



Facultad
de Ciencias
Económicas y
Empresariales

Departamento
de Economía
Aplicada y
Estadística



**Revista de Evaluación de
Programas y Políticas Públicas**
JOURNAL OF PUBLIC PROGRAMS AND POLICY EVALUATION

El sistema aeroportuario español. Un análisis de concentración y volatilidad

The Spanish airport system. An analysis of concentration and volatility

Núm. 9 (2017), pp. 47-73

Martínez-San Román, Valeriano*

Mateo-Mantecón, Ingrid**

Sainz-González, Rubén***

Recibido: **octubre, 2017**

Aceptado: **diciembre, 2017**

JEL Clasif: D23; D40; L10; L93

DOI: [10.5944/reppp.9.2017.20005](https://doi.org/10.5944/reppp.9.2017.20005)

* VALERIANO MARTÍNEZ-SAN ROMÁN: Departamento de Economía, Universidad de Cantabria. E-mail: martinezv@unican.es

** INGRID MATEO-MANTECÓN: Departamento de Economía, Universidad de Cantabria. E-mail: mateoi@unican.es

*** RUBÉN SAINZ-GONZÁLEZ: Departamento de Economía, Universidad de Cantabria. E-mail: sainzru@unican.es

Resumen

En este trabajo se analiza la estructura del sistema aeroportuario español, en particular se realiza un estudio sobre la concentración y volatilidad en la distribución de pasajeros, tanto desde el punto de vista de los aeropuertos existentes como de las compañías aéreas que los utilizan. Asimismo, el estudio de la distribución de pasajeros dentro de cada aeropuerto permitirá observar el efecto que la inclusión de compañías de bajo coste ha tenido, permite determinar los efectos relativos a la crisis internacional, así como los cambios legislativos que han afectado a AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea). Se han calculado una serie de índices de concentración y volatilidad a partir de datos de pasajeros de 46 aeropuertos españoles, desde 2004 hasta 2015. Los resultados apuntan hacia una estructura del sistema aeroportuario caracterizada por una concentración limitada y una volatilidad muy baja.

Palabras clave: Concentración; Volatilidad; Aeropuertos; Aerolíneas; España; Pasajeros

Abstract

This paper analyzes the structure of the Spanish airport system. In particular, it studies the concentration and volatility of passenger distribution, both from the point of view of the airport and the airline. Likewise, the study of passenger distribution within each airport allows observing the effect of the inclusion of low cost airlines; it allows determining the effects related to the international crisis, and the effects of the legislative changes that have affected AENA. A series of concentration and volatility indices are calculated using data on passengers for 46 Spanish airports from 2004 to 2015. The results point to an airport system structure characterized by limited concentration and very low volatility.

Key Words: Concentration; Volatility; Airports; Airlines; Spain; Passengers

1. Introducción

Según el informe anual de 2014 sobre el sector aéreo publicado por el Air Transport Action Group (ATAG), el impacto económico total de la aviación a nivel mundial en dicho año supuso alrededor del 3,5 % del PIB mundial (alrededor de 2,5 billones de dólares) y generó alrededor de 62,7 millones de empleos (directos, indirectos, inducidos y catalíticos)¹ en todo el mundo. A nivel nacional, el sector aéreo tuvo un impacto total cercano al 9 % del PIB nacional y dio empleo a cerca de 1,5 millones de personas. Asimismo, el transporte aéreo resulta fundamental para el transporte de mercancías de alto valor añadido y productos perecederos (en 2014, el 35 % del valor del comercio mundial y 0,5 % del volumen de dicho comercio), permite la cohesión territorial, destacando la integración de los territorios insulares, así como la conectividad ente los continentes (ATAG, 2016). A modo de ejemplo, el aeropuerto de Madrid-Barajas generó en 2012 más de 105.000 empleos y 5.140 millones de euros de valor añadido bruto en la Comunidad de Madrid (impactos directos, indirectos, inducidos y catalíticos), lo que representa alrededor de un 3,4 % del empleo y un 2,8 % del valor añadido de la Comunidad Autónoma (Sanz y Ramos, 2013).

A la importancia del sector aéreo en la actualidad ha contribuido de forma notable su creciente dinamismo a lo largo de los últimos lustros. La construcción de nuevos aeropuertos y modernización y ampliación de las infraestructuras ya existentes, la aparición de nuevas compañías aéreas, el aumento en el número de destinos y frecuencias y la caída en el precio de los billetes aéreos han generado una mejora significativa en el bienestar de los consumidores.

Los aeropuertos españoles se han caracterizado desde 1991 por una gestión centralizada a través de la sociedad AENA. S.A. (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) que gestiona 46 aeropuertos y 2 helipuertos de interés general (Fig. 1). Asimismo, AENA participa en la gestión de 15 aeropuertos en Europa y América latina. En 2011 comienza la privatización de la sociedad pública. Para ello, se crea la sociedad mercantil AENA Aeropuertos, entidad pública empresarial que sigue ejerciendo la gestión y explotación de los servicios aeroportuarios, dejando a AENA las competencias en materia de control de la navegación y el espacio aéreo. La estrategia de privatización consistía en sacar a licitación el 90 % de los aeropuertos de Madrid-Barajas y Barcelona- El Prat mediante una concesión a 20 años. Asimismo, y de forma paralela, se aprobaba la entrada de capital privado en el 49 % de AENA Aeropuertos. El cambio de gobierno a finales de 2011 provocó, no obstante, un cambio en la estrategia de privatización. Si bien el objetivo del nuevo gobierno era facilitar la entrada de capital privado en la sociedad, paralizó la concesión de los aeropuertos de Madrid y Barcelona con el objetivo de mantener íntegra la gestión de la red. De esta forma, en el verano de 2014 AENA Aeropuertos pasó a denominarse AENA y Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea se convirtió en ENAIRE, ente que asumió el 100 % de las acciones de la nueva AENA y coordinó la operación de privatización del 49 % de su capital, que culmina en febrero de 2015 con la salida a bolsa.

¹ La literatura económica referente al estudio del impacto económico distingue habitualmente el impacto directo, indirecto e inducido. Adicionalmente a estos, existen otros efectos económicos que pueden imputarse a la presencia del aeropuerto en el territorio, el cual actúa como facilitador de la actividad económica en otros sectores. Este impacto se conoce en la literatura como impacto catalítico, ya que estas actividades económicas podrían no existir o ser mucho menores si el aeropuerto no existiese (Cooper y Smith, 2005).

El objetivo de este trabajo consiste en el estudio de la evolución y distribución de los pasajeros del sistema aeroportuario español para el periodo 2004-2015. En particular, realizaremos un análisis de concentración. En la literatura de economía industrial son habituales los estudios enfocados en la concentración económica de un mercado o industria en particular. La concentración es, por tanto, un asunto de especial interés en el análisis de la estructura de una industria, bien porque puede influir en los beneficios de las empresas o bien porque es la consecuencia de la dinámica de los mercados.

Consideramos que el estudio de la concentración de la distribución de pasajeros aéreos en España resulta de notable interés y es relevante, especialmente durante el periodo de análisis que se propone. La fuerte inversión en infraestructuras aeroportuarias realizada por el gobierno español desde el año 2000, el nacimiento y fuerte crecimiento de numerosas compañías aéreas de bajo coste, el aumento en el número de rutas y la crisis económica que comenzó en 2008 han podido jugar un papel determinante en la evolución de la estructura de la industria aérea.

Para desarrollar el objetivo mencionado, en este trabajo pretendemos analizar la concentración de los pasajeros del sistema aeroportuario español desde una triple óptica. En primer lugar, analizaremos el grado de concentración del sistema utilizando datos de pasajeros por aeropuerto y pasajero por aerolínea. En segundo lugar, realizaremos un análisis de la concentración de aerolíneas dentro de cada uno de los aeropuertos. Por último, estudiaremos la distribución geográfica de los pasajeros a través de un análisis espacial.

Es importante tener en cuenta que la concentración económica tiene una doble dimensión. Por un lado, podemos hablar de concentración agregada cuando hacemos referencia al grado en que un número reducido de empresas controlan la producción de un sector. Esta dimensión de la concentración, extrapolada al caso que nos ocupa, analizaría el grado en que un número reducido de aeropuertos o aerolíneas controla el tráfico de pasajeros. En segundo lugar, podemos hablar de concentración de mercado, haciendo referencia al grado en que dicho mercado está concentrado en un número determinado de agentes. De esta forma, aplicado al objetivo de este trabajo, puede darse el caso en que haya un número reducido de aeropuertos/aerolíneas o que haya un número más elevado, pero uno de ellos, o unos pocos, tengan un control alto del tráfico de pasajeros. Así, el grado de concentración aeroportuaria dependerá del número de compañías que hay en un determinado aeropuerto y de la desigualdad del tamaño de las mismas. La literatura económica justifica que cuanto mayor es el número de agentes que forman un mercado, así como cuanto más homogénea es la distribución del poder de mercado de estos, más eficiente resulta dicho mercado (Evans, 1987).

Además de las medidas de concentración que presentaremos más adelante, también realizaremos un análisis de la volatilidad/inestabilidad como indicador alternativo a los índices de concentración, ya que el grado de competencia existente no solo está relacionado con el grado de concentración, sino que también depende de cómo evolucione la posición relativa de las empresas de dicho mercado a lo largo del tiempo.

Los resultados obtenidos apuntan hacia una estructura de mercado caracterizada por una concentración limitada y una volatilidad muy baja. Estas características se ponen de manifiesto tanto para el caso de los aeropuertos como para el caso de las aerolíneas que componen y operan en el sistema aeroportuario español.

La estructura del trabajo es la siguiente. En el siguiente apartado se mostrará la metodología empleada, se definen los diferentes índices empleados tanto para el análisis de concentración del sistema aeroportuario, de los diferentes aeropuertos, así como dentro de cada aeropuerto por compañías aéreas, las medidas de volatilidad, y las medidas relativas al análisis espacial. Posteriormente se exponen los datos empleados, así como los resultados obtenidos, para finalizar con una serie de conclusiones sobre los indicadores obtenidos.

