



Estudios sociales. Revista de alimentación  
contemporánea y desarrollo regional  
ISSN: 2395-9169  
Centro de Investigación en Alimentación y  
Desarrollo, A.C.

## Crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros: un análisis para las entidades federativas en México

---

**Cruz Rodríguez, Ignacio Javier; Rodríguez Flores, José Feliciano**

Crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros: un análisis para las entidades federativas en México

Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, vol. 29, núm. 53, 2019

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

**Disponible en:** <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41760730023>

**DOI:** 10.24836/es.v29i53.651

# Crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros: un análisis para las entidades federativas en México

Traffic air passenger and economic growth: A federal states analysis in Mexico

Ignacio Javier Cruz Rodríguez <sup>\*a</sup>

*Universidad Autónoma de Coahuila, Mexico*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4889-5838>

José Feliciano Rodríguez Flores <sup>\*</sup>

*Universidad Autónoma de Coahuila, Mexico*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0312-6771>

Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, vol. 29, núm. 53, 2019

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Recepción: 17 Agosto 2018

Recibido del documento revisado: 02

Octubre 2018

Aprobación: 11 Noviembre 2018

DOI: 10.24836/es.v29i53.651

CC BY-NC

## Resumen

**Objetivo:** Examinar la relación de causalidad entre el transporte aéreo de pasajeros y el crecimiento económico en México en el periodo 2003-2017 en entidades federativas.

**Metodología:** Se aplica un análisis de cointegración con pruebas Pedroni y Johansen seguidas de modelos de corrección de errores, así como pruebas de causalidad de Granger y Wald a una muestra particionada que incluye aeropuertos en los que se concentra el tráfico de pasajeros y aeropuertos en los que no se concentra.

**Resultados:** Sugieren que un alto nivel tráfico influye en la dirección de la causalidad que va de la cantidad de pasajeros al crecimiento económico. Se discuten las implicaciones de políticas de los resultados.

**Limitaciones:** La principal limitación del estudio es que toma la relación entre solo dos variables.

**Conclusiones:** Existe unidireccionalidad que va del tráfico de pasajeros al crecimiento económico.

**Palabras clave:** desarrollo regional, tráfico aéreo de pasajeros, crecimiento económico, causalidad++ entidades federativas, Análisis de Granger.

## Abstract

**Objective:** In this paper, we examine the causal relationship between economic growth and air passenger transport in México in the period of 2003-2017.

**Methodology:** We applied a cointegration analysis using Pedroni and Johansen test and vector error, correction models as well as causality Granger test.

**Result:** Suggests that a higher volume of traffic influences the direction of causality. We discuss the policy implications.

**Limitations:** The main limitation is that this analysis contains just two variables.

**Conclusions:** exist a long run unidirectional Granger causality, which runs from air passenger to economic growth.

**Keywords:** regional development, air traffic passengers, economic growth, causality, federal entities, Granger analysis.

## Introducción

La relación entre transporte y crecimiento económico es un tema que lleva mucho tiempo en la discusión, tanto académica como de políticas

públicas. No obstante, de la claridad de la relación e importancia se torna necesario conocer la direccionalidad de la causación, tanto a corto como a largo plazo, de no hacerlo, los agentes económicos involucrados, tales como administradores de infraestructura aeroportuaria, de líneas aéreas y gobierno, podrían tener información incorrecta y, por ello, tomar decisiones erróneas al momento de planear y ejecutar políticas públicas.

La literatura reporta cuatro posibilidades en las que se puede expresar la relación entre crecimiento económico y transporte aéreo de pasajeros: que el crecimiento económico impacte sobre el tráfico aéreo de pasajeros; que el tráfico aéreo sea el que ayude a explicar una parte del crecimiento económico; que se presente una relación causal bidireccional en la que las dos variables sean explicadas una por la otra retroalimentándose y que no existe relación de causalidad. Cada una de estas posibilidades tiene asociado una recomendación de política pública por lo que resulta de interés conocer la manera en la que las variables están asociadas.

Si la causalidad va de los pasajeros al crecimiento económico, indica que el tráfico aéreo impacta a la economía local por lo que las estrategias de crecimiento para esas regiones deben considerar al traslado de pasajeros dentro de sus acciones para incentivar su desarrollo que a su vez impulsaría a otras industrias como la turística. Si la causalidad va del crecimiento económico al tráfico aéreo puede significar para los hacedores de políticas que requerirán conocer a fondo la previsión de la demanda de transporte pues las fluctuaciones de la actividad económica la impactarán, es esto un primer paso para la planificación eficiente para satisfacer la demanda, pues una previsión inadecuada puede producir desequilibrios entre la oferta y la demanda de transporte aéreo. Por ejemplo, pronósticos de la demanda futura muy bajas podrían conducir a la congestión del sistema y, por consiguiente, un incremento de los costes para los operadores, además de la ineficiencia y bajos niveles de servicio experimentados por los usuarios (Button y Taylor, 2000), mientras que estimaciones de pronósticos de la demanda demasiado altas, pueden producir un exceso de capacidad de infraestructura y costos innecesarios (Marazzo, Scherre y Fernandes, 2010). Si existe bidireccionalidad, es factible ejecutar políticas para promover ambas al mismo tiempo. Esta situación puede considerarse la de mayor conveniencia debido a que un incentivo en cualquiera de las dos variables estimulará a la otra generando un efecto de retroalimentación en el que ambas reciben beneficios.

Para determinar la causalidad y la dirección este artículo se divide en cinco partes. La primera fue la introducción mientras que en la segunda se analizan los aspectos teóricos que soportan la relación entre crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros. En la tercera, se lleva a cabo una revisión de literatura de otras investigaciones que han abordado este tema mientras que en la cuarta parte se realiza el análisis econométrico. En la quinta parte, se presentan las conclusiones.

### *Aspectos teóricos y revisión de literatura*

Diversos estudios para distintas partes del mundo han mostrado fuertes correlaciones entre la demanda de transporte aéreo y el crecimiento económico, por ejemplo, Profillidis y Botzoris (2015), Goetz (1992), Allroggen y Malina (2014), Duffy-Deno y Randall (1991). Sin embargo, la confirmación de una correlación entre dos variables no implica una relación de causalidad (Montero, 2013). Desde la óptica de que el tráfico de pasajeros determina el crecimiento económico, la IATA(2011)<sup>1</sup>, afirma que hay dos tipos de efectos: los directos y los indirectos. Los primeros se refieren al empleo y los ingresos generados por la construcción y operación de infraestructura aeroportuaria mientras que los segundos son la mejora en la conectividad entre empresas, la cual, a su vez, puede enriquecer la productividad mediante el fomento de la inversión y la innovación, además de facilitar e incentivar el turismo nacional e internacional permitiendo a las empresas atraer empleados de alta calidad aumentando el comercio internacional y mejorando la operación de negocios y la eficiencia. Por el lado de los efectos indirectos, conviene mencionar la relevancia que tiene para las empresas e industrias la existencia de un aeropuerto cercano y su operación. Para Sosnovskikh (2017), la localización industrial y formación de agrupamientos productivos, produce un impacto en el crecimiento local dado que tienen la capacidad de crear una gran cantidad de puestos de trabajo, mejorar la productividad, incitar la movilidad de capital humano y de transferencia tecnológica, así como promover la competencia y la innovación y funcionar como conector con otras regiones por lo que el transporte se convierte en el soporte material de las relaciones productivas de las empresas tanto con proveedores como con sus mercados. Una encuesta realizada a los directores de las quinientas empresas más importantes de Estados Unidos publicada en la revista *Fortune 500* reveló que el 80 % no localizaría plantas, almacenes, ni centros operativos en una región que no contara con servicios de transporte aéreo (Dokmeci y Betul, 1998). En este sentido, hay autores como Lindsey et al. (2014), que ofrecen evidencia de que las regiones con una mejor gestión y dotación de infraestructura de transporte fomentan un entorno primordial para la localización industrial pues menciona que la logística de la organización de las actividades industriales resulta cada vez más importante, así como la calidad y el costo de los servicios de transporte.

