474.218
Proba(F-Statistic)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Note: *** significant at 1%, ** significant at 5%, * significant at 10%

Figura 6. Estimación de la elasticidad anual de la función de la demanda eléctrica



temperaturas máximas obtenidas, muy por encima de la media histórica. Estos resultados evidencian una mayor sensibilidad relativa de la función de demanda eléctrica en verano que en invierno.

Por lo que se refiere a las variables poblacionales, para evaluar su efecto sobre el consumo eléctrico se han analizado diferentes escenarios que se muestran en la Tabla 2. Dado el incremento continuo de la población observado durante el periodo de estudio, los escenarios analizados toman como referencia 1999 y 2006 para evaluar sobre ellos el mismo efecto poblacional, tanto en promedio, como para el pico máximo de demanda de electricidad observado.

Los resultados de las simulaciones muestran como un incremento en el stock de población para los residentes y no residentes por separado se asocia con un incremento del consumo eléctrico, con tasas anuales relativamente elevadas para los residentes para los tres escenarios definidos. Juntamente con el

hecho de que el consumo máximo de electricidad de no residentes está representado para el periodo estival de 1999 y 2006 respectivamente, la diferencia entre los máximos de los dos (residentes; no residentes) en la Tabla 2 se incrementa cuando pasamos del año 1999 al año 2006 (0,4% para el año 1999 y 0,7% para el año 2006). Esta característica puede explicarse por el hecho de que la proporción entre residentes y no residentes se está incrementando.

Con el fin de explotar los modelos de las islas de manera separada en la Tabla 3 aparecen representados diferentes escenarios de incremento poblacional para diferentes meses del año. Tomando como referencia los años 1999 y 2006, los resultados muestran que las tasas más altas se registran durante el mes de agosto para los dos años de referencia y para cada isla, con un comportamiento casi similar de las poblaciones de Menorca e Ibiza y Formentera. Como ejemplo las

Tabla 2: Simulación desde el incremento del consumo eléctrico en Islas Baleares

		5% incremento		8% incremento		10% incremento	
		residente	No residente	residente	No residente	residente	No residente
Max	1999	1.8%	1.4%	2.9%	2.3%	3.6%	2.9%
Mean	1999	1.7%	0.6%	2.8%	1.0%	3.5%	1.2%
Max	2006	2.2%	1.5%	3.6%	2.4%	4.5%	3.0%
Mean	2006	2.1%	0.5%	3.4%	0.8%	4.3%	1.0%

Tabla 3: Simulación desde el incremento del consumo eléctrico mensual en Islas Baleares

Año	Mes	Mallorca			Menorca			Ibiza y Formentera			
		5%	8%	10%	5%	8%	10%	5%	8%	10%	
	Ene	1.8%	3.0%	3.7%	1.4%	2.3%	2.9%	1.4%	2.3%	2.9%	
	Feb	2.0%	3.2%	4.0%	1.5%	2.3%	2.9%	1.5%	2.3%	2.9%	
	Mar	2.1%	3.3%	4.2%	1.5%	2.4%	3.0%	1.5%	2.4%	3.0%	
	Abr	2.2%	3.6%	4.5%	1.6%	2.6%	3.2%	1.6%	2.6%	3.2%	
	May	2.6%	4.1%	5.2%	2.4%	3.9%	4.9%	2.4%	3.9%	4.9%	
1999	Jun	Media	2.8%	4.5%	5.6%	2.9%	4.7%	5.9%	2.9%	4.6%	5.8%
	Jul		2.9%	4.7%	5.8%	3.2%	5.2%	6.6%	3.2%	5.2%	6.6%
	Ago		2.9%	4.7%	6.0%	3.6%	5.8%	7.3%	3.6%	5.8%	7.3%
	Sep		2.7%	4.4%	5.5%	2.9%	4.6%	5.8%	2.9%	4.6%	5.8%
	Oct		2.5%	4.0%	5.0%	2.2%	3.6%	4.5%	2.2%	3.6%	4.5%
	Nov		1.9%	3.0%	3.8%	1.5%	2.4%	3.0%	1.5%	2.4%	3.0%
	Dic		1.8%	2.9%	3.6%	1.5%	2.4%	3.0%	1.5%	2.4%	3.0%
	Ene		2.1%	3.3%	4.2%	1.7%	2.8%	3.5%	1.7%	2.8%	3.5%
	Feb		2.1%	3.4%	4.2%	1.7%	2.8%	3.5%	1.7%	2.8%	3.5%
	Mar		2.1%	3.4%	4.3%	1.7%	2.8%	3.5%	1.7%	2.8%	3.5%
	Abr		2.3%	3.6%	4.6%	1.9%	3.0%	3.7%	1.8%	3.0%	3.7%
	May		2.5%	4.1%	5.1%	2.4%	3.9%	4.8%	2.4%	3.8%	4.8%
2006	Jun	Media	2.8%	4.5%	5.7%	2.9%	4.7%	5.9%	2.9%	4.7%	5.9%
	Jul		3.0%	4.9%	6.2%	3.4%	5.5%	6.9%	3.4%	5.5%	6.9%
	Ago		3.2%	5.2%	6.5%	3.8%	6.2%	7.8%	3.8%	6.1%	7.7%
	Sep		3.0%	4.8%	6.1%	2.8%	4.6%	5.8%	2.8%	4.6%	5.7%
	Oct		2.8%	4.4%	5.6%	2.2%	3.6%	4.5%	2.2%	3.6%	4.5%
	Nov		2.3%	3.7%	4.7%	1.9%	3.0%	3.8%	1.9%	3.0%	3.8%
	Dic		2.2%	3.5%	4.4%	1.8%	2.8%	3.5%	1.7%	2.8%	3.5% ^a