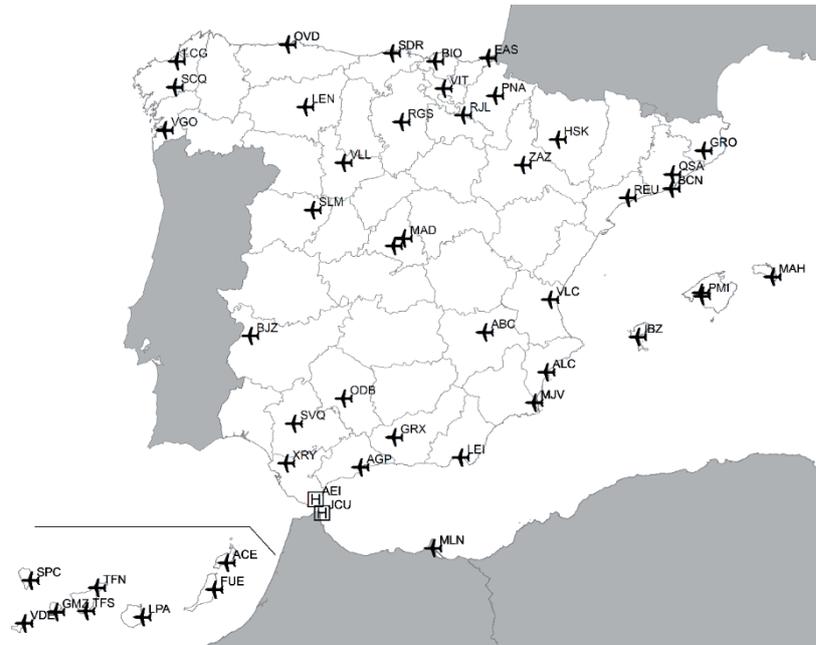


Figura 1. Localización de los aeropuertos y helipuertos nacionales. **Fuente:** elaboración propia a partir de datos de AENA.

2. Metodología

En la literatura existe una gran cantidad de índices que miden el grado de concentración de una industria o mercado. Éstos índices tratan de cuantificar el mayor o menor grado de igualdad en el reparto del total del mercado entre las distintas empresas que operan en él. No obstante, la existencia de diferentes índices para cuantificar la concentración en un mercado implica también la posibilidad de obtener resultados diferentes dependiendo del uso de unos u otros.

Los índices de concentración que analizaremos en este trabajo serán calculados a partir de la metodología que aparece en diversos estudios sobre el análisis de la concentración portuaria (González Laxe *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2004). En concreto, construiremos el índice de Herfindahl-Hirschman y Herfindahl-Hirschman normalizado, los coeficientes de concentración de orden K y el índice de entropía. Asimismo, construiremos un índice de la volatilidad/inestabilidad del mercado. Este último índice permite distinguir entre mercados dinámicos y estáticos y complementa los índices de concentración anteriores.

Para finalizar, realizaremos un estudio de la distribución espacial de los pasajeros en

el sistema aeroportuario español. Este análisis trata de determinar la autocorrelación espacial, positiva (concentración) o negativa (dispersión), en la distribución de pasajeros. Para ello utilizaremos los índices de Moran (Cliff y Ord, 1981) y Geary (Geary, 1954).

2.1. Índices de concentración

La determinación de indicadores de concentración no es un trabajo destacable por sí mismo. Lo será, en la medida en que permita realizar comparaciones con la situación perfectamente competitiva, la cual mostraría la situación más eficiente desde el punto de vista económico (Evans, 1987). Los mercados competitivos se caracterizan por un número de participantes muy elevado en los cuales la posición que ocupa cada uno de ellos es insignificante con respecto a la suma total.

A la hora de determinar indicadores de concentración, se observa la distribución de alguna variable destacada del mercado objeto de estudio. En nuestro caso, la distribución del número de pasajeros que emplean el sistema aéreo español, por aeropuertos y por aerolíneas en cada aeropuerto.

A pesar de sus limitaciones, los índices de concentración son la principal herramienta para analizar el nivel de competencia que existe en un determinado mercado. Asimismo, los índices de concentración deberían cumplir una serie de propiedades deseables (Hall y Tideman, 1967; Hannah y Kay, 1977) que pueden resumirse en dos:

- 1.- La transferencia de parte de la producción de una empresa a otra de mayor dimensión no debe disminuir el valor del índice de concentración.
- 2.- En caso de unión de dos o más empresas, el índice de concentración no debe disminuir.

A continuación, vamos a exponer una serie de indicadores de concentración que se suelen emplear en la literatura económica y que son los que se han utilizado en este artículo.

2.1.1. Índice de Herfindahl-Hirchsman y Herfindahl-Hirchsman normalizado

Este índice es frecuentemente utilizado para medir la concentración de las industrias, y a su vez es una herramienta muy útil para identificar el grado de concentración en cualquier sistema económico, incluido el sistema aeroportuario. Forma parte de la familia de índices Hannah-Kay. Se define como el sumatorio de los cuadrados de la participación en el mercado de cada compañía. En nuestro caso dicha participación se medirá mediante el número de pasajeros de cada aeropuerto/aerolínea respecto al tráfico total, del siguiente modo:

$$HHI = \sum_{i=1}^N S_i^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{T_i}{T_T}\right)^2 \quad (1)$$

donde,

S_i = Cuota de mercado de cada aeropuerto/aerolínea i

T_i = Tráfico del aeropuerto/aerolínea i

T_T = Tráfico total

El índice toma valores entre 1 y $1/N$, donde N es el número de aeropuertos/aerolíneas. Valores más elevados del índice indican un mayor grado de concentración. Así, un índice igual a 1 representa una situación de monopolio mientras que un valor igual a $1/N$ indica competencia perfecta (todas las empresas tienen la misma cuota de mercado). Este índice tiene algún que otro inconveniente ya que se basa en la premisa de que todas las empresas compiten entre sí en la misma medida en un mercado, pero en situaciones reales los niveles de competencia dependen de la localización de los aeropuertos ya que cuanto más cerca estén mayor será la competencia entre sí (Lijesen, 2004).

Una característica muy interesante del índice de Herfindahl-Hirschman es que nos permite obtener el número de empresas de igual tamaño necesarias para obtener el mismo valor del índice. El número de empresas equivalente se calcula como la inversa del índice de Herfindahl-Hirschman y es utilizado a menudo para clasificar las industrias en función de su grado de concentración.

A la hora de analizar los resultados de este índice se debe tener en cuenta que, debido a su expresión de cálculo, sobrevalora a las empresas que tienen mayor tamaño y muestra también problemas en mercados en los cuales el tamaño de las empresas es muy heterogéneo.

Debido al inconveniente que surge al utilizar el HHI, y que se produce por la falta de estandarización que afecta a la comparación de los datos en términos absolutos, la literatura propone el índice de Herfindahl-Hirschman normalizado. De esta forma, teniendo en cuenta el número de empresas que operan en el mercado, acotamos el valor del índice entre 0 (competencia perfecta) y 1 (monopolio) obteniendo una serie de ventajas al hacerlo. Se corrige el sesgo al alza del índice no normalizado y permite un análisis comparativo entre industrias/mercados (Hall, 2005; Lee *et al*, 2014).

La expresión utilizada para obtener el índice de Herfindahl-Hirschman normalizado es la siguiente (Notteboom, 2006; Gonzalez y Novo, 2012):

$$N HHI = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{T_i}{T_T}\right)^2 - \frac{1}{N}}{1 - \frac{1}{N}} \quad (2)$$

2.1.2. Coeficientes de concentración

El coeficiente de concentración o ratio de concentración es el índice de concentración más antiguo y uno de los más utilizados en la literatura. El coeficiente de concentración (CR_k) muestra la cuota de mercado acumulada de las k mayores empresas ($k = 2, 4, 6$ y 8). La expresión que utilizaremos para su cómputo es la siguiente (Gonzalez-Laxe *et al*, 2013):

$$CR_k = \sum_{i=1}^k \frac{T_i}{T_T} = \sum_{i=1}^k S_i \quad (3)$$

donde,

T_i = Tráfico de los k mayores agentes del mercado

T_T = Tráfico total del mercado

S_i = Proporción de los k mayores agentes del mercado

2.1.3. Índice de entropía

El índice de entropía también pertenece a la familia de índices Hannah-Kay. Es probablemente el menos intuitivo de los índices de concentración y mide el grado de incertidumbre asociado a una estructura de mercado determinada, de forma que el grado de incertidumbre de que una empresa conserve un cliente al azar aumenta a medida que la concentración se reduce. Así, cuanto mayor es el índice de entropía, mayor es la incertidumbre que tiene una empresa de mantener a un cliente y, por tanto, más probable es que se modifiquen las cuotas de mercado. Cuanto mayor es el índice, menor es la concentración. La entropía es, por tanto, una medida inversa de la concentración.

$$ENTROPIA = \sum_{i=1}^N S_i \ln\left(\frac{1}{S_i}\right) = - \sum_{i=1}^N S_i \ln(S_i) \quad (4)$$

Este índice varía entre 0, situación en la cual la incertidumbre de conservar a un cliente es mínima (situación de monopolio) y $\ln(N)$, cuando todas las participaciones en el mercado son iguales la entropía es máxima, al igual que la incertidumbre de conservar a un cliente.

Al igual que en el caso del índice Herfindahl-Hirschman, es posible obtener una versión normalizada del índice de entropía:

$$ENTROPIA RELATIVA = \frac{\sum_{i=1}^N S_i \ln\left(\frac{1}{S_i}\right)}{\ln(N)} = - \frac{\sum_{i=1}^N S_i \ln(S_i)}{\ln(N)} \quad (5)$$

El índice de entropía relativa presenta valores comprendidos entre 0 y 1 de forma que el valor máximo del índice no depende del número de empresas, permitiendo las comparaciones intersectoriales.

2.1.4. Medidas de volatilidad/inestabilidad

Los índices de concentración permiten obtener una aproximación al grado de competencia existente en un determinado mercado, pero no permiten seguir su evolución a lo largo del tiempo salvo en el caso en que el número de empresas y su identidad no varíe en el tiempo. Asimismo, el grado de competencia de un mercado no solo depende del número de empresas que operan en él, sino que también está relacionado con cómo evolucione la posición relativa de las empresas en dicho mercado. Esto es, que las empresas que presentan una mayor cuota de mercado no sean siempre las mismas. De esta forma, aunque el nivel de competencia del mercado sea bajo porque existen pocas empresas con una cuota elevada, en términos dinámicos sería un mercado altamente competitivo, ya que la posición de las empresas dominantes va cambiando a lo largo del tiempo.

$$VOLATILIDAD = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N |S_{i,t} - S_{i,t-1}| \quad (6)$$

donde $S_{i,t}$ y $S_{i,t-1}$ representan las cuotas de mercado de la empresa i en el periodo t y $t-1$, respectivamente. En este índice se comparan las cuotas de mercado que tienen

las empresas en dos periodos distintos. Si las empresas, a lo largo del periodo, no han variado sus cuotas de mercado, esa diferencia sería 0, lo que indica una mínima volatilidad implicando, por tanto, un bajo nivel de competencia por que las empresas están en las mismas posiciones durante todo el periodo. Por el contrario, valores del índice cercanos a 1 indican que las empresas que forman parte de este mercado no presentan la misma cuota de mercado a lo largo del periodo estudiado, gran volatilidad, lo que estaría asociado a una mayor competencia.

Estos resultados nos indican que la relación entre los índices de concentración y de volatilidad es inversa (Scherer, 1980). Normalmente, mercados más concentrados son también aquellos con una menor volatilidad, y viceversa.