Otra variable de destacada, que se asocia al transporte aéreo y al crecimiento económico, es el turismo. De acuerdo con Koo, Limc y Dobruszkesb, (2017), éste se ha convertido en un referente de crecimiento económico en diversas áreas geográficas, sobre todo de las que gozan de importantes dotaciones de factores atractivas para turistas. Andalucía (2001), menciona que el turismo tiende a expandir la posibilidad de empleo e ingresos en regiones con orientación a este sector pues aprovechan las erogaciones que los visitantes inyectan. Para que el turismo genere la derrama mencionada requiere del uso de medios de transporte por lo que la ausencia de transporte aéreo puede truncar las

posibilidades de crecimiento turístico local y del crecimiento económico de la región. La literatura empírica a este respecto es abundante y parece concluyente. Algunos de los estudios más recientes como los de Loría y Sánchez (2016) y Rehman et al. (2017), coinciden en concluir la cercana relación entre las variables. La relevancia de este sector puede dimensionarse si se toman en cuenta estadísticas internacionales que indican que el 54 % de los turistas internacionales viajan por esta vía (ATAG, 2014). Cabe mencionar que la movilidad por motivos laborales o educativos representa una parte importante del movimiento de pasajeros. Este tipo de movilidad puede ser temporal y el transporte aéreo es el que permite el traslado de personas con más eficiencia pues es más rápida, cómoda, segura y es la que se prefiere por la valoración subjetiva del tiempo y la disposición a pagar por el ahorro de tiempo de viaje, sobre todo cuando se asocia al trabajo altamente capacitado que corresponde a un poder adquisitivo más alto Faggian et al., (2014).

Los estudios empíricos que buscan determinar la causalidad y la direccionalidad en la relación sobre crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros varían en su manera de abordar el tema desde aspectos como conceptualización metodológica hasta su elección de variables y delimitación geográfica, pero muestran resultados heterogéneos. Chang y Chang (2009), utilizan el PIB y la carga aérea como variables *proxy* del crecimiento económico y de la demanda de transporte aéreo para el agregado nacional de Taiwán, durante el periodo de 1974-2006. Utilizaron pruebas de cointegración y encontraron que existe una relación de largo plazo entre las variables. El trabajo se complementa mediante el test de causalidad de Granger y determinan la existencia de bidireccionalidad entre las series.

Varios estudios se caracterizan por la agregación de las variables. Para el caso de Brasil, Marazzo et al., (2010) toman las variables de PIB y pasajeros-kilómetros entre 1966-2006 encuentran que las series están cointegradas, mientras que, también para Brasil, Fernandes y Rodrigues-Pacheco (2010), establecen una relación causal unidireccional que va del crecimiento económico a la demanda de transporte aéreo. Chi y Baek (2013), examinan la relación de los pasajeros aéreos y servicios de carga de Estados Unidos con el crecimiento económico encontrando cointegración, tanto entre el transporte de pasajeros y el PIB como entre el transporte de carga y la actividad económica. En el mismo sentido, Brida, Rodríguez-Brindis y Zapata (2016), estudiaron, para Italia, la relación entre las variables de interés y encontraron cointegración y causalidad de Granger en un solo sentido que va de la demanda de transporte al crecimiento.

La Unión Europea tiene varios estudios de este tipo. Mukkala y Tervo (2013), utilizaron 86 regiones y 13 países en el periodo 1991-2010, recurriendo a variables como el empleo y el poder adquisitivo local. Los autores encontraron una relación unidireccional del crecimiento económico hacia el tráfico aéreo. Aunque los resultados fueron homogéneos para todas las regiones, se menciona que se observó una mayor fuerza en la causalidad de regiones periféricas. Beyzaltar et al.

(2014), analizan 15 países de la Unión Europea con técnicas de panel. El ingreso es aproximado por el consumo de gasolina mientras que a la demanda de transporte aéreo la representan los pasajeros-kilómetro encontrando una relación de causalidad en el sentido de Granger bidireccional. Van De Vijver, Derudder y Wltlox (2016), utiliza el empleo en regiones de Europa junto con los pasajeros del transporte aéreo en un panel de datos en el que la prueba de causalidad de Granger en el que determinó bidireccionalidad.

Algunos estudios, con datos desagregados como el de Hu et al. (2015), examinaron la relación entre las variables de interés para 29 provincias en China con datos trimestrales en el periodo 2006-2013. Sus resultados indican existencia de cointegración y una fuerte relación bidireccional en el sentido de Granger. Este mismo tipo de estudios han sido aplicados para América Latina destacando el de Rodríguez-Brindis, Mejía-Alzate y Zapata-Aguirre (2015), quienes hacen uso del PIB y el número de pasajeros en Chile para 1986 a 2014. El estudio utiliza la prueba Johansen para probar cointegración y, con la versión modificada del test de causalidad de Granger, determinaron la dirección de la relación, la cual mostró un resultado de bidireccionalidad entre las series. En este mismo sentido, el caso de México no ha quedado fuera, Brida et al. (2016), analizan el efecto en el largo plazo entre la demanda de transporte aéreo y el crecimiento económico. Los autores aplican análisis de cointegración y causalidad encontrando que un aumento en el transporte aéreo produce un efecto positivo en el crecimiento en el periodo 1995-2013. No obstante, este estudio tiene la característica de ser aespacial, pues engloba a los pasajeros a nivel nacional y al PIB.

La investigación, que aquí se presenta, seguirá la metodología empleada por dos estudios recientes Baker, Merkert y Kamruzzaman (2015) y Hakim y Merkert (2016). Los primeros analizan el caso de Australia dividiendo el total de aeropuertos en regionales y remotos. Las variables usadas fueron el número de pasajeros transportados y el ingreso agregado imponible de las regiones correspondientes. Usando datos panel encontraron cointegración y una relación de causalidad de Granger bidireccional. El segundo estudio analiza la misma relación en países del sur de Asia con variables como el PIB nacional, el volumen de carga y el número de pasajeros. Con datos panel se probó cointegración, y una relación bidireccional al aplicarle la prueba de causalidad de Granger.

Como ha podido observarse, los resultados de la revisión indican heterogeneidad entre países o regiones geográficas. Todos los estudios reportados encentraron que las variables estaban cointegradas. Autores como Hakim y Merkert (2016) y Rodríguez-Brindis et al., (2015) encuentran que el PIB causa al tráfico de pasajeros mientras que Hu et al., (2015) y Chang y Chang (2009) encuentran que el PIB impacta positivamente al tráfico aéreo y que también el tráfico aéreo impacta al PIB, es decir, la causalidad de largo plazo hallada es bidireccional. Por su parte Baker et al. (2015), encuentran que es la demanda de transporte la que tiene impacto en el PIB.



La prueba de causalidad en el sentido de Granger es aplicada en la mayoría de los estudios mencionados y en esta prueba se encuentra la mayor homogeneidad en los resultados pues en prácticamente todos los estudios se encuentra relación bidireccional, mientras que los resultados son heterogéneos cuando se habla de la direccionalidad de largo plazo. Respecto de las variables utilizadas, salta a la vista que muchos *proxys* son utilizados para representar tanto al crecimiento económico como a la demanda de transporte aéreo. En el caso del crecimiento económico, la más común es la utilización del PIB mientras que para aproximarse a la demanda de transporte se utiliza comúnmente el número de pasajeros o pasajeros-kilómetro.

## Metodología y datos

Para analizar la relación entre el tráfico aéreo y crecimiento económico en las entidades federativas de México, se utiliza un marco de panel de datos con periodicidad trimestral para 29 de los 32 estados del país. Se excluye a los estados de Hidalgo y Tlaxcala por su nula infraestructura de transporte aéreo y a Morelos por su falta de continuidad en la información reportada.