tasas anuales por un incremento poblacional de 10% en el año 2006 le corresponde 6,5%, 7,8% y 7,7% para Mallorca, Menorca e Ibiza y Formentera respectivamente, mostrando que en verano las poblaciones de Menorca e Ibiza y Formentera son más sensibles que la población de Mallorca. De la misma manera las tasas mínimas se registran en los meses de diciembre y enero para cada isla y para los

tres escenarios. Tal y como era de esperar, un incremento de la población en temporada media es la que resulta ser de mas ventajosa desde el punto de vista estacional, mientras que los peores resultados se obtienen para el incremento de la población en temporada alta, dada su coincidencia con el máximo consumo eléctrico en cada una de las islas.

5. Conclusiones

Tradicionalmente el turismo ha sido considerado como una actividad que aporta múltiples beneficios económicos en los países de destino. No obstante, es importante evaluar sus beneficios netos considerando también los costes asociados. En esta línea, las actividades turísticas deben ser analizadas considerando no sólo el nivel de ingresos turísticos y los costes directos de la prestación de dichos servicios, sino también sus costes ambientales asociados. La bibliografía de referencia revela cómo el no reconocimiento del sector turístico como tal en las cuentas económicas nacionales tradicionales ha derivado en estudios sectoriales cuando se han tratado de evaluar dichos costes.

Este trabajo considera un procedimiento alternativo de estimación una parte de estos costes, los ligados al consumo eléctrico, a través de la consideración del stock de población turística con el fin de incrementar la eficiencia de los modelos aplicados hasta el momento. La aplicación de este tipo de modelos podría ser de una gran utilidad para la estimación de los efectos relativos al uso de energía y sus emisiones de gases de efecto invernadero en las destinaciones turísticas. Utilizando el caso de estudio de las Islas Baleares la relación entre demanda de energía eléctrica y el stock de población ha sido estimada mostrando un alto nivel de significación en las diferentes alternativas de medición de la población incluidas.

El análisis ha revelado que la sensibilidad de la carga eléctrica a la variable stock de población se ha incrementado con el tiempo para los residentes y no residentes, con una mayor sensibilidad en el caso de la población residente. Además, se ha llevado a cabo un estudio de simulación basado en tres hipotéticos incrementos del 3%, 5% y 10% de la población media de residentes y no residentes respectivamente. Los principales resultados de la simulación muestran altas tasas de crecimiento de la demanda de electricidad para ambas poblaciones en verano, además de una intensidad relativa de demanda eléctrica entre residentes y no residentes durante el periodo estival.

El hecho que una simulación de un incremento de la población no residente en febrero o noviembre se asocie con una relativa baja tasa de crecimiento del consumo eléctrico puede ser de gran ayuda a los planificadores en el contexto de monitorizar de manera sostenible y reduciendo el impacto del turismo en el medio ambiente.

Para futuras investigaciones se deberá tratar la posibilidad de evaluar la responsabilidad del turismo en la determinación de la carga eléctrica para cada una de las Islas Baleares considerando la variabilidad interanual del stock de población total asumiendo que la principal fluctuación de la variable es causada por la población turista. Estos resultados deberían ser comparados con los obtenidos en este trabajo con el objeto de validarlos.