2.1.5. Análisis espacial. Contrastes de autocorrelación espacial

La realización de análisis de tipo espacial está asociada al tratamiento de datos espaciales, esto es, datos que tienen asignada una referencia geográfica, lo que permitiría localizarlos de forma precisa en un mapa (Haining, 2003). Dentro de esta definición se incluyen datos de campos (superficies) o datos asociados a objetos como puntos, líneas o polígonos. La Primera Ley Geográfica establece que «todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes» (Tobler, 1970). De esta forma, el término de autocorrelación espacial está asociado a la existencia de una relación de una variable consigo misma, de tal modo que los valores de esta variable en un punto guardan relación con los de esa misma variable en otros puntos cercanos geográficamente. En definitiva, la autocorrelación espacial se caracteriza porque las observaciones realizadas en diferentes lugares pueden no ser independientes entre sí (Gunaratna, Liu y Park, 2013).

Esta correlación geográfica puede presentar un signo positivo o negativo. En el primer caso, una autocorrelación espacial positiva indica que valores elevados/bajos de una variable están relacionados con valores también elevados/bajos de esa misma variable en puntos próximos geográficamente. Esto es, la variable en cuestión muestra un patrón de concentración espacial. La autocorrelación espacial negativa, por su parte, nos indica una distribución espacial dispersa, esto es, valores elevados/bajos de una variable están relacionados con valores bajos/elevados de esa misma variable en lugares próximos. Por último, una distribución espacial aleatoria indica la ausencia de autocorrelación espacial.

Para evaluar la autocorrelación espacial de los datos es necesario tener en cuenta una matriz de pesos basada en las distancias geográficas entre las observaciones de la variable. En este sentido, no hay una única opción, sino que en la literatura se emplean diferentes matrices de pesos siendo las más utilizadas la matriz inversa de distancias (otorgan un valor peso a las observaciones cercanas), la matriz binaria (matriz 0/1 que toma el valor 1 si dos regiones son vecinas y 0 si no lo son), la matriz inversa del cuadrado de la distancia y las matrices truncadas a partir de un determinado valor de la distancia (toman el valor inverso de la distancia hasta un determinado límite y 0 para las observaciones más alejadas de ese límite). En este trabajo, y dadas las ventajas e inconvenientes de cada una de las matrices anteriormente mencionadas, hemos optado por realizar los test de autocorrelación espacial empleando 5 matrices distintas (inversa de la distancia, binaria, inversa del cuadrado de la distancia, inversa de la distancia hasta 150km e inversa de la distancia hasta 300km).

Habitualmente se utilizan dos índices de autocorrelación espacial, el I de Moran y el C de Geary.

TEST DE MORAN

El test de Moran o índice I de Moran (Moran, 1950) prueba la autocorrelación espacial global para datos continuos. Se basa en los productos cruzados de las desviaciones de la media y se calcula para las observaciones sobre una variable x en las ubicaciones i, j como:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \quad (7)$$

donde:

\bar{x} es la media de la variable x (en nuestro caso, número de pasajeros),

W_{ij} , son los elementos de la matriz de pesos.

Los valores del test de Moran oscilan entre -1 (indicando dispersión espacial, autocorrelación espacial negativa) a 1 (autocorrelación espacial positiva, concentración espacial). Un valor de cero indica un patrón espacial aleatorio. Por lo tanto, entre -1 y 0 estaremos ante dispersión y entre 0 y 1 encontraremos concentración espacial de los pasajeros.

TEST DE GEARY

El índice C de Geary (Geary, 1954) se basa en las desviaciones en las respuestas de cada observación entre sí. La fórmula para su cálculo se detalla a continuación:

$$C = \frac{n - 1}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

Este índice oscila entre 0 (autocorrelación positiva máxima) y 2 (autocorrelación negativa alta). Si el valor de C de Geary es menor que 1, indica una autocorrelación espacial positiva, es decir, concentración. Si el valor se encuentra entre 1 y 2 nos indica dispersión. Un valor igual a 1 sugiere aleatoriedad de la distribución espacial.

3. Datos

El estudio de la concentración y evolución del sector aéreo español requiere conocer el número de pasajeros transportados en cada aeropuerto español y por cada compañía aérea que opera en España. Estos datos han sido obtenidos directamente de AENA. Para poder realizar el estudio de la distribución espacial es necesario conocer las distancias que separan a cada uno de los aeropuertos del resto. Para ello se han utilizado las coordenadas geográficas de cada aeropuerto y se ha calculado la distancia ortodrómica entre ellos (distancia más corta entre dos puntos situados en la superficie de una esfera). Asimismo, para realizar un análisis comparativo hemos agrupado los aeropuertos españoles en 5 categorías siguiendo la clasificación utilizada por AENA en función del número de pasajeros/año como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación de los aeropuertos españoles. **Fuente:** elaboración propia a partir de datos de AENA

Grupo	Aeropuertos
Gestión individualizada	Madrid-Barajas (MAD); Barcelona-El Prat (BCN); Palma de Mallorca (PMI)
Grupo Canarias	Gran Canaria (LPA); Tenerife Sur (TFS); Tenerife Norte (TFN); Fuerteventura (FUE); Lanzarote (ACE); La Palma (SPC); La Gomera (GMZ); El Hierro (VDE)
Grupo 1 (> 2 mill. pax/año)	Alicante (ALC); Bilbao (BIO); Girona (GRO); Ibiza (IBZ); Málaga (AGP); Menorca (MAH); Sevilla (SVQ); Valencia (VLC).
Grupo 2 (> 0,5 mill. pax/año)	Almería (LEI); Asturias (OVD); Coruña (LCG); Granada-Jaén (GRX); Jerez (XRY); Murcia (MUV); Reus (REU); Santander (SDR); Santiago (SCQ); Vigo (VGO); Zaragoza (ZAZ)
Grupo 3 (< 0,5 mill. pax/año)	Albacete (ABC); Algeciras (AEI); Badajoz (BJZ); Burgos (RGS); Ceuta (JCU); Córdoba (ODB); Huesca (HSK); León (LEN); Logroño (RJL); Madrid-Cuatro Vientos (MCV); Melilla (MLN); Pamplona (PNA); Sabadell (QSA); Salamanca (SLM); San Sebastián (EAS); Son Bonet (SBO); Valladolid (VLL); Vitoria (VIT)

Para la realización del análisis de concentración, sin embargo, no se han considerado todos los aeropuertos de la red de AENA. De los 46 aeropuertos y 2 helipuertos que componen el sistema aeroportuario español hemos eliminado los aeropuertos de La Gomera, Córdoba, Huesca, Madrid-Cuatro Vientos, Melilla, Sabadell y Son Bonet y los helipuertos de Algeciras y Ceuta, bien por falta de datos o porque no cuentan con tráfico comercial.

Un primer análisis sobre la evolución del tráfico de pasajeros muestra un aumento significativo entre 2004 y 2015. No obstante, este crecimiento no ha sido homogéneo en el tiempo como se puede observar en la Figura 2. Durante el periodo de análisis se observan varios sub-periodos bien diferenciados. Destaca el fuerte crecimiento experimentado entre 2004 y 2007, con un crecimiento acumulado en torno al 39 %. A partir del año 2008 y hasta 2013 se encadenan periodos de aumento y disminución del número de pasajeros que oscilan entre un 10 % (2009-2011) y un -8,5 % (2011-2013). Para finalizar, entre 2013 y 2015 los aeropuertos españoles han vuelto a la senda de crecimiento en el número de pasajeros, tendencia que se ha mantenido a lo largo del año 2016.

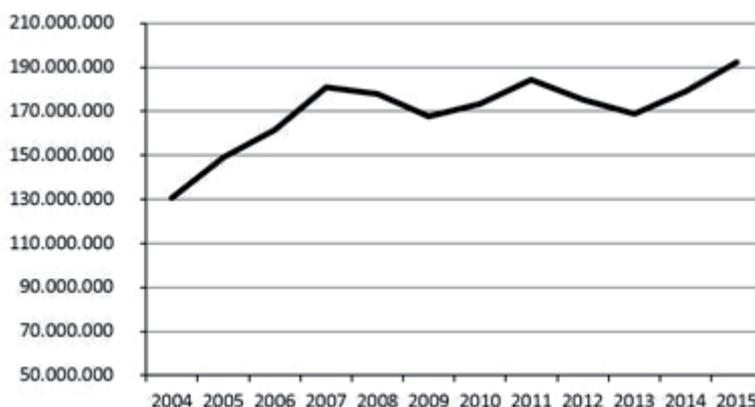


Figura 2. Número total de pasajeros de los aeropuertos españoles. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

La figura 3 muestra de forma sintética la evolución del número de pasajeros entre 2004 y 2015 para los distintos aeropuertos objeto del estudio. Al igual que en el caso anterior, puede observarse también un comportamiento bastante heterogéneo. Mientras que los aeropuertos más grandes y los situados en la costa muestran un balance positivo en cuanto al número de pasajeros, con tasas de crecimiento anuales por encima del 5 % en algunos casos, los aeropuertos más pequeños e interiores se caracterizan por una caída notable en el tráfico aéreo, con tasas anuales negativas bastante elevadas.

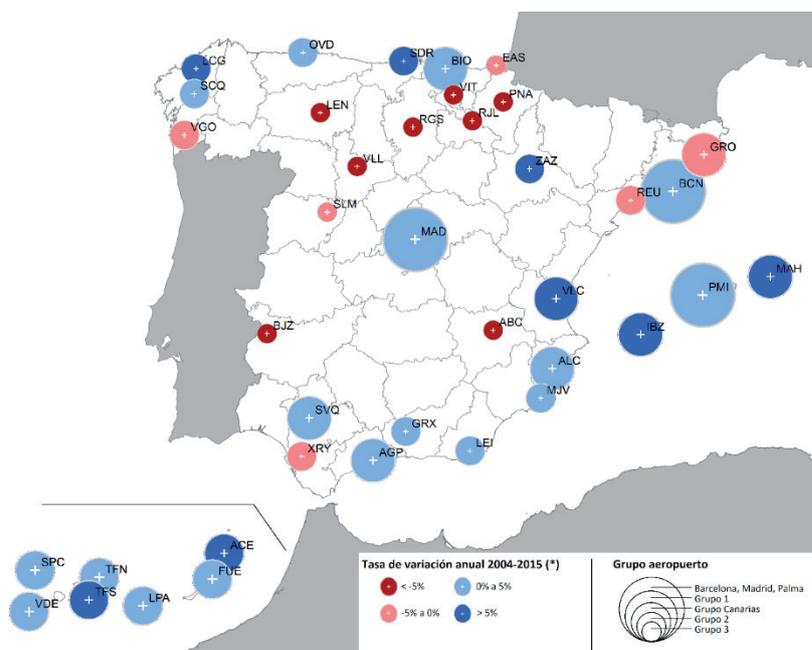


Figura 3. Evolución de los pasajeros por aeropuerto. **Fuente:** elaboración propia a partir de datos de AENA.