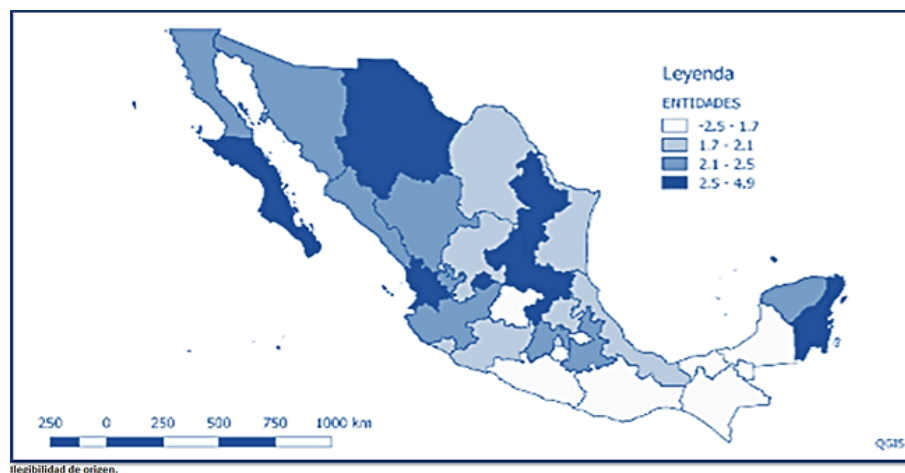
Para aproximar al crecimiento económico de las entidades federativas se utiliza el Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAE). Esta variable calcula el desempeño económico de las entidades federativas del país, por lo que puede fungir o se puede adaptar muy bien como variable *proxy* del crecimiento económico. Una de las razones para utilizar el ITAE y no el PIB es que el primero está desglosado en una periodicidad trimestral, compatible con la temporalidad representada en el tráfico aéreo, mientras que el segundo se presenta solo anualmente. De esta manera, al utilizar el ITAE se incrementaría sustancialmente el número de observaciones mejorando las estimaciones de los modelos.

En relación con el tráfico aéreo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) proporciona los datos referentes al número total de pasajeros nacional e internacional, tanto de origen y destino. Para representar el tráfico aéreo a nivel de entidades federativas, se agregó el total de movimientos de pasajeros registrados por vía aérea tanto de aterrizaje como de despegue nacional e internacional del total de aeropuertos reportados que disponga cada entidad federativa obteniendo un agregado estatal.

Los datos a nivel entidad federativa muestran dos contextos operacionales y de tráfico aéreo muy diferentes. De acuerdo con la SCT (2015), existen entidades federativas que, en adelante se llamarán Estados Concentrados, que muestran una mayor capacidad operativa y en conjunto aportaron en promedio el 86.7 % del total de la actividad. Por otro lado, se encuentran los Estados con una baja actividad aeroportuaria que serán llamados Estados No Concentrados. Esta distinción ha llevado a separar la muestra en los dos grupos mencionados. Esta separación permitirá analizar si la capacidad operativa y el nivel de tráfico aéreo que implica un uso más intensivo de la infraestructura aeroportuaria condicionan la direccionalidad de la relación.

Las entidades federativas etiquetadas como Estados Concentrados incluyen: Ciudad de México, Quintana Roo, Jalisco, Nuevo León, Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua, Yucatán y Sonora mientras que los No Concentrados son: Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Los tres paneles de datos muestran una gran heterogeneidad entre las observaciones incluidas en la muestra por lo que para tratar de suavizar su comportamiento se le aplicaron a las variables logaritmos naturales.

El Mapa 1 muestra la tasa media de crecimiento anual del ITAEE por entidad federativa, mientras que el Mapa 2 hace lo referente para la tasa media de crecimiento anual del total de movimiento de pasajeros para las entidades federativas de México en el periodo de 2003-2017.<sup>2</sup> También se puede notar en color negro a las entidades federativas de México que contienen una mayor tasa de crecimiento de la actividad económica, dentro de las que se encuentran: Baja California Sur seguido por Querétaro, Quintana Roo, Aguascalientes, Nayarit, Nuevo León y San Luis Potosí, las cuales han crecido a una tasa media que ronda entre 2.5 y 4.9 por ciento.

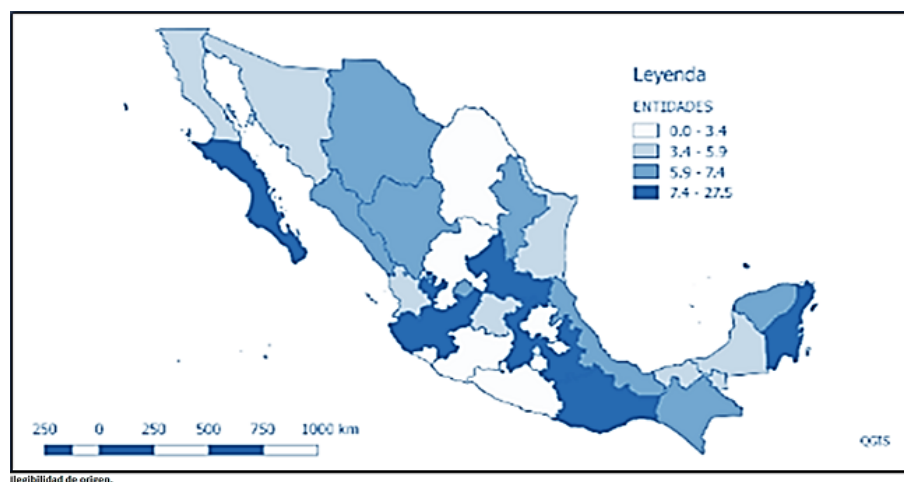


**Mapa 1**

Tasa media de crecimiento anual del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en las entidades federativas de México 2003-2017.

Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Varios años.





**Mapa 2**

Tasa media de crecimiento anual de pasajeros transportados por vía aérea en las entidades federativas de México. 2003-2017.

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Varios años.

En segundo grado de distribución de la tasa media de crecimiento de la actividad económica se encuentran a estados como: Jalisco, Yucatán, Durango, Baja California, Sonora, Puebla, Sinaloa y el Estado de México, los cuales han crecido por encima de la media nacional (2.04 %) entre un rango de 2.1 y 2.5 por ciento.

Por su parte, el color gris claro y blanco representan a los estados con tasas medias de crecimiento por debajo de la media nacional. El Mapa 2 muestra que los estados con mayor tasa media de crecimiento anual del tráfico de pasajeros aéreos son: el estado de México seguido de Querétaro, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Baja California Sur, Oaxaca y Jalisco, ya que crecen entre 7.4 y 27.5 por ciento. En la segunda parte de la distribución se encuentran ha estados como Nuevo León, Chiapas, Yucatán, Durango, Chihuahua y Sinaloa los cuales crecen entre 5.9 y 7.4 por ciento.<sup>3</sup>

El análisis empírico seguirá la metodología expuesta por Hakim y Merkert (2016) y Baker et al. (2015), la cual se centra en un procedimiento que exige de manera secuencial pasos primordiales que permiten evitar problemas de resultados espurios en las estimaciones. En primer lugar, se aplican pruebas de raíz unitaria para panel de datos con el fin de investigar el orden de integración de las variables. Dado que la estacionariedad de estas es un elemento de suma importancia en las estimaciones de causalidad, sobre todo, para evitar la obtención de resultados sesgados se complementa con una prueba de cointegración para determinar si existe una relación de largo plazo entre las variables para después estimar un modelo de corrección de errores VECM y terminar con pruebas de causalidad de Granger. En adición, se aplica una prueba de Wald para obtener una aproximación de la causalidad entre variables para el corto plazo.

*Raíz unitaria*

El análisis econométrico comienza con pruebas de raíz unitaria que buscan establecer el orden de integración de las variables. Una variable cuyo comportamiento sea estacionario implica que su media y varianza se mantiene estable en el tiempo, caso contrario, si las propiedades estadísticas cambian en el tiempo se tendrá un proceso no estacionario. Una serie denotada como  $I(d)$  indica que la serie es integrada de orden  $d$  sugiriendo un proceso no estacionario que debe ser diferenciado  $d$  cantidad de veces para hacerlo estacionario.