Bibliografía:

- Amaral, L.F., Souza, R.C. y Stevenson, M. (2008) "A smooth transition periodic autoregressive (STPAR) model for short-term load forecasting" *International Journal of Forecasting*, 04:603-615.
- Becken, S. (2002) "Analysing international tourist flows to estimate energy use associated with air travel" *Journal of Sustainable Tourism*, 10 (2):114-131.
- Becken, S. y D. Simmons (2008) "Using the concept of yield to assess the sustainability of different tourist types" *Ecological Economics*, 67(3):420-429
- Becken, S. y Simmons, D. (2002) "Understanding energy consumption patterns of tourist attractions and activities in New Zealand" *Tourism Management*, 23:343-354.
- Becken, S., Frampton, C. y Simmons, D. (2001) "Energy consumption patterns in the accommodation sector – the New Zealand case" *Ecological Economics*, 39:371-386
- Becken, S., Simmons, D. y Frampton, C. (2003) "Energy use associated with different travel choices" *Tourism Management*, 24:267-277
- Cancelo, J.R., y Espasa, A. (1996). "Modelling and forecasting daily series of electricity demand" *Investigaciones Económicas*, 20:359-376.
- Cancelo, J.R., Espasa, A. y Grafe, R. (2008) "Forecasting the electricity load from one day to one week ahead for the Spanish system operator" *International Journal of Forecasting*, 24:588-602.
- Cárdenas, V. y J. Rosselló (2008) "Análisis económico de los impactos del cambio climático en el turismo: estado de la cuestión" *Ekonomiaz*, 67: 262-283.
- Darbellay G.A. y Slama M. (2000) "Forecasting the short-term demand for electricity: do neural networks stand a better chance" *International Journal of Forecasting*, 16:71-83.
- Deng, S. y Burnett, J. (2000) "A study of energy performance of hotel buildings in Hong-Kong" *Energy and Buildings*, 31:7-12.
- Egelioglu F., Mohamad A.A., y Guven H., (2001) "Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus" *Energy*, 26: 355-62.
- Engle, R. F., C. Mustafa, y J. Rice, (1992) "Modeling peak electricity demand" *Journal of Forecasting*, 11:241-251.
- Fatai K, Oxley L y Scrimgeour F.G. (2003) "Modeling and forecasting the demand for electricity in New Zealand: a comparison of alternative approaches". *Energy Journal*, 24 (1):75-102.
- Flores D. (2008) "Segmentación del Turismo en Parques Naturales. Un Análisis Comparado en Andalucía" *Papers de Turisme* 43-44:169-190.
- Foronda, C. y García A.M. (2009) "La Apuesta por la Calidad como Elemento Diferenciador en los Destinos Turísticos: Planes Renovados" *Cuadernos de Turismo* 23: 89-110
- Foss MR. (1963) "The utilization of capital equipment: postwar compared with prewar" *Survey of Current Business*, pp. 8-616.
- Glasure Y y Lee A.R., (1997) "Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and electricity: the case of South Korea and Singapore" *Resource Electricity Economics*, 20: 17-25.
- Gössling, S., (2000) "Sustainable tourism development in developing countries: Some aspects of energy use". *Journal of Sustainable Tourism*, 8(5): 410-25.
- Gossling, S. and Hall, M. (2005) "An introduction to tourism and global environmental change" In S. Gossling and C.M. Hall (editors). *Tourism and Global Environment Change*. Routledge.
- Gössling, S., C. Borgström Hansson, O. Hörstmeier y S. Saggeld (2002) "Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability" *Ecological Economics*, 43(2-3): 199-211.
- Gray, R. y Bebbington, J. (1993) *Accounting for the Environment*. London: Sage.
- Hernández, J.M. y C. León (2007) "The interactions between natural and physical capitals in the tourist lifecycle model" *Ecological Economics*, 62(1): 184-193.
- Houthakker, H.S. (1951) "Some calculations on electricity consumption in Great Britain" *Journal of the Royal Statistical Society Series A-G* 114(3):359-71.
- Jorgensen DW y Griliches Z. (1967) "The explanation of productivity change" *Review of Economic Studies*; 34:249-83.
- Kraft, J. y Kraft, A. (1978) "On the relationship between energy and GNP" *Journal of Energy and Development*, 3: 401-3.
- Marrero, J.R. y Santana M.A. (2008) "Competitividad y Calidad en los Destinos Turísticos e Sol y Playa. El caso de las Islas Canarias" *Cuadernos de Turismo* 22: 123-143.
- Mount, T.D. Chapman, L.D. y Tyrrell T.J. (1973) "Electricity demand in the US: an econometric analysis" *Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory*.
- Murry D.A., Nan G.D. (1996) "A definition of the gross domestic product electrification interrelationship" *Journal of Energy and Development* 19(2):275-83.
- Nasr, G.E. Badr, E.A. y Younes M.R. (2002) "Neural networks in forecasting electrical energy consumption: univariate and multivariate approaches" *International Journal of Energy Research*, 26:67-78.