4. Resultados

Como se ha comentado anteriormente, en este artículo se ha realizado un análisis de concentración del sistema aeroportuario siguiendo dos enfoques complementarios: (1) utilizando los aeropuertos como unidad de análisis, y (2) desde una perspectiva de compañías aéreas. La notable cantidad de información que se obtiene al computar los diferentes índices de concentración y volatilidad siguiendo los dos enfoques mencionados, hace recomendable un ejercicio de síntesis a la hora de interpretar los resultados obtenidos. Por este motivo no comentaremos detalladamente todos los resultados. No obstante, en el apéndice se incluyen todos los índices de concentración calculados.

4.1. Índices de concentración utilizando el aeropuerto como unidad de análisis

4.1.1. Índice de Herfindahl-Hirschman

La figura 4 presenta los índices de Herfindahl-Hirschman y Herfindahl-Hirschman normalizado para el conjunto del sistema aeroportuario español. En concreto, estos índices

recogen el grado de concentración del número de pasajeros entre los 39 aeropuertos objeto de estudio. A nivel general, podemos observar dos resultados significativos. En primer lugar, el índice se sitúa entre 0,12 y 0,14 (0,1 y 0,12 para caso del índice normalizado). Estos valores, relativamente bajos, sugieren que el grado de concentración del sistema aeroportuario español es reducido. En segundo lugar, la evolución decreciente de ambos índices apunta un descenso en la concentración a lo largo del periodo de análisis. A este hecho han contribuido de forma notable el crecimiento de los aeropuertos de mediano y pequeño tamaño como consecuencia de la inversión en infraestructuras y el establecimiento en ellos de compañías de bajo coste, lo que ha permitido incrementar el número de pasajeros.

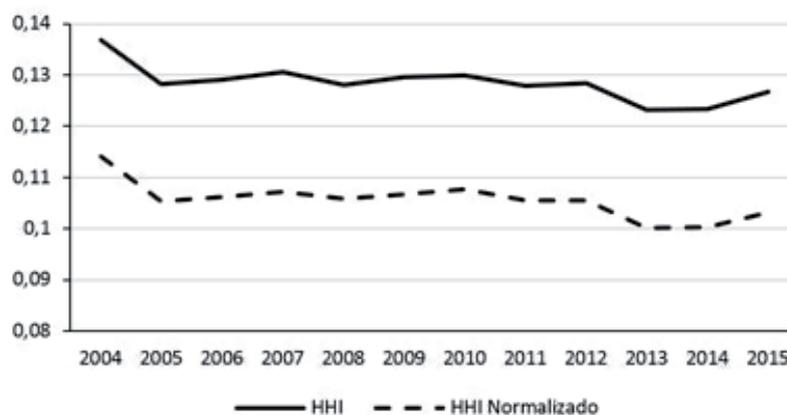


Figura 4. Índices de Herfindahl-Hirschman. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA.

Una característica interesante del índice de Herfindahl-Hirschman es que permite obtener el número de aeropuertos equivalentes. Es decir, el número de aeropuertos de igual tamaño (tráfico de pasajeros) necesarios para alcanzar el mismo valor del índice. El número de aeropuertos equivalentes se obtiene calculando la inversa del índice de Herfindahl-Hirschman. De esta forma y para el sistema aeroportuario español, el número de aeropuertos equivalentes a lo largo del periodo se sitúa entre 7 y 8 de acuerdo a los resultados del índice de HHI obtenidos.

A continuación, analizaremos el índice de Herfindahl-Hirschman para los distintos grupos de aeropuertos. En este caso, lo que tratamos de medir es la distribución de pasajeros entre los aeropuertos de un mismo grupo. Para ello vamos a considerar la clasificación de aeropuertos propuesta por Aena y que está recogida en la Tabla 1. En la Figura 5 observamos el nivel de concentración y su evolución a lo largo del tiempo para estos grupos de aeropuertos. En primer lugar, cabe destacar la existencia de dos tendencias diferenciadas. Por un lado, los aeropuertos más pequeños (G.3) muestran un grado de concentración elevado y creciente. Esta dinámica nos indica que unos pocos de estos aeropuertos concentran una parte importante del tráfico de pasajeros y que, en términos generales, esta tendencia se ha profundizado a lo largo del periodo analizado. En el lado opuesto se sitúan los aeropuertos más grandes (grupo de Madrid, Barcelona y Palma de Mallorca, grupo Canarias y G.1) quienes presentan una menor concentración (un reparto más igualitario de las cuotas de pasajeros) y una tendencia decreciente. Por su parte, los

aeropuertos del grupo 2 (G.2) muestran un grado de concentración también relativamente elevado, pero con una evolución decreciente, lo que sugiere una distribución de los pasajeros más igualitaria entre ellos a lo largo del tiempo.

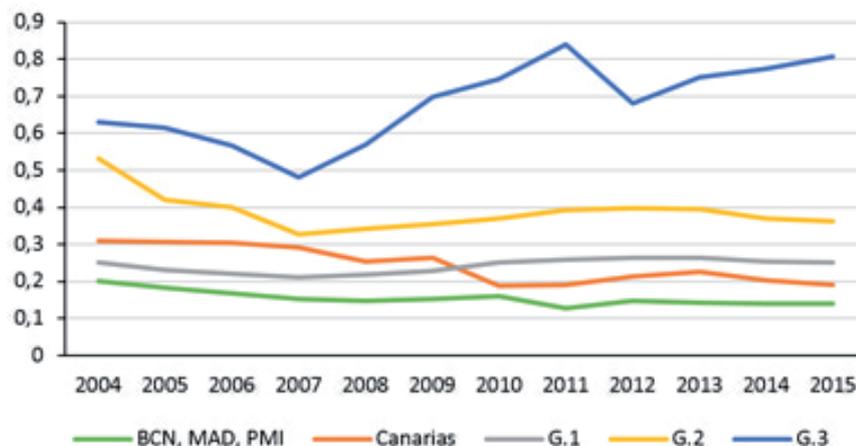


Figura 5. Índices Herfindahl-Hirschman por grupos de aeropuertos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

4.1.2. Coeficientes de concentración (CR)

A continuación, analizamos los resultados de los índices CR. En este caso, recogemos el porcentaje de pasajeros que mueven los dos aeropuertos de mayor tráfico del sistema (CR2), los cuatro (CR4) y seis (CR6), respectivamente.

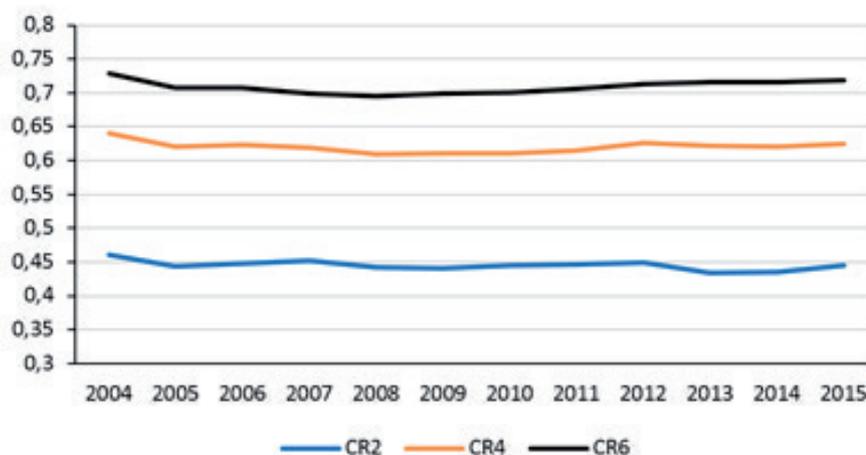


Figura 6. Índices CR para el conjunto de aeropuertos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

A lo largo del periodo analizado observamos que la cuota de mercado de los principales aeropuertos nacionales es muy estable (Figura 6). De esta forma, los dos aeropuertos con mayor tráfico (Madrid y Barcelona) acumulan alrededor del 45 % de los pasajeros (CR2). Si incluimos los dos siguientes (Palma de Mallorca y Málaga) la cuota acumulada

de mercado de estos cuatro aeropuertos (CR4) se sitúa entre el 60 % y 65 %. Por último, el coeficiente CR6 (los aeropuertos mencionados anteriormente más Alicante y Gran Canaria) muestra una cuota de mercado acumulada ligeramente superior al 70 %.

Los dos índices analizados hasta ahora, Herfindahl-Hirschman y CRs, muestran resultados heterogéneos. Por un lado, el valor del índice de Herfindahl-Hirschman sugiere una concentración de mercado limitada mientras que los coeficientes CR apuntan hacia una concentración mayor. Estos dos resultados, contrapuestos *a priori*, no lo son tanto si profundizamos un poco más en lo que mide cada uno de ellos. Como ya mencionamos en la introducción, la literatura de economía industrial distingue entre dos tipos de análisis de concentración, la concentración agregada y la concentración de mercado. En este sentido, mientras que índice Herfindahl-Hirschman recoge la concentración de mercado, los coeficientes CR miden la concentración agregada.

4.1.3. Índice de entropía

El índice de entropía permite abordar el concepto de la concentración desde un enfoque distinto. En este caso, lo que recoge este índice es el grado de incertidumbre de que un aeropuerto conserve un pasajero al azar. Cuanto mayor es el índice de entropía mayor es la incertidumbre de conservar el cliente y, por tanto, menor la concentración. El valor del índice varía entre 0, cuando la incertidumbre de perder el pasajero es nula, y 1, cuando dicha incertidumbre es máxima.

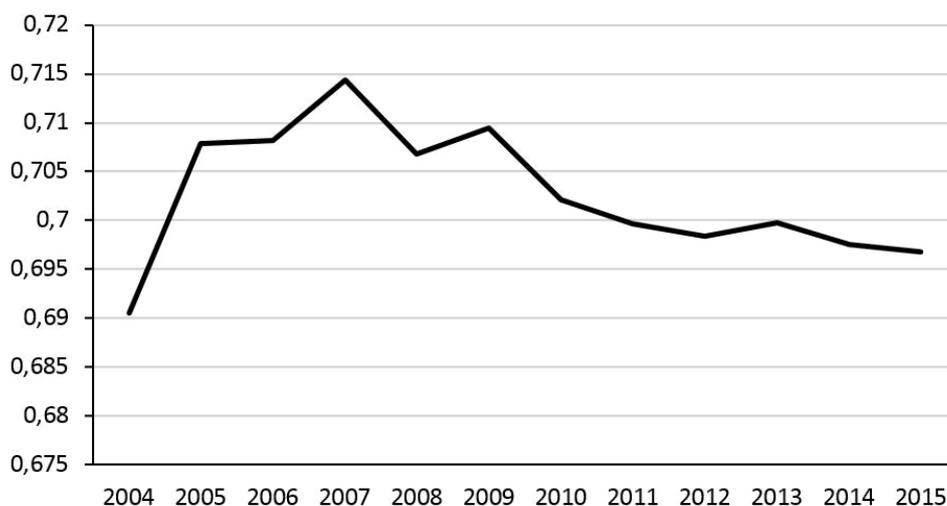


Figura 7. Índice de entropía relativa. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

Los resultados que se observan en la Figura 7 muestran que la incertidumbre de conservar un pasajero se sitúa en torno al 70 %, con una ligera tendencia decreciente, aunque muy pequeña, a partir del año 2007. Los resultados apuntan, por tanto, a una concentración limitada, apoyando la evidencia sugerida por el índice de Herfindahl-Hirschman anteriormente analizado.