El test de estacionariedad es muy importante debido a que los siguientes pasos responden en buena medida a los resultados de las pruebas de raíz unitaria. Se aplica una prueba para datos panel que evalúa tanto el componente temporal como el de la sección cruzada. Los modelos desarrollados bajo un marco de panel de datos son estadísticamente más robustos en comparación con los de series de tiempo y los de sección cruzada, ya que mejoran la potencia de las pruebas de no estacionariedad y de cointegración al combinar lo mejor de ambos, lo que permite analizar a diferentes agentes alrededor de un periodo de tiempo, aumentando la potencia de las pruebas a partir de los datos en sección cruzada (Mahía, 2000).

El test IPS (Im, Pesaran, y Shin, 2003) trata de incorporar la heterogeneidad no observable al modelo, obtenido promedios de sección cruzada en cada  $t$  del tiempo. Estos promedios se integran al modelo como un *proxy* de la heterogeneidad no observable, desarrollando coeficientes específicos (Breitung y Pesaran, 2008) y tiene la siguiente expresión:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i Y_{it-1} + \sum_{k=1}^{\rho_i} \beta_{ik} \Delta Y_{it-k} + X_{it} \delta_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

donde,  $Y$  indica la variable que se especifica para la prueba de raíz unitaria,  $i = 1, 2, \dots, N$  son las unidades de secciones cruzada que han sido observadas a lo largo de  $t = 1, 2, \dots, N$  periodos de tiempo;  $X$  representa un vector de regresores específicos que incluye cualquier efecto fijo o tendencias individuales;  $\rho_i$  expresa el número de rezagos;  $\epsilon_{it}$  representa la perturbación aleatoria y  $\alpha_i$  es un término de corrección de error. La hipótesis nula indica que cada serie en el panel de datos no tiene tendencia estacionaria, mientras que la hipótesis alternativa denota que al menos una de las series individuales es estacionaria. Además, esta prueba es recomendada por la literatura cuando los datos son heterogéneos.

*Cointegración*

Tanto el crecimiento económico como el tráfico aéreo de pasajeros han demostrado ser cointegradas del mismo orden. Para este estudio, se utilizará la prueba de cointegración de panel de Pedroni (1999), que

permite desarrollar tendencias heterogéneas entre las unidades de sección cruzada, es decir, que busca capturar la heterogeneidad no observable que se puede presentar en el panel de datos, ya que no dar cuenta de la heterogeneidad de los parámetros de los regresores observables del modelo cuando existen puede conducir a cambios determinantes de la relación de cointegración entre los regresores y la variable dependiente, produciendo resultados sesgados (Hakim y Merkert, 2016). Las pruebas de Pedroni (1999 y 2004) están basados en el análisis de la estacionariedad de los residuos de panel en el que las variables que se relacionan son  $I(1)$ . La prueba de cointegración de Pedroni puede ser expresada como:

$$\ln PAS_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \beta_{it} \ln ITAEE_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

donde,  $i = 1, \dots, N$  denota cada entidad federativa en el panel,  $t = 1, \dots, T$  se refiere al período de tiempo.  $PAS_{it}$  es el número total de pasajeros aéreos,  $ITAEE_{it}$  es la variable *proxy* de crecimiento económico en el estado  $i$  para el año  $t$ . Los parámetros  $\alpha_i$  y  $\delta_{it}$  permiten la posibilidad de efectos fijos específicos entre estados. Los residuos estimados representan desviaciones de la relación a largo plazo y se denotan por  $\epsilon_{it}$ . Bajo la hipótesis nula de no cointegración, los residuos de la Ecuación 2 son  $I(1)$ , mientras que la hipótesis alternativa sugiere que los residuos de dicha ecuación son  $I(0)$ , indicando que las variables desarrollan una relación de largo plazo entre ellas. Los contrastes se desarrollan a partir de una regresión auxiliar aplicada sobre las perturbaciones aleatorias que son obtenidas a partir de la regresión de los modelos anteriores efectuados para cada unidad económica por separado:

$$\epsilon_{it} = \rho_i \epsilon_{it-1} + \mu_{it} \quad (3)$$

Para el contraste, Pedroni sugiere 2 grupos de estadísticos para las pruebas de cointegración, las cuales arrojan un total de 7 estadísticos. El primer grupo está basado en el estadístico de Phillips y Ouliaris (1990) quienes suponen homogeneidad entre los datos de sección cruzada. El segundo grupo contempla estadísticos que se basan en la razón de varianzas, definida de la matriz de varianzas y covarianzas de largo plazo (Rho, PP, ADF) que permite la heterogeneidad entre los datos de sección cruzada y agrupa los residuos de la regresión dentro de la dimensión del panel (Campo, 2012). Para este estudio en particular solo se utilizará el segundo grupo de pruebas (*between dimensions*) dado que este permite tomar en cuenta la heterogeneidad entre las observaciones de secciones transversales en el de panel.

Adicionalmente, se estimará la prueba de cointegración de Johansen (1990), con el fin de obtener resultados más robustos sobre la relación de largo plazo que se pueda presentar entre variables. La prueba de Johansen (1990) contrasta la existencia de múltiples vectores de cointegración entre las variables, mediante la prueba de la Traza y del máximo Eigenvalor.

Ambas pruebas contrastan la hipótesis nula de que no existen vectores de cointegración, es decir, que no hay más de  $r$  relaciones de cointegración, frente a la hipótesis alternativa de que el número de ecuaciones de cointegración es estrictamente más grande que la  $r$  asumida bajo la hipótesis nula.

### *Causalidad de Granger*

La presencia de cointegración entre series excluye la posibilidad de obtener resultados espurios y además demuestra una relación causal de largo plazo entre variables. Sin embargo, la prueba de cointegración no determina la direccionalidad de dicha relación. Es por ello que en este documento se sigue el teorema de representación de Granger, el cual determina la posibilidad de examinar dicha direccionalidad a partir de la estimación de un modelo de corrección de errores (VECM) exclusivamente si las series bajo estudio son integradas del mismo orden.

El término de error que se desprende de la prueba de cointegración, se interpreta como el desequilibrio o las distorsiones que se presenta entre las series en cada periodo de tiempo. Tomando como referencia dicha perturbación, el VECM corrige dicha distorsión y estima la tendencia de ajuste que se produce en cada serie para restablecer el equilibrio. Además, mediante el ajuste del error el VECM permite distinguir entre la relación de corto y largo plazo entre variables. Siguiendo el trabajo de (Hakim y Merkert, 2016) la construcción del VECM con las variables de ITAEE y PAS se puede expresar como:

$$\Delta \ln PAS_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it} ETC_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{ik} \Delta \ln PAS_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln ITAEE_{it-1} + \epsilon(\#)$$

$$\Delta \ln ITAEE_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it} ETC_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{ik} \Delta \ln ITAEE_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln PAS_{it-1} + \epsilon(\#)$$

Donde  $\Delta$  es el operador de primeras diferencias de las variables de ITAEE y PAS en las  $i = 1, 2, \dots, N$  unidades de sección transversal (entidades federativas) durante los periodos  $t = 1, 2, \dots, T$ ,  $\epsilon_{it}$  es el término de error que se supone ruido blanco,  $\rho$  indica la extensión del rezago y  $ETC_{it-1}$  es el término de corrección de error que resulta de la relación de largo plazo obtenida en la prueba de cointegración y evalúa la capacidad de ajuste.

### *Causalidad de Largo Plazo*

La direccionalidad de la relación causal de largo plazo entre variables se puede evaluar a partir de los coeficientes  $\beta_{it}$  asociados con  $ETC_{it-1}$ . Dichos parámetros expresan la velocidad de ajuste que experimenta la variable dependiente para restablecer el equilibrio entre series a partir

de un shock externo. Es decir,  $\beta_{it}$  indica que la relación de largo plazo esta impulsando a la variable dependiente para reestablecer el equilibrio, sugiriendo una relación de causalidad de largo plazo unidireccional en cada modelo. Para confirmar la presencia de causalidad los coeficientes deben ser significativos y negativos y tomar valores 0 y 1, dado que si el valor del coeficiente es positivo y mayor a 1 el ajuste sería explosivo y muy poco razonable.