- Patterson, T.M., V. Niccoluccib y S. Bastianoni (2007) "Beyond 'more is better': Ecological footprint accounting for tourism and consumption in Val di Merse, Italy" *Ecological Economics* 62 (3-4): 747-756.
- Peeters, P. y Schouten, F. (2006) "Reducing the ecological footprint of inbound tourism and transport to Amsterdam" *Journal of Sustainable Tourism* 14 (2): 157-171.
- Penner, J., Lister, D., Griggs, D., Dokken, D. y McFarland, M. (eds) (1999) *Aviation and the Global Atmosphere. In A Special Report of IPCC Working Groups I and III*. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Price, T. y Probert, S.D. (1995) "An energy and environmental strategy for the Rhymney Valley, South Wales" *Applied Energy*, 51: 139-195.
- Pulido, J.I. (2009) "Modelos para la gestión turística de parques naturales: Una propuesta para España" *Papers de Turisme*, 45: 21-40.
- Ranjan M, y Jain, V.K. (1999) "Modeling of electrical energy consumption in Delhi" *Energy*, 24:351-61.
- Riera, A. y Mateu, J. (2007) "Aproximación al volumen de turismo residencial en la Comunidad Autónoma de las Illes Balears a partir del cómputo de la carga demográfica real" *Estudios Turístic*, 174: 59-71.
- Rubio, M.A. y Mazón, T.M. (2009) "El capital social como factor coadyuvante de los procesos de desarrollo turístico y socioeconómico de los destinos de interior" *Papers de Turisme* 45: 41-56.
- Saab, S., Badr, E. y Nasr G. (2001) "Univariate modeling and forecasting of energy consumption: the case of electricity in Lebanon" *Energy*, 26:1-14.
- Shiu, A. y Lam, P.L. (2004) "Electricity consumption and economic growth in China" *Energy Policy*, 32: 47-54.
- Simmons, C. y Lewis, K., (2001). *Take only memories . . . leave nothing but footprints. An Ecological footprint analysis of two package holidays*. Rough Draft Report. Best Foot Forward Limited. Oxford.
- Soytas, U. y Sari, R. (2003) "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets" *Energy Economy*, 25:33-7.
- Steadman, R.G. (1979) "The Assessment of Sultriness, Part II: Effects of Wind" *Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature Journal of Applied Meteorology*, 18(7):874-885.
- Tabatchnaia-Tamirisa, N., Loke, M.K., Leung, P. y Tucker, K.A. (1997) "Energy and tourism in Hawaii" *Annals of Tourism Research*, 24(2): 390-401.
- Valor, E., Meneu, V. y Caselles, V., (2001) "Daily air temperature and electricity load in Spain" *Journal of applied Meteorology*, 40: 1413-1421.
- Wolde-Rufael, Y. (2006) "Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries" *Energy Policy*, 34:1106-14.
- Yan, Y.Y. (1998) "Climate and residential electricity consumption in Hong-Kong" *Energy*, 23(1):17-20.
- Yang, H.Y. (2000) "A note on the causal relationship between electricity and GDP in Taiwan" *Energy Economics*, 22: 309-17.
- Yoo, S.H. (2006) "The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries" *Energy Policy*, 34: 3573-82
- Decisions: *AnMethods*. California, Sage Publications.

NOTAS

(1) Por ejemplo, restaurantes y algunas actividades comerciales específicas pueden tener a la vez un componente local y turístico que suelen ser difíciles de separar y que pueden, además, ser diferentes para diversas regiones.

(2) La explicación de esta distorsión se encuentra en el hecho de que el cuerpo humano normalmente se enfría a sí mismo por la respiración o por el sudor, el cual evapora y elimina calor del cuerpo. No obstante, cuando la humedad relativa es alta la tasa de evaporación se reduce, por lo que el calor es eliminado del cuerpo más lentamente, causando una mayor retención de calor que la que habría en condiciones de baja humedad.

(3) $HI = -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127R - 0.22475541TR - 6.83783 \cdot 10^{-3}T^2 - 5.48171710 \cdot 10^{-2}R^2 + 1.22874 \cdot 10^{-3}T^2R + 8.5282 \cdot 10^{-4}TR^2 - 1.99 \cdot 10^{-6}T^2R^2$, siendo T la temperatura en grados Fahrenheit y R la humedad relativa.

(4) Las variables ficticias de festivos se interpretan de la siguiente manera. SD_{xx_zz} toma el valor 1 el día zz del mes xx y 0 el resto de días. En referencia a los festivos de Semana Santa, la única variable incluida que finalmente fue significativa fue el jueves santo (SD_{JVS_ST}).