4.1.4. Índice de volatilidad

El grado de competencia de un mercado, en nuestro caso del sistema aeroportuario español en cuanto al tráfico de pasajeros, depende tanto del grado de concentración como de la evolución en el tiempo de la posición relativa de las empresas que operan en él. El índice de volatilidad permite complementar la información que aportan los índices de concentración calculados aportando dinamismo al estudio del grado de competencia de los aeropuertos españoles. Este índice oscila entre 0 y 1. Valores cercanos a 0 indican una baja volatilidad, esto es, que los aeropuertos no varían substancialmente su posición relativa en el mercado. Por el contrario, valores cercanos a 1 apuntan hacia una gran competencia, de forma que la posición relativa o cuota de mercado de los aeropuertos varía notablemente en el tiempo.

Los resultados mostrados en la Figura 8 sugieren una volatilidad muy baja, que oscila entre el 1 % (2005-2006) y apenas supera el 3 % en el año con más variabilidad (2012-2013). Observamos, no obstante, un aumento de dicha volatilidad entre 2009 y 2013 fruto, en parte, de la crisis económica que comenzó el 2008. Este aumento de la volatilidad se ve compensado en los últimos dos años, en los que comienza a vislumbrarse la salida de la recesión. Por lo tanto, a la luz de estos resultados, podemos concluir que los aeropuertos españoles mantienen sus posiciones relativas y cuotas de mercado muy estables en el tiempo. Resultado, por otra parte, que ya podía intuirse en base a la Figura 6 donde los coeficientes de concentración (CR) de los principales aeropuertos se mantenían también muy estables en el tiempo.

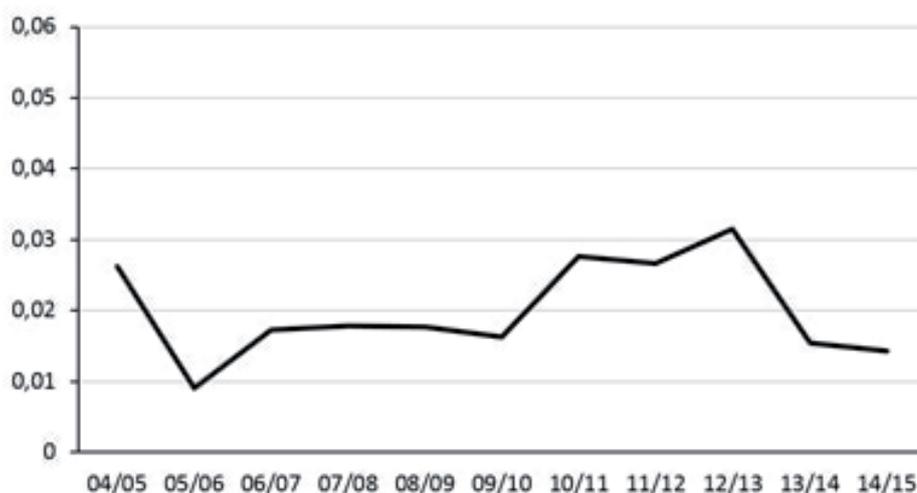


Figura 8. Índice de volatilidad. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

Una justificación complementaria para esta baja volatilidad descansa en lo que se conoce en economía como problema de mercado de referencia. Para el análisis del grado de competencia de un mercado es crucial, en primer lugar, definir el mercado que se va a estudiar (Faull y Nikpay, 1999). De acuerdo con la Comisión Europea:

«La definición de mercado de referencia tanto desde el punto de vista del producto como de su dimensión geográfica tiene una influencia decisiva en la valoración de un caso de competencia.» (Comisión Europea, 1997).

El problema surge cuando es difícil y complejo definir de forma correcta el mercado de referencia. Esta dificultad reside, a menudo, en que no todas las empresas operan en la totalidad del territorio. De esta forma, una empresa pequeña en términos totales del mercado puede disfrutar de una posición dominante en el sub-territorio donde realiza su actividad. Este problema aplicado al caso que nos ocupa se traduce en dos aspectos: (1) no todas las compañías aéreas operan en todos los aeropuertos españoles, y (2) las compañías aéreas no ofrecen los mismos destinos y frecuencias en todos los aeropuertos. Estas dos características unidas pueden hacer que desde el punto de vista nacional el grado de concentración y volatilidad sean bajos mientras que a un nivel más desagregado (aeropuerto) se observen tendencias muy distintas.

4.2. Índices de concentración utilizando la aerolínea como unidad de análisis

En este apartado seguiremos la misma estructura que en el apartado anterior si bien la diferencia radica en la unidad de análisis. Mientras que en epígrafe anterior la unidad de análisis era el aeropuerto, ahora utilizaremos las aerolíneas como objeto de estudio.

4.2.1. Índice de Herfindahl-Hirschman

La figura 9 presenta los índices de Herfindahl-Hirschman y Herfindahl-Hirschman normalizado utilizando los volúmenes de pasajeros transportados por las aerolíneas que operan en los aeropuertos españoles. A primera vista, observamos un índice de Herfindahl-Hirschman en torno al 7,5 % para el periodo analizado, que presenta una tendencia creciente desde el año 2007/2008. Estos dos resultados sugieren, por un lado, que el grado de concentración es bajo, y por otro, que la concentración ha aumentado. Este aumento de la concentración a partir del año de inicio de la crisis económica puede ser el resultado de dos fenómenos simultáneos. (1) Disminución de los pasajeros transportados por las compañías tradicionales, con un gran volumen de pasajeros y precios de los billetes más elevados. (2) Crecimiento del volumen de pasajeros que utilizan las compañías de bajo coste para viajar, algunas de ellas con gran peso en el mercado (Ryanair, Vueling) que aumentan significativamente su cuota de mercado.

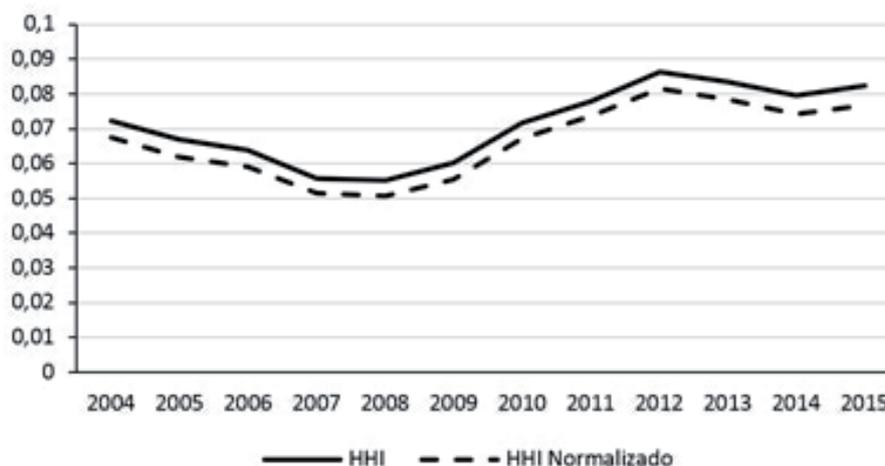


Figura 9. Índices de Herfindahl-Hirschman por aerolíneas. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA.

En base al índice de Herfindahl-Hirschman anterior, el número de aerolíneas equivalentes, esto es, el número de aerolíneas de igual tamaño (volumen de pasajeros) se sitúa entre 18 en el año 2008 y 12 en el año 2015 (Tabla 2).

Tabla 2. Número de aerolíneas equivalentes. **Fuente:** elaboración propia.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
AEROLÍNEAS EQUIV.	13.84	14.93	15.69	17.92	18.12	16.62	13.92	12.83	11.60	11.99	12.58	12.12

Notas: Aerolíneas equivalentes = 1/Índice de Herfindahl-Hirschman

4.2.2. Coeficientes de concentración (CR)

El aumento de la concentración observado a través del índice de Herfindahl-Hirschman puede apreciarse también mediante el estudio de los coeficientes de concentración (CR) que muestran una cuota de mercado acumulada creciente en el tiempo desde 2008 (Figura 10). Al igual que para el caso de los aeropuertos, hemos computado los índices CR2, CR4 y CR6.

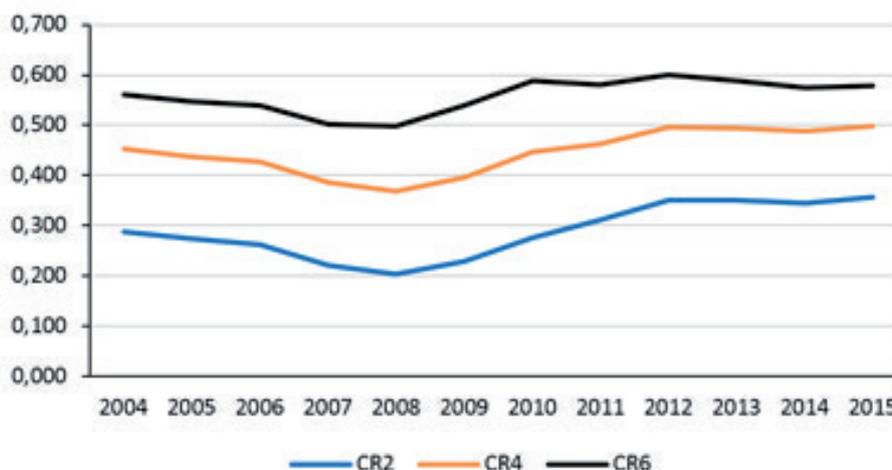


Figura 10. Índices CR para el conjunto de aerolíneas. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

Con respecto a los índices de concentración calculados para las aerolíneas, se debe destacar que a lo largo del periodo estudiado las dos compañías con mayor volumen de pasajeros acumulan cerca del 30 % del volumen total (CR2). Las 4 mayores entre un 40 y un 50 % (CR4). Al añadir las dos siguientes, las 6 compañías más grandes dominan alrededor del 60 % del mercado en términos de pasajeros (CR6). Asimismo, la composición de estos grupos no ha permanecido estable a lo largo del tiempo. Mientras que en el año 2004 las seis compañías aéreas con mayor tráfico de pasajeros fueron Iberia, Air Europa, Spanair, Air Berlín, Air Nostrum y Easyjet; a final del periodo, en 2015 los primeros puestos los ocupaban Ryanair, Vueling, Air Europa, Easyjet y Air Berlín. Tan solo tres compañías de 2004 permanecen en el top 6 en 2015, Iberia ha perdido posiciones bajando desde el número 1 hasta el 12 y Spanair no opera desde el año 2013. Junto con este cambio de composición, es también especialmente relevante que las 2 y 4 primeras compañías han ganado, desde 2008, 15 puntos de cuota de mercado.