#### *Causalidad de Corto Plazo*

La causalidad en el corto plazo se expresa en el VECM a partir de los coeficientes asociados con las primeras diferencias de los rezagos de las variables independientes, las cuales son enunciadas como  $\delta_{it}$  en las Ecuaciones 4 y 5. Este vector de coeficientes indica cómo se relaciona la variable dependiente con los impactos a corto plazo de las variables independientes. Sin embargo, para evaluar la robustez de los coeficientes de corto plazo, se aplica la prueba estándar de Wald. Esta prueba evalúa la significancia combinada de los coeficientes  $\delta_{it}$  de la variable independiente. Si los rezagos de los coeficientes son estadísticamente significativos, entonces la variable independiente presentara una relación causal de corto plazo con la variable independiente.

#### *Prueba fuerte de causalidad de Granger*

La prueba fuerte de causalidad de Granger examina la significancia combinada de los coeficientes de largo y de corto plazo expresados por  $\beta_{it}$  y  $\delta_{it}$  en las Ecuaciones 4 y 5. Además, permite en grado suficiente la heterogeneidad en el panel de datos al contrastar la hipótesis conjunta de  $H_0: \beta = 0$  y  $\delta = 0$  para todo  $i$ . Esta prueba examina la significancia de los coeficientes de corto plazo y su relación con los coeficientes de largo plazo, es decir, especifica si los factores rezagados funcionan como motor para restablecer el equilibrio de largo plazo. La prueba estándar de Wald (chi cuadrada) puede utilizarse para contrastar dicha hipótesis. En este punto se debe mencionar que la dirección de la causación puede variar substancialmente entre regiones debido a las diferencias espaciales, económicas, culturales y sociales de las regiones geográficas.

### **Resultados empíricos**

Se aplicó la prueba IPS para determinar el orden de integración de las series. La Tabla 1 muestra que todas las series son no estacionarias en niveles por lo que fue necesario aplicar una diferencia con lo que se confirmó que son  $I(1)$ .<sup>4</sup>

**Tabla 1**  
Resultados prueba de raíz unitaria

Variable		IPS (Im, Pesaran and Shin)	
		Nivel	1ra diferencia
<b>Toda la muestra</b>			
LnITAEE <sub>i,t</sub>	Intercepto individual	-1.2097	-20.105*
	Intercepto individual y tendencia	0.5653	-20.152*
LnPAS <sub>i,t</sub>	Intercepto individual	1.9766	-25.592*
	Intercepto individual y tendencia	-0.4991	-25.322*
<b>Estados concentrados</b>			
LnITAEE <sub>i,t</sub>	Intercepto individual	-0.7537	-14.061*
	Intercepto individual y tendencia	-1.1691	-13.781*
LnPAS <sub>i,t</sub>	Intercepto individual	3.5397	-15.648*
	Intercepto individual y tendencia	-0.3279	-16.446*
<b>Estados no concentrados</b>			
LnITAEE <sub>i,t</sub>	Intercepto individual	-1.0274	-14.453*
	Intercepto individual y tendencia	2.0879	-16.776*
LnPAS <sub>i,t</sub>	Intercepto individual	-0.1331	-20.259*
	Intercepto individual y tendencia	-0.3787	-19.339*

\*  $p < 0.05$

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años.

El siguiente paso fue aplicar las pruebas de cointegración de Pedroni y Johansen cuyos resultados se pueden apreciar en las Tablas 2 y 3, respectivamente. Los resultados reportados sugieren una relación de largo plazo entre el tráfico aéreo y el crecimiento económico en ambas pruebas indicando que hay una relación de largo plazo. Como se anotó en la sección anterior, una vez confirmada la cointegración se procede a la generación del VECM que ofrece la dirección de la causalidad. Los resultados se pueden observar en las Tablas 4, 5 y 6. Cabe mencionar que la selección del número de rezagos es muy importante. La literatura reporta dos criterios en este aspecto, de acuerdo con Holtz-Eakin, Newey y Rosen (1988), el número debe ser menor a  $1/3$  del total del tiempo utilizado en la muestra mientras que según Hurlin (2004), la selección del número debe estar basada en  $T_i > 5 + 2K$  (donde  $T_i$  es el lapso de tiempo y  $K$  es la cantidad de rezagos). En este trabajo se han escogido ocho rezagos basado en los criterios de información de Akaike (AIC) y Schwarz (SIC). El valor escogido satisface ambos criterios.



**Tabla 2**  
Prueba de Cointegración de Pedroni

(between-dimension)	
LnITAE <sub>it</sub> y LnPAS <sub>it</sub>	
Toda la muestra	
Estadístico Grupo Rho	-6.2228*
Estadístico Grupo PP	-5.061*
Estadístico Grupo ADF	1.3156
Estados Concentrados	
Estadístico Grupo Rho	-6.8071*
Estadístico Grupo PP	-5.0706*
Estadístico Grupo ADF	-1.5651
Estados no Concentrados	
Estadístico Grupo Rho	-2.9752*
Estadístico Grupo PP	-2.5446*
Estadístico Grupo ADF	1.0916

\* p < 0.05

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años

**Tabla 3**  
Test de cointegración Johansen - Fisher

		Traza	Máximo Eigenvalor
Toda la muestra:			
LnITAE <sub>it</sub> y LnPAS <sub>it</sub>	Ninguno	141*	116.1*
	Al menos uno	118.5*	118.5*
Estados concentrados			
LnITAE <sub>it</sub> y LnPAS <sub>it</sub>	Ninguno	45.12*	38.56*
	Al menos uno	36.11*	36.11*
Estados no concentrados			
LnITAE <sub>it</sub> y LnPAS <sub>it</sub>	Ninguno	94.95*	76.63*
	Al menos uno	82.22*	82.22*

\* p < 0.05

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años

Como se discutió en la sección metodológica, el VECM no sólo muestra la dirección causal de largo plazo entre variables, sino que también especifica la velocidad de ajuste expresado a través del coeficiente  $B_{it}$  (Ecuación 4 y 5). Este coeficiente debe ser significativo y debe tener un valor negativo entre 0 y 1 para aceptar una relación de largo plazo. Además, el VECM permite analizar los efectos de corto plazo que se producen entre variables a través de los coeficientes rezagados de la variable independiente.

La Tabla 4 resume los resultados del VECM de la relación entre el ITAEE y PAS para el total de la muestra estudiada. En el modelo 1 se toma al número de pasajeros transportados por vía aérea como variable dependiente y a la variable *proxy* de crecimiento económico como independiente. De esta manera, el modelo 1 busca determinar si los

valores pasados del crecimiento económico producen efectos sobre el total de pasajeros aéreos en el periodo actual.

**Tabla 4**  
Resultados VECM toda la muestra

Factores explicativos	Modelo 1: $\Delta \ln \text{PAS}$	Factores explicativos	Modelo 2: $\Delta \ln \text{ITAEE}$
1 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	-0.0494	1 trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	<b>0.0212***</b>
2 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	-0.0513	2 trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	-0.0008
3 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	0.1192	3 trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	0.0071
4 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	<b>0.2007*</b>	4-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	-0.0030
5 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	<b>0.2761**</b>	5-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	-0.0084
6 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	0.1530	6-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	<b>-0.0110*</b>
7 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	<b>0.2020**</b>	7-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	<b>-0.0127**</b>
8 trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAEE}$	0.1714	8-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	0.0015
Causalidad largo plazo (ECT)	-1.83E-05	Causalidad largo plazo (ECT)	<b>-0.0657***</b>
Constante	<b>0.0076**</b>	Constante	<b>0.0019*</b>
R cuadrada	0.3170	R cuadrada	0.5344
R cuadrada ajustada	0.3090	R cuadrada ajustada	0.5289
Log verosimilitud	1048.258	Log verosimilitud	2945.901
F-statistic	39.7545	F-statistic	98.3117

Nota: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$  y \*\*\*  $p < 0.01$ , expresa el nivel de significancia de los coeficientes.

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años.

El coeficiente  $B_{it}$  (ECT) para el primer modelo resulta ser no significativo, lo que indica que el crecimiento económico (ITAEE) no produce efectos de ajuste en el largo plazo sobre el número de pasajeros transportados por vía aérea (PAS). Sin embargo, en el corto plazo sí se producen efectos a partir de los rezagos 4, 5 y 7 (valores resaltados en negritas en el modelo 1). Es decir, que un aumento en la actividad económica produce efectos sobre la demanda de transporte aéreo de pasajeros después de un año.

Los resultados para el corto plazo parecen coherentes, ya que el impacto del crecimiento económico sobre la demanda de bienes y servicios (entre ellos el transporte aéreo) no se da de forma inmediata, dado que requiere de ciertos periodos de tiempo para filtrarse a través de variables como el ingreso. En términos de magnitud, los resultados sugieren que un aumento del 1 % de la actividad económica, conducirá a un crecimiento promedio de 0.2 % del número de pasajeros transportados por vía aérea a partir del cuarto trimestre. En general, los resultados para toda la muestra pueden ser comparables con estudios como el de Hakim y Merkert (2016) y Mukkala y Tervo (2013) que presentan una relación causal en el corto

plazo aunque debe resaltarse que el coeficiente  $B_{it}$  es siempre significativo. Por su parte, el modelo 2 (Tabla 4) toma como variable dependiente al crecimiento económico y como variable independiente al tráfico aéreo de pasajeros. Los resultados para este modelo demuestran la presencia de una relación de causalidad unidireccional de largo plazo, que se mueve desde el tráfico de pasajeros hasta el crecimiento económico. El valor de  $B_{it}$  es estadísticamente significativo y presenta una velocidad de ajuste de 0.065, lo que indica que aproximadamente el 6.5 % del desequilibrio producido entre las series es corregido en un periodo de tiempo.

Para el corto plazo, se presenta un efecto positivo casi inmediato desde el tráfico de pasajeros hacia el crecimiento económico mostrando un coeficiente significativo en el primer rezago (número en negrita en el modelo 2). Aunque el impacto es significativo, su magnitud resulta ser de un tamaño menos considerable, es decir, que un cambio de 1 % en el total de pasajeros transportados por vía aérea producirá un efecto de 0.02 % en el crecimiento económico después de un trimestre. En general, el estadístico F de la Tabla 4 revela que los modelos 1 y 2 son estadísticamente significativos, aunque el segundo se ajusta mejor a los datos, llegando a representar el 53% de la variabilidad mientras que el primero sólo representa el 31 %. Por su parte, los resultados de causalidad presentan una relación causal unidireccional de largo plazo que se mueve desde el tráfico aéreo de pasajeros hacia el crecimiento económico y efectos significativos en el corto plazo en ambas direcciones. En la Tabla 5 se presentan los resultados del VECM de la relación entre el crecimiento económico y el tráfico de pasajeros para la muestra que contiene a los Estados Concentrados. El modelo 3 muestra un coeficiente  $B_{it}$  (ECT) no significativo, lo que indica que no se produce una relación causal de largo plazo del crecimiento económico hacia el tráfico aéreo de pasajeros. Sin embargo, el modelo 3 demuestra significancia en los efectos de corto plazo cuando se permite un rezago de cinco a ocho trimestres en el periodo de tiempo. Además, la magnitud del impacto del crecimiento económico sobre tráfico aéreo de pasajeros en el corto plazo es importante, llegando a expresar un efecto de 0.46 % para el quinto rezago ante un aumento de la actividad económica del 1 por ciento.

**Tabla 5**  
Resultados VECM Estados Concentrados

Factores explicativos	Modelo 3: $\Delta \ln \text{PAS}$	Factores explicativos	Modelo 4: $\Delta \ln \text{ITAE}$
1-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	-0.0593	1-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	0.0216
2-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	-0.1376	2-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	0.0072
3-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.1044	3-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	0.0199
4-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.2583	4-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	-0.0158
5-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	<b>0.4614***</b>	5-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	-0.0193
6-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	<b>0.5056***</b>	6-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	<b>-0.0257*</b>
7-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	<b>0.4010**</b>	7-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	<b>-0.0289**</b>
8-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	<b>0.4518***</b>	8-trimestre rezago $\Delta \ln \text{PAS}$	0.0123
Causalidad de largo plazo (ECT)	-0.0001	Causalidad de largo plazo (ECT)	<b>-0.0710***</b>
Constante	<b>1.9011*</b>	Constante	<b>0.0055***</b>
R cuadrada	0.2393	R cuadrada	0.6278
R cuadrada ajustada	0.2130	R cuadrada ajustada	0.6149
Log verosimilitud	408.555	Log verosimilitud	1034.863
F-statistic	9.1069	F-statistic	48.8224

Nota: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$  y \*\*\*  $p < 0.01$ , expresa el nivel de significancia de los coeficientes.

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años.

Por su parte, los resultados para el modelo 4 demuestran la presencia de una relación de causalidad unidireccional de largo e impactos de corto plazo, que se mueve desde el número de pasajeros transportados por vía aérea hacia el crecimiento económico. En general, los resultados obtenidos en los modelos 3 y 4 (Tabla 5) no parecen distar de los resultados de los modelos 1 y 2, es decir, cuando se acota la muestra hacia los Estados Concentrados se obtienen conclusiones similares que cuando se analiza la muestra con el total de entidades federativas. Sin embargo, el modelo 4 expresa algunas mejoras en sus resultados cuando se compara con el modelo 2. Por ejemplo, el valor de  $B_{it}$  (ECT) es estadísticamente significativo y presenta una velocidad de ajuste de 0.071, mientras que en el modelo anterior representaba un valor de 0.065. También, el modelo 4 presenta un mejor ajuste a los datos, representando alrededor del 62 % de la variabilidad de los datos.

La Tabla 6 muestra los resultados del VECM para la muestra que representa a los Estados No Concentrados. El modelo 5 no presenta evidencia suficiente para confirmar una relación de largo plazo que se mueva desde el crecimiento económico al tráfico de pasajeros. Sin embargo, para el corto plazo, se muestran efectos significativos cuando se permite el rezago de 5 y 7 periodos de tiempo.



**Tabla 6**  
Resultados VECM Estados No Concentrados

Factores explicativos	Modelo 5: $\Delta \ln \text{PAS}$	Factores explicativos	Modelo 6: $\Delta \ln \text{ITAE}$
1-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.0018	1-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	<b>0.0237***</b>
2-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	-0.0139	2-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	-0.0008
3-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.1182	3-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	0.0035
4-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.2376	4-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	0.0014
5-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	<b>0.3058**</b>	5-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	-0.007
6-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.0993	6-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	-0.0098
7-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	<b>0.2496*</b>	7-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	-0.0064
8-trimestre rezago $\Delta \ln \text{ITAE}$	0.1389	8-trimestre rezago $\Delta \text{PAS}$	-0.0016
Causalidad largo plazo (ECT)	0.0003	Causalidad largo plazo	<b>-0.0641***</b>
Constante	0.0049	Constante	0.0006
R cuadrada	0.389	R cuadrada	0.4795
R cuadrada ajustada	0.3781	R cuadrada ajustada	0.4701
Log verosimilitud	679.4871	Log verosimilitud	1920.654
F-statistic	35.4405	F-statistic	51.2696

Nota: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$  y \*\*\*  $p < 0.01$ , expresa el nivel de significancia de los coeficientes.

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años.

El modelo 6 muestra una relación de causalidad unidireccional de largo plazo, que se mueve desde el número de pasajeros transportados por vía aérea hasta el crecimiento económico. El valor de (ECT) es estadísticamente significativo y presenta una velocidad de ajuste de 0.064. Para el corto plazo, se presenta un efecto positivo y significativo para el coeficiente del primer rezago, lo que indica que el efecto producido por el aumento del tráfico aéreo sobre el crecimiento económico es casi inmediato. Aunque en los seis modelos descritos en las Tablas 4, 5 y 6 se muestran efectos significativos en el corto plazo, es necesario someter a los rezagos de dichos modelos a una prueba estándar de Wald para averiguar la robustez de los coeficientes. Esta prueba se basa en el estadístico chi-cuadrado y permitirá confirmar si existe una relación de causalidad en el corto plazo.