4.2.3. Índice de entropía

Si antes vimos que el índice de entropía medía la incertidumbre de que un aeropuerto conservase un pasajero, en este apartado recoge la incertidumbre de que sea una compañía aérea la que mantenga ese pasajero al azar.

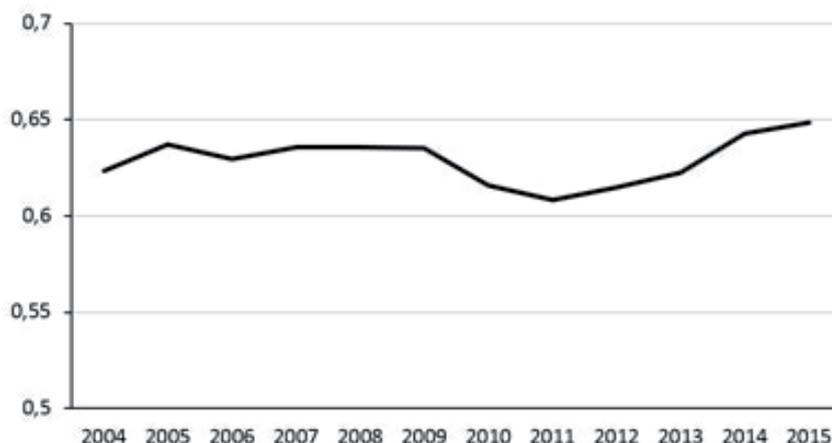


Figura 12. Índice de entropía por aerolíneas. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

El índice de entropía muestra, en promedio, un valor en torno a 0,63 (Figura 12). Este índice es ligeramente inferior al computado para aeropuertos (0,7 Figura 7). Los resultados, por tanto, sugieren una incertidumbre relativamente elevada y, por tanto, apuntan hacia una estructura de mercado competitiva. No obstante, debemos ser cautos a la hora de interpretar este resultado ya que nos enfrentamos, de nuevo, al problema del mercado de referencia enunciado anteriormente. No obstante, resulta importante destacar el notable aumento de la incertidumbre desde 2011, sin duda debido a la recuperación del número de pasajeros tras los primeros años de la crisis económica y la entrada y crecimiento de nuevas compañías aéreas que ha provocado un mayor reparto del mercado entre las aerolíneas.

4.2.4. Índice de volatilidad

El índice de volatilidad por aerolíneas presenta valores comprendidos entre 0,16 en el año 2006/07 y 0,03 en 2011/12. La volatilidad, no obstante, muestra un aumento notable en 2006/07 y 2011/12. En ambos casos, el aumento de la volatilidad puede explicarse, al menos en parte, por cambios en la cuota de mercado de algunas de las aerolíneas con mayor tráfico de pasajeros. De esta forma, entre el año 2006 y 2007 Iberia, la primera compañía por volumen de pasajeros, perdió cuatro puntos porcentuales de cuota de mercado (de 14 % en 2006 a 10 % en 2007) mientras que Air Nostrum pasó del 6,4 % de cuota de mercado al 4,8 %. Al mismo tiempo, Ryanair escaló dos puestos en el ranking (5,2 % a 7 % de cuota de mercado) y Vueling hizo lo propio pasando de 3,3 % de cuota de mercado en 2006 a 5 % en 2007.

El segundo periodo con mayor volatilidad coincide con la puesta en servicio de Iberia Express. Mientras que en el año 2011 aún no existía esta compañía, al año siguiente acumulaba un 2,4 % del mercado. Por su parte, Spanair pasó de ser la cuarta aerolínea más importante (7,2 % de cuota de mercado) a desaparecer prácticamente en 2012 (0,4 % de cuota de pasajeros).

El último año del periodo, con la menor volatilidad (3 %), muestra un afianzamiento de las posiciones relativas de las compañías. De hecho, las diez compañías más importantes en 2014 continúan siéndolo en 2015 y ocupando los mismos puestos en el ranking salvo la novena y décima que intercambian sus posiciones.

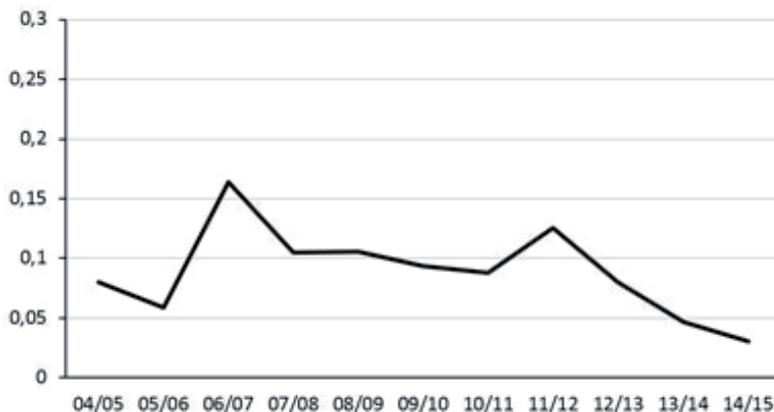


Figura 13. Índice de volatilidad por aerolíneas. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA

A modo de síntesis, la siguiente tabla clasifica los aeropuertos españoles en base a su grado de concentración y volatilidad. Mediante un análisis clúster, los aeropuertos se clasifican en nueve categorías de acuerdo a tres grados de concentración y tres grados de volatilidad. Hemos utilizado el promedio del índice de entropía relativa y del índice de volatilidad en el periodo como ordenación del grado de concentración y volatilidad, respectivamente. Los aeropuertos situados en la esquina superior derecha del cuadro son aquellos con menor concentración y mayor volatilidad y, por tanto, se corresponden con estructuras de mercado más competitivas. En el lado opuesto, esquina inferior izquierda están los aeropuertos con mayor concentración y menor volatilidad, esto es, los que presentan una menor competencia.

Tabla 3. Clasificación de aeropuertos por nivel de competencia. **Fuente:** elaboración propia.

		Grado de Volatilidad (I.Volatilidad)		
		BAJA	MEDIA	ALTA
Grado de Concentración (I. Entropía relativa)	BAJA	Vigo (VGO)	Alicante (ALC), Almería (LEI), Asturias (OVD), Bilbao (BIO), El Hierro (VDE), Fuerteventura (FUE), Gran Canaria (LPA), Granada (GRX), Ibiza (IBZ), Jerez (XRY), Lanzarote (ACE), Málaga (AGP), Menorca (MAH), Murcia (MJV), Tenerife Sur (TFS), Valencia (VLC),	Albacete (ABC), Salamanca (SLM)
	MEDIA	Madrid (MAD), Palma Mallorca (PMI), San Sebastián (EAS), Santander (SDR), Tenerife Norte (TFN),	A Coruña (LGC), Barcelona (BCN), La Palma (SPC), León (LEN), Santiago (SCQ), Sevilla (SVQ), Valladolid (VLL) Zaragoza (ZAZ)	
	ALTA	Girona (GRO), Logroño (RJL), Pamplona (PNA), Reus (REU)	Badajoz (BJZ)	Vitoria (VIT)

4.2.5. Análisis espacial

Por último, afrontamos el análisis de concentración del tráfico de pasajeros desde un enfoque espacial/geográfico. Para ello medimos la autocorrelación o dependencia espacial del volumen de pasajeros que utilizan cada uno de los aeropuertos analizados. Lo que se trata de determinar aquí es si existe una relación espacial entre los aeropuertos en el sistema aeroportuario español. Esta relación puede ser positiva, de tal manera que los aeropuertos con mayor número de pasajeros están situados cerca de otros aeropuertos también grandes; o negativa, si los aeropuertos grandes están situados cerca de aeropuertos pequeños. En definitiva, si hay un patrón de concentración o dispersión, o si, por el contrario, no existe una correlación espacial entre los aeropuertos (los flujos de pasajeros se distribuyen aleatoriamente por el territorio).

Este análisis espacial se realiza tomando como variable objeto de estudio el volumen de pasajeros de cada aeropuerto ponderado por una matriz de pesos determinada por la distancia entre aeropuertos. La Tabla 4 muestra los valores de los índices I de Moran y C de Geary para distintas matrices de distancias. Como se puede observar, en todos los casos salvo en uno (C de Geary y matriz inversa de la distancia truncada a 150km. Autocorrelación positiva, significativo al 10 %) los índices no son significativos, lo que sugiere que la distribución espacial de los pasajeros es aleatoria y, por tanto, no podemos concluir que exista un patrón determinado.

Tabla 4. Índices de autocorrelación espacial.

Matriz de distancia	Estadístico I de Moran		Estadístico C de Geary	
	I	p-valor	C	p-valor
Inversa	-0.024	0.470	1.004	0.473
Binaria	0.015	0.388	0.584	0.183
Inversa al cuadrado	-0.036	0.458	0.957	0.355
Inversa (<150km)	-0.030	0.492	0.635*	0.075
Inversa (<300km)	-0.041	0.432	0.947	0.308

Notas: *, ** y *** denotan significatividad al 10 %, 5 % y 1 %, respectivamente. La hipótesis nula en ambos test es H0: Independencia espacial. El test de Moran varía entre -1 y 1 donde 0 indica independencia espacial. Valores mayores que 0 indican correlación espacial positiva. El test de Geary oscila entre 0 y 2. El valor 1 indica independencia espacial mientras que valores inferiores a 1 sugieren correlación positiva. Variable de estudio: promedio de pasajeros 2004-2015 por aeropuerto.

Como prueba de robustez de estos resultados, la Tabla A3 del apéndice muestra los índices I de Moran y C de Geary para todas las matrices de distancias consideradas utilizando el volumen de pasajeros anual de cada aeropuerto. Los resultados obtenidos en corroboran lo apuntado en el párrafo anterior. Tan solo considerando una matriz inversa de la distancia y truncada a 150km el índice C de Geary sugiere una autocorrelación espacial positiva y, por tanto, un patrón de concentración (aeropuertos grandes están cercanos a otros aeropuertos grandes mientras que aeropuertos pequeños se sitúan cerca de otros aeropuertos pequeños).