La Tabla 7 muestra un resumen de los tres tipos de pruebas utilizados en este documento para identificar la direccionalidad de la relación causal entre el crecimiento económico y el tráfico de pasajeros: 1) causalidad de corto plazo, 2) causalidad de largo plazo y 3) causalidad fuerte de Granger. Los resultados de causalidad de corto plazo muestran estadísticos chi-cuadrados estadísticamente significativos al nivel de 5 % cuando se analiza tanto el total de entidades federativas como los Estados Concentrados. Los resultados sugieren que existe una relación causal bidireccional entre

crecimiento económico y el tráfico aéreo de pasajeros. Es decir, en el corto plazo, el crecimiento del total de pasajeros transportados conduce a un aumento de la actividad económica y de igual manera, el crecimiento económico impulsa el crecimiento del transporte aéreo de pasajeros. Sin embargo, para los Estados No Centrales no se pudo confirmar una relación causal bidireccional pues el estadístico chi-cuadrado resulta significativo para los impactos que produce el transporte aéreo sobre el crecimiento económico, pero no significativo en sentido contrario.

**Tabla 7**  
Resumen de los resultados sobre causalidad y dirección

Series	Variables	Corto plazo Wald	Causalidad de largo plazo (ECT)	Causalidad fuerte de Granger
Toda la muestra	$ITAE \rightarrow PAS$	16.864***	-1.83E-05	18.837**
	$PAS \rightarrow ITAE$	24.101***	-0.0657***	96.373***
Estados Concentrados	$ITAE \rightarrow PAS$	18.038**	-0.0001	18.208**
	$PAS \rightarrow ITAE$	14.313**	-0.0710***	43.256***
Estados No Concentrados	$ITAE \rightarrow PAS$	12.592	0.0003	13.234
	$PAS \rightarrow ITAE$	15.795**	-0.0641***	64.500***

Nota: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$  y \*\*\*  $p < 0.01$ , expresa el nivel de significancia de los coeficientes.

Fuente: elaboración propia con datos SCT varios años.

Los resultados de la prueba fuerte de causalidad de Granger presenta resultados muy parecidos a los desarrollados en el corto plazo. Los coeficientes son significativos a nivel de 5 % para el total de Estados y los Estados Concentrados, sugiriendo una relación causal bidireccional. Por lo que sugieren que el crecimiento del tráfico aéreo de pasajeros conduce al crecimiento económico tanto en el corto como en el largo plazo. Lo mismo ocurre en dirección contraria. Por su parte, la prueba muestra una relación causal unidireccional para los Estados No Concentrados que va desde crecimiento de pasajeros hacia el crecimiento económico.

Los coeficientes  $B_{it}$  (ECT) obtenidos en el VECM son significativos sólo en una dirección, a cualquier nivel de desagregación, que va del tráfico aéreo al crecimiento económico. La velocidad de ajuste ante shocks externos expresados por los  $B_{it}$  revela una modesta tasa de corrección en un periodo de tiempo. Para el total de la muestra, el crecimiento del tráfico aéreo impulsa al crecimiento económico a una tasa de 6.5 %, para los Estados Concentrados de 7.1 % y para los Estados No Concentrados de 6.4 % para restablecer el equilibrio de largo plazo.

Para los estados no concentrados la relación causal es unidireccional con cualquiera de las tres pruebas moviéndose del tráfico de pasajeros al crecimiento económico, pero nunca en el otro sentido. Esto significa que en entidades donde el uso de infraestructura es baja por un menor tráfico de pasajeros, no puede decirse que el crecimiento económico incentive un mayor tráfico de los mismos. Por ello las políticas de fomento al crecimiento de la entidad federativa deben incentivar el crecimiento de pasajeros por transporte aéreo.

Los resultados para los estados concentrados van en sintonía con los encontrados por (Hakim y Merkert (2016), quienes analizan países del



sur de Asia en expansión. Su relación mostró bidireccionalidad tanto en el corto como en el largo plazo. Algunos otros estudios como el de Chang y Chang (2009) para Taiwán; Rodríguez-Brindis, et al. (2015) para Chile y Hu, et al. (2015) para China demuestran una relación causal bidireccional, aunque no se investigó si en el corto plazo la relación era similar mientras que los resultados de causalidad para la muestra de Estados concentrados son comparables con el análisis de Brida, et al. (2016), en su estudio agregado para México.

## Conclusiones

El principal objetivo de esa investigación fue determinar el tipo de causación que existe entre el tráfico de pasajeros en México y el crecimiento económico a nivel entidad federativa. Para ello se utilizaron tres pruebas de causalidad: de corto plazo, de largo plazo y de causalidad fuerte de Granger en el periodo 2003-2017 con periodicidad trimestral. La muestra se dividió en entidades federativas concentradas y no concentradas en donde el criterio se tomó con base en entidades en cuyos aeropuertos se reporta una fuerte concentración de pasajeros transportados. La división de la muestra arrojó evidencia de que las altas cantidades de pasajeros impactan en el tipo de causalidad encontrada.

Para el criterio de corto plazo los resultados sugieren que existe causalidad bidireccional en estados concentrados, pero unidireccional en no concentrados yendo del tráfico de pasajeros al crecimiento económico. Estos resultados sugieren que altas cantidades de pasajeros transportados (uso intensivo de la infraestructura) generan un efecto de retroalimentación entre las variables mientras que cuando el volumen de pasajeros es menor (estados no concentrados), la causalidad solo va del tráfico de pasajeros al crecimiento económico indicando que el crecimiento económico es incapaz de influir en la cantidad de pasajeros transportados.

Respecto del criterio de largo plazo, representado por el modelo de corrección de error (ECT), existe un claro patrón tanto para toda la muestra como para la desagregación en entidades concentradas y no concentradas en la que la significancia de los coeficientes estimados sugiere que existe una sola dirección de la causalidad que va del tráfico de pasajeros al crecimiento económico indicando que el aumento en la cantidad de pasajeros tiene un impacto positivo en el crecimiento económico de las entidades mientras que el criterio de causalidad fuerte de Granger indica los mismos resultados que el criterio de corto plazo.

La recomendación de políticas derivada de los resultados se debe tomar por el tiempo en el que se desenvuelve la actividad económica. Tanto para el corto como para la combinación de corto y largo plazo (causalidad fuerte de Granger), la bidireccionalidad hallada en las entidades concentradas sugiere que la realización de políticas terminará afectando al crecimiento de la entidad mientras que en las entidades no concentradas la unidireccionalidad de pasajeros al crecimiento sugiere que se deben tomar medidas que incentiven el aumento en la cantidad

de pasajeros por la vía aérea. Esto se puede dar generando una mayor y mejor infraestructura aeroportuaria. Una medida concreta podría ser la introducción de nuevas líneas de bajo costo que pudieran incentivar a pasajeros a viajar por aire ya que, como lo demuestra Cruz (2017), el ingreso al mercado de aviación civil en México de ese tipo de transportación atrajo una fuerte cantidad de pasajeros. Respecto del largo plazo, el resultado coincidente para estados concentrados y no concentrados puede indicar que se deben tomar acciones para que la causalidad se presente del crecimiento económico al número de pasajeros.