5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha realizado un análisis descriptivo de la evolución del sistema aeroportuario español en los últimos años en lo relativo a la concentración y volatilidad del flujo de pasajeros. En este sentido se han adoptado dos enfoques complementarios. Por un lado, se ha tomado el aeropuerto como unidad de análisis, lo que nos ha permitido realizar una descripción del sistema de aeropuertos en su conjunto, mostrando cómo se distribuye el tráfico de pasajeros entre los distintos aeropuertos del sistema español. Por otro, hemos bajado un nivel más y hemos observado la concentración y volatilidad dentro de cada aeropuerto. Para ello hemos tomado la aerolínea como unidad de estudio. Como conclusión principal podemos destacar que, en base a los índices calculados, el sistema español de aeropuertos muestra un grado de concentración de pasajeros relativamente bajo (índice Herfindahl-Hirschman), aunque sí es cierto que los cuatro aeropuertos más grandes acumulan en torno al 62 % del flujo total de pasajeros (índice CR4). Por su parte, el índice de entropía muestra un grado de concentración limitado, en línea con el resultado sugerido por el índice Herfindahl-Hirschman.

Por aerolíneas, los resultados apuntan a una concentración aún menor (el índice Herfindahl-Hirschman se sitúa en torno a 0,08); si bien, de nuevo, los pasajeros transportados por las 4 aerolíneas de mayor tamaño suponen la mitad de los totales.

Dadas las características del sistema aeroportuario español, con un número notable de aeropuertos (46 aeropuertos y 2 helipuertos) de los cuales un número significativo son pequeños (29 mueven de 2 millones de pasajeros/año y 18 de ellos de 5000.000 pasajeros/año), los resultados obtenidos son heterogéneos. Mientras que los aeropuertos más grandes muestran un grado de concentración medio, medido a través del índice de entropía relativa, los aeropuertos turísticos y los de menor tamaño se caracterizan por ser los de menor concentración del sistema. En cuanto a la volatilidad, esto es, la probabilidad de variar su posición en el ranking, los aeropuertos españoles muestran, en términos generales, un comportamiento notablemente estático.

Se debe tener en cuenta que a la vista de los resultados la competencia es mayor cuando el estudio se realiza a escala de aerolíneas, lo cual es lógico, ya que encontramos aeropuertos en todas las Comunidades Autónomas. Este hecho puede estar relacionado con las políticas de vertebración del territorio y transferencia de competencias a las Comunidades Autónomas.

En definitiva, el sistema aeroportuario español, en lo referente al tráfico de pasajeros muestra una estructura de mercado caracterizada por una concentración limitada y una volatilidad muy baja. Si bien las estructuras competitivas se caracterizan por una baja concentración y una alta volatilidad, en el caso del sistema aeroportuario esta alta volatilidad no está presente. Este hecho, lejos de indicar necesariamente una estructura poco competitiva, puede responder a una limitación a la hora de definir el mercado de referencia. En este caso concreto, el mercado de referencia no es el mismo para todos los aeropuertos ni para todas las aerolíneas –no operan en todos los aeropuertos ni ofrecen los mismos destinos y frecuencias en cada uno de ellos–.

La expansión de aerolíneas de bajo coste a lo largo de las últimas dos décadas ha permitido que los usuarios/viajeros dispongan de un creciente número de destinos a los que desplazarse, reduciendo, al mismo tiempo, el coste del billete de vuelo para el pasajero.

Esta expansión ha incrementado la competencia entre aerolíneas y ha generado una demanda creciente en el uso de los aeropuertos. Ambos resultados, evidenciados en este trabajo, son fruto, en parte, de las políticas de vertebración territorial y la descentralización de competencias en favor de las Comunidades Autónomas.

A la luz de estas circunstancias, y teniendo en cuenta el carácter del aeropuerto como dinamizador de la actividad económica general del territorio en el que se ubica, se hace necesario un análisis riguroso de este impacto catalítico con el fin de justificar económicamente la inversión pública regional en las actividades aeroportuarias y fortalecerla o reducirla en consecuencia. Asimismo, la implementación de estrategias de inversión conjuntas del sector público local y los agentes económicos privados más beneficiados por estos efectos redundará en la priorización de las líneas de actuación y la racionalización de la inversión.

6. Referencias Bibliográficas

- Air Transport Action Group (ATAG) (2016). *Aviation, benefits beyond borders*. Ginebra, Suiza.
- Avans, A. W. (1987). A theoretical comparison of competition with other economic regimes for bus services. *Journal of Transport Economics and Policy*, 21, 7-36.
- Cliff, A. D. & Ord, J. K. (1981). *Spatial processes: models & applications* (Vol. 44). London: Pion.
- Comisión Europea (1997). Comunicación relativa a la definición de mercado de referencia a efectos de la normativa comunitaria en materia de competencia. *Diario Oficial*, No. C372.
- Faull, J. & Nikpay, A. (1999). *The EC Law of Competition*. Nueva York: Oxford University Press.
- Geary, R. C. (1954). The contiguity ratio and statistical mapping. *The Incorporated Statistician*, 5 (3), 115-146.
- Getis, A. (2009). Spatial Weight Matrices. *Geographical Analysis*, 41 (1), 404-410.
- González Laxe, F. & Novo Corti, I. (2012). Competitividad de los puertos españoles: Respuestas del sistema portuario ante la crisis económica. *XIV Reunión de Economía Mundial*.
- Gunaratna, N., Liu, Y. & Park, J. (2013). *Spatial Autocorrelation*. Purdue University Department of Statistics.
- Haining, R. (2003). *Spatial Data Analysis: theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hall, M. & Tideman, N. (1967). Measures of concentration. *Journal of the American Statistical*, 62, 162-168.
- Hannah, L. & Kay, J. (1977). *Concentration in Modern Industry: Theory, Measurement*

and the UK experience. London: MacMillan.

- Hubert, L.J., Golledge, R. G. & Costanzo, C. M. (1981). Generalized Procedures for Evaluating Spatial Autocorrelation. *Geographical Analysis*, 13 (3), 224-233.
- Lee, T., Yeo, G. T. & Thai, V. V. (2014). Changing concentration ratios and geographical patterns of bulk ports: the case of the Korean west coast. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 30 (2), 155-173.
- Lijesen, M. G. (2004). Adjusting the Herfindahl index for close substitutes: an application to pricing in civil aviation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40 (2), 123-134.
- Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37 (1/2), 17-23.
- Notteboom, T. E. (2006). Traffic inequality in seaport systems revisited. *Journal of Transport Geography*, 14 (2), 95-108.
- Sanz Berzal, B. & Ramos Gallarín, A. (2013). *Barómetro de Economía de la ciudad de Madrid*. Observatorio Económico Ayto. Madrid, 36, 2º trimestre. Madrid.
- Tobler W (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46 (2), 234-240.
- Wang, T. F. & Cullinane, K. P. B. (2004). Industrial Concentration in Container Ports. *International Association of Maritime Economists Annual Conference, Izmir*, Vol. 30.

7. Apéndice

Tabla A1. Índice de entropía relativa. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de AENA.

grupo	aeropuerto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	promedio
I	Alicante	0.747	0.791	0.761	0.757	0.728	0.711	0.669	0.656	0.688	0.703	0.737	0.715	0.722
I	Bilbao	0.708	0.779	0.724	0.714	0.790	0.792	0.835	0.782	0.751	0.675	0.689	0.693	0.744
I	Girona	0.081	0.079	0.079	0.133	0.111	0.047	0.061	0.109	0.131	0.140	0.159	0.163	0.108
I	Ibiza	0.729	0.711	0.728	0.748	0.721	0.752	0.713	0.703	0.673	0.666	0.652	0.668	0.705
I	Málaga	0.738	0.754	0.744	0.739	0.744	0.749	0.720	0.665	0.671	0.689	0.720	0.718	0.721
I	Menorca	0.727	0.695	0.767	0.773	0.729	0.721	0.687	0.721	0.683	0.643	0.669	0.653	0.706
I	Sevilla	0.539	0.608	0.685	0.625	0.695	0.739	0.631	0.590	0.544	0.629	0.571	0.595	0.621
I	Valencia	0.715	0.728	0.662	0.641	0.659	0.694	0.644	0.614	0.621	0.620	0.733	0.680	0.668
2	A Coruña	0.104	0.484	0.385	0.604	0.637	0.752	0.579	0.741	0.542	0.552	0.730	0.707	0.568
2	Almería	0.743	0.720	0.724	0.764	0.766	0.721	0.599	0.633	0.665	0.733	0.822	0.759	0.721
2	Asturias	0.532	0.614	0.597	0.679	0.757	0.801	0.849	0.804	0.748	0.770	0.708	0.686	0.712
2	Granada	0.470	0.678	0.719	0.733	0.834	0.722	0.698	0.770	0.624	0.631	0.652	0.681	0.684
2	Jerez	0.591	0.681	0.676	0.728	0.719	0.711	0.717	0.623	0.726	0.732	0.760	0.817	0.707
2	Murcia	0.697	0.690	0.676	0.681	0.701	0.723	0.682	0.675	0.712	0.646	0.693	0.675	0.688
2	Reus	0.179	0.311	0.144	0.056	0.025	0.069	0.091	0.095	0.126	0.173	0.262	0.402	0.161
2	Santiago	0.499	0.579	0.632	0.689	0.715	0.647	0.707	0.605	0.636	0.609	0.638	0.607	0.630
2	Santander	0.743	1.000	0.623	0.426	0.430	0.933	0.871	0.359	0.345	0.325	0.439	0.467	0.580
2	Vigo	0.476	0.722	0.642	0.687	0.706	0.824	0.798	0.781	0.745	0.728	0.670	0.615	0.699
2	Zaragoza	0.553	0.489	0.515	0.539	0.579	0.460	0.594	0.393	0.528	0.475	0.599	0.610	0.528
3	Albacete		0.890	0.782	0.585	0.844	0.718	0.541	0.498	0.626				0.686
3	Badajoz	0.785	0.416	0.450	0.379	0.482	0.326		0.001	0.345	0.518	0.029		0.373
3	León	0.990	0.983	0.986	0.643	0.721	0.492	0.620	0.546	0.514	0.418		0.272	0.653
3	Logroño	0.079	0.002	0.547	0.464	0.322	0.210			0.343				0.281
3	Pamplona	0.431	0.474	0.551	0.548	0.598	0.482	0.542	0.270	0.227	0.335	0.153	0.051	0.388
3	Salamanca	0.808	0.667	0.845	0.785	0.928	0.784	0.820	0.654	0.503	0.572	0.563	0.857	0.732
3	San Sebastián	0.922	0.922	0.527	0.794	0.811	0.594	0.368	0.186	0.307	0.375	0.605	0.931	0.612
3	Valladolid	0.529	0.583	0.506	0.533	0.563	0.518	0.668	0.445	0.419	0.531	0.713	0.607	0.551
3	Vitoria	0.291	0.278	0.567	0.473	0.213	0.002	0.254		0.953		0.739		0.419
c	El Hierro					0.316		0.988	0.785	0.664	0.652	0.735	0.708	0.693
c	Fuerteventura	0.687	0.647	0.669	0.703	0.687	0.704	0.750	0.741	0.701	0.716	0.768	0.759	0.711
c	Gran Canaria	0.620	0.631	0.606	0.603	0.685	0.729	0.745	0.759	0.738	0.771	0.764	0.769	0.702
c	La Palma	0.588	0.524	0.604	0.521	0.650	0.672	0.694	0.722	0.737	0.626	0.700	0.732	0.647
c	Lanzarote	0.672	0.662	0.671	0.706	0.761	0.763	0.756	0.747	0.742	0.747	0.734	0.753	0.726
c	Tenerife Norte	0.597	0.605	0.607	0.626	0.683	0.671	0.701	0.639	0.698	0.570	0.592	0.678	0.639
c	Tenerife Sur	0.742	0.715	0.765	0.800	0.776	0.780	0.738	0.694	0.699	0.696	0.715	0.693	0.734
B	Barcelona	0.561	0.576	0.599	0.632	0.653	0.684	0.658	0.654	0.636	0.620	0.619	0.603	0.625
M	Madrid	0.471	0.495	0.494	0.509	0.524	0.543	0.544	0.575	0.598	0.632	0.637	0.625	0.554
P	Palma Mallorca	0.631	0.626	0.626	0.600	0.592	0.619	0.591	0.644	0.610	0.630	0.650	0.657	0.623

Tabla A2. Índice de volatilidad. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de AENA.

grupo	aeropuerto	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	14/15	14/15	promedio
I	Alicante	0.116	0.102	0.115	0.174	0.144	0.111	0.092	0.176	0.087	0.068	0.055	0.113
I	Bilbao	0.146	0.055	0.087	0.155	0.131	0.148	0.075	0.207	0.137	0.060	0.060	0.115
I	Girona	0.004	0.007	0.038	0.019	0.035	0.006	0.028	0.009	0.011	0.019	0.021	0.018
I	Ibiza	0.100	0.075	0.168	0.157	0.158	0.127	0.150	0.150	0.062	0.037	0.064	0.113
I	Málaga	0.100	0.107	0.162	0.132	0.150	0.138	0.097	0.099	0.061	0.061	0.043	0.105
I	Menorca	0.091	0.130	0.153	0.194	0.114	0.117	0.108	0.268	0.105	0.083	0.076	0.131
I	Sevilla	0.187	0.120	0.237	0.099	0.185	0.136	0.213	0.131	0.085	0.066	0.043	0.136
I	Valencia	0.239	0.113	0.301	0.130	0.114	0.133	0.163	0.060	0.069	0.060	0.066	0.132
2	A Coruña	0.263	0.025	0.307	0.078	0.162	0.167	0.012	0.290	0.241	0.098	0.022	0.151
2	Almería	0.429	0.167	0.173	0.126	0.158	0.166	0.068	0.097	0.184	0.086	0.149	0.164
2	Asturias	0.086	0.046	0.166	0.160	0.152	0.161	0.095	0.334	0.198	0.179	0.089	0.151
2	Granada	0.280	0.124	0.221	0.156	0.107	0.216	0.191	0.430	0.234	0.032	0.050	0.185
2	Jerez	0.128	0.068	0.217	0.096	0.095	0.146	0.179	0.153	0.327	0.238	0.071	0.156
2	Murcia	0.157	0.197	0.262	0.112	0.057	0.112	0.060	0.083	0.052	0.033	0.041	0.106
2	Reus	0.062	0.064	0.026	0.016	0.016	0.012	0.001	0.028	0.032	0.094	0.102	0.041
2	Santiago	0.123	0.169	0.212	0.054	0.121	0.094	0.175	0.209	0.119	0.078	0.054	0.128
2	Santander	0.279	0.060	0.016	0.130	0.108	0.057	0.095	0.045	0.022	0.074	0.032	0.083
2	Vigo	0.093	0.120	0.238	0.063	0.132	0.083	0.045	0.135	0.061	0.049	0.038	0.096
2	Zaragoza	0.592	0.081	0.295	0.133	0.071	0.064	0.171	0.087	0.093	0.024	0.047	0.151
3	Albacete	0.307	0.075	0.059	0.206	0.097	0.159	0.015	0.891				0.226
3	Badajoz	0.183	0.079	0.002	0.008	0.044	0.060	0.000	0.884	0.881	0.116	0.005	0.206
3	León	0.017	0.007	0.535	0.122	0.376	0.047	0.028	0.164	0.243	0.286	0.047	0.170
3	Logroño	0.019	0.126	0.071	0.071	0.052	0.061	0.000	0.124	0.124	0.000	0.000	0.059
3	Pamplona	0.024	0.022	0.153	0.080	0.109	0.094	0.292	0.061	0.139	0.104	0.031	0.101
3	Salamanca	0.355	0.616	0.580	0.275	0.460	0.022	0.087	0.057	0.024	0.003	0.149	0.239
3	San Sebastián	0.000	0.061	0.113	0.040	0.109	0.083	0.224	0.170	0.202	0.002	0.021	0.093
3	Valladolid	0.096	0.068	0.411	0.088	0.169	0.060	0.128	0.050	0.177	0.065	0.083	0.127
3	Vitoria	0.027	0.688	0.307	0.699	0.051	0.042	0.043	1.000	0.373	1.000	0.927	0.469
c	El Hierro	0.000	0.000	0.000	0.057	0.057	0.565	0.060	0.294	0.228	0.064	0.090	0.129
c	Fuerteventura	0.061	0.052	0.095	0.116	0.127	0.243	0.245	0.151	0.126	0.116	0.091	0.129
c	Gran Canaria	0.061	0.053	0.046	0.149	0.151	0.160	0.144	0.173	0.160	0.070	0.076	0.113
c	La Palma	0.052	0.037	0.042	0.167	0.094	0.201	0.058	0.293	0.244	0.104	0.106	0.127
c	Lanzarote	0.076	0.062	0.096	0.181	0.251	0.234	0.183	0.148	0.120	0.094	0.062	0.137
c	Tenerife Norte	0.048	0.043	0.047	0.089	0.062	0.035	0.039	0.125	0.120	0.028	0.050	0.062
c	Tenerife Sur	0.125	0.082	0.116	0.178	0.133	0.150	0.160	0.056	0.077	0.110	0.055	0.113
B	Barcelona	0.088	0.079	0.163	0.143	0.150	0.146	0.102	0.166	0.087	0.047	0.038	0.110
M	Madrid	0.047	0.053	0.083	0.052	0.060	0.064	0.073	0.110	0.116	0.041	0.041	0.067
P	Palma Mallorca	0.086	0.053	0.087	0.097	0.065	0.085	0.214	0.185	0.055	0.060	0.052	0.094

Tabla A3. Índices de autocorrelación espacial anuales.

	Inversa		Binaria		inversa ²		<150km		<300km	
	I Moran	C Geary	I Moran	C Geary	I Moran	C Geary	I Moran	C Geary	I Moran	C Geary
2004	-0.029	1.008	0.01	0.526	-0.042	0.953	-0.039	0.587*	-0.052	0.946
	(0.481)	(0.444)	(0.397)	(0.160)	(0.423)	(0.345)	(0.465)	(0.056)	(0.376)	(0.305)
2005	-0.026	1.006	0.020	0.532	-0.038	0.951	-0.031	0.591*	-0.046	0.942
	(0.489)	(0.460)	(0.371)	(0.160)	(0.445)	(0.339)	(0.489)	(0.057)	(0.407)	(0.292)
2006	-0.026	1.006	0.016	0.545	-0.038	0.953	-0.033	0.599*	-0.045	0.944
	(0.489)	(0.460)	(0.384)	(0.167)	(0.444)	(0.343)	(0.484)	(0.060)	(0.409)	(0.296)
2007	-0.024	1.005	0.033	0.503	-0.033	0.943	-0.017	0.552**	-0.039	0.932
	(0.468)	(0.468)	(0.336)	(0.152)	(0.471)	(0.316)	(0.471)	(0.044)	(0.438)	(0.261)
2008	-0.023	1.003	0.052	0.447	-0.028	0.933	-0.004	0.514**	-0.035	0.922
	(0.448)	(0.480)	(0.286)	(0.129)	(0.496)	(0.287)	(0.431)	(0.033)	(0.459)	(0.230)
2009	-0.020	1.001	0.061	0.405	-0.022	0.923	0.011	0.479**	-0.032	0.913
	(0.423)	(0.495)	(0.262)	(0.115)	(0.473)	(0.259)	(0.387)	(0.026)	(0.475)	(0.206)
2010	-0.023	1.004	0.048	0.437	-0.028	0.930	0.002	0.492**	-0.036	0.919
	(0.452)	(0.476)	(0.295)	(0.127)	(0.497)	(0.279)	(0.412)	(0.028)	(0.451)	(0.224)
2011	-0.026	1.006	0.002	0.586	-0.039	0.958	-0.034	0.624*	-0.045	0.949
	(0.488)	(0.459)	(0.420)	(0.186)	(0.439)	(0.361)	(0.480)	(0.071)	(0.411)	(0.313)
2012	-0.025	1.004	-0.008	0.673	-0.040	0.972	-0.045	0.716	-0.042	0.962
	(0.477)	(0.471)	(0.450)	(0.231)	(0.439)	(0.404)	(0.448)	(0.127)	(0.430)	(0.358)
2013	-0.021	0.999	-0.012	0.778	-0.035	0.984	-0.050	0.827	-0.033	0.974
	(0.432)	(0.490)	(0.462)	(0.297)	(0.463)	(0.443)	(0.438)	(0.234)	(0.473)	(0.400)
2014	-0.024	1.002	-0.032	0.815	-0.043	0.993	-0.064	0.846	-0.041	0.984
	(0.468)	(0.483)	(0.487)	(0.329)	(0.427)	(0.477)	(0.399)	(0.260)	(0.433)	(0.440)
2015	-0.027	1.006	-0.042	0.791	-0.048	0.993	-0.071	0.810	-0.048	0.983
	(0.500)	(0.458)	(0.461)	(0.313)	(0.399)	(0.475)	(0.381)	(0.217)	(0.401)	(0.435)
Promedio 2004-2015	-0.024	1.004	0.015	0.584	-0.036	0.957	-0.03	0.635*	-0.041	0.947
	(0.470)	(0.473)	(0.388)	(0.183)	(0.458)	(0.355)	(0.492)	(0.075)	(0.432)	(0.308)

Notas: P-valores entre paréntesis debajo de los coeficientes. *, ** y *** denotan significatividad al 10 % 5 % y 1 %, respectivamente. La hipótesis nula en ambos test es H₀: Independencia espacial. El test de Moran varía entre -1 y 1 donde 0 indica independencia espacial. Valores mayores que 0 indican correlación espacial positiva. El test de Geary oscila valores entre 0 y 2. El valor 1 indica independencia espacial mientras que valores inferiores a 1 sugieren correlación positiva