## Bibliografía

- Allroggen, F. y Malina, R., (2014) Do the regional growth effects of air transport differ among airports?. *Journal of Air Transport Management*, 37, pp. 1-4. doi: doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.11.007
- Andalucía, A. E. D., (2001) El transporte, importancia económica y social. En: *Las infraestructuras de transporte del Eje Mediterráneo andaluz: efectos socioeconómicos*. Madrid: Cámara de Comercio de la provincia de Almería, pp. 16-52.
- ATAG, (2014) *Aviation benefits beyond borders*. Air Transport Action Group.
- Baker, D., Merkert, R. y Kamruzzaman, M., (2015) Regional aviation and economic growth: cointegration and causality. *Journal of Transport Geography*, 43, pp. 140-150. doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.02.001
- Beyzaltar, M., Karacal, M., Yetkiner, H. (2014) Granger causality between transportation and GDP: A panel data approach. *Transportation Research Part A*, 63, pp. 43-55. doi.org/10.1016/j.tra.2014.03.001
- Breitung J. y Pesaran, M. (2008) Unit Roots and Cointegration. En: L. Mátyás, P. Sevestre (eds) *The Econometrics of Panel Data. Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics*, Vol 46. Springer, Berlin: Heidelberg.
- Brida, J., Bukstein, D., Zapata-Aguirre, S. (2016) Dynamic Relationship between air transport and economic growth in: a time series analysis *International Journal of Aviation Management*, 3(1), pp. 52-67. doi.org/10.1504/IJAM.2016.078660
- Brida, Juan., Rodríguez-Brindis, M y Zapata-Aguirre, Sandra., (2016) Causality between economic growth and air transport expansion: empirical evidence from Mexico. *World Review of International Transportation Research*, 6, pp. 1-15 doi.org/10.1504/WRITR.2016.078136
- Button, K., (2008) *The Impacts of Globalisation on International Air Transport Activity*, Guadalajara: Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World.
- Button, K. y Taylor, S., (2000) International Air Transportation and Economic Development. *Journal of Air Transport Management*, 6, pp. 209-222 doi.org/10.1016/S0969-6997(00)00015-6
- Campos, J., (2012) Impacto de las patentes sobre el crecimiento económico: Un modelo de panel cointegrado 1990-2010. *Equidad y Desarrollo*, 18, pp. 65-88.
- Chang, Y.H. y Chang, Y.W., (2009) Air cargo expansion and economic growth: Finding the empirical link. *Journal of Air Transport Management*, 15, pp. 264-265. doi.org/10.1016/j.jairtraman.2008.09.016

- Chi, J. y Baek, J., (2013) Dynamic relationship between air transport demand and economic growth in the United States: A new look. *Transport Policy*, 29, pp. 257-260. doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.03.005
- Cruz, I. (2017) Impactos economicos de la salida del mercado de Mexicana de Aviación. Saltillo: Universidad Autónoma de Coahuila.
- Dokmeci, V. y Betul, I., (1998) Spatial Analysis of Air Passengers with Respect to Population and Employment. ERS Conference Papers European Regional Science Association.
- Duffy-Deno, K. T. y Randall, E., (1991) Public infrastructure and regional economic development: A simultaneous equations approach. *Journal of Urban Economics*, 30, pp. 329-343. doi.org/10.1016/0094-1190(91)90053-A
- Faggian, A., Comunian, R. y Cher Li, Q., (2014) Interregional migration on human creative capital: The case of "Bohemian graduates". *Geoforum*. 55, pp. 33-42 doi.org/10.1016/j.geoforum.2014.05.003
- Fernandes, E. y Rodrigues-Pacheco, R., (2010) The causal relationship between GDP and domestic air passenger traffic in Brazil. *Transportation Planning and Technology*, 33, pp. 569-581. doi.org/10.1080/03081060.2010.512217
- Goetz, A. R., (1992) Air Passenger Transportation and Growth in the U.S. Urban System, 1950-1987. *Growth and Change*, 23, pp. 217-238. doi.org/10.1111/j.1468-2257.1992.tb00580.
- Hakim, M. M. y Merkert, R., (2016) The causal relationship between air transport and economic growth: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography*, 56, p. 120-127. doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.006
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., Rosen, H.S. (1988) Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56, pp 1371-1395.
- Hu, Yi., Xiao, Jin., Deng, Ying., Xiao, Yi y Wang, Shouyang. (2015) Domestic air traffic and economic growth in China: Evidence from heterogeneous panels models. *Journal of Air Transport Management*, 42, pp. 95-100. doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.09.003
- Hurlin, C., (2004) Testing Granger Causality in Heterogeneous panel data models with fixed coefficients. University Paris IX, Mimeo.
- IATA, (2011) *Economic benefits from air transport in Mexico*. Oxford Economics.
- Im, K., Pesaran, M y Shin, Y., (2003) Testing for unit root in heterogeneous panels, *Journal of Econometrics*, 115, pp. 53-74. doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7
- Koo, T. T., Lim, C. y Dobruszkes, F., (2017) Causality in direct air services and tourism demand. *Annals of Tourism Research*, 67, pp. 67-77. doi.org/10.1016/j.annals.2017.08.004
- Lindsey, Christopher., Mahmassani, Hani., Millarkey, Matt., Nash, Terry y Rothberg, Steven (2014) Regional logistics hubs, freight activity and industrial space demand: Econometric analysis. *Research in Transportation Business and Management*, 11, pp. 98-104. doi.org/10.1016/j.rtbm.2014.06.002

- Loría, E. G., y Sánchez, F. S. E., (2016) Efectos de la llegada de viajeros internacionales en el desempleo y el crecimiento económico en México, 2002.2-2015.2. *El Periplo Sustentable*, 32, pp. 1-40
- Mahía, R., (2000) *Análisis de estacionariedad con datos de panel: una ilustración para los tipos de cambio, precios y mantenimiento de la PPA en latinoamérica*. Instituto L.R. Klein.
- Marazzo, M., Scherre, R. y Fernandes, E., (2010) Air transport demand and economic growth in Brazil: A time series analysis. *Transportation Research Part E*, 46, p. 261-269. doi.org/10.1016/j.tre.2009.08.008
- Montero, R., (2013) *Test de Causalidad*. Documento de trabajo en economía aplicada. Universidad de Granada. España
- Mukkala, K. y Tervo, H., (2013) Air transportation and regional growth: which way does the causality run?. *Environment and Planning*, 45, pp. 1508-1520 doi.org/10.1068/a45298
- Profillidis, V. y Botzoris, G., (2015) Air passenger transport and economic activity. *Journal of Air Transport Management*, 49, pp. 23-27. doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.07.002
- Khan, S.A.R., Qianli, D., Songbo, W., Zaman, K y Zhang, Y., (2017) Travel and tourism competitiveness index: The impact of air transportation, railways transportation, travel and transport services on international inbound and outbound tourism. *Journal of Air Transport Management*, 58, pp. 125-134. doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.10.006
- Rodríguez-Brindis, M. A., Mejía-Alzate, M. L. y Zapata-Aguirre, S., (2015) La causalidad entre el crecimiento económico y la expansión del transporte aéreo: un análisis empírico para Chile. *Revista de Economía del Rosario*, 18, pp. 127-144. doi.org/10.12804/rev.econ.rosario.18.01.2015.04
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2015) Manual estadístico del sector transporte 2015. Instituto Mexicano del Transporte
- Sosnovskikh, S., (2017) Industrial clusters in Russia: The development of special economic zones and industrial parks. *Russian Journal of Economics*, 3, pp. 174-199. doi.org/10.1016/j.ruje.2017.06.004
- Van De Vijver, E., Derudder, B. y Witlox, F., (2016) Air Passenger Transport and Regional Development: Cause and Effect in Europe. *Transport and Sustainable Development*, 28, pp. 143-154. doi.org/10.7307/ptt.v28i2.1756

## Notas

- 1 International Air Transport Association.
- 2 El total de movimientos de pasajeros y el total de carga transportados por vía aérea para entidades federativas que cuentan con más de un aeropuerto se obtuvo agrupando los totales de cada uno de ellos.
- 3 Aunque el estado de México presenta la mayor tasa media de crecimiento anual, el resultado puede estar sesgado, porque en algunos años no presentó actividad transportista aérea.
- 4 También se aplicó la prueba a la carga medida en toneladas, pero los resultados arrojaron que esta serie es estacionaria en niveles,  $I(0)$ , por lo que no se pudo continuar con el análisis de cointegración.

## **Notas de autor**

**a**

Autor para correspondencia. Ignacio Javier Cruz Rodríguez.  
Dirección: ignaciocruz@apolo.acatlan.unam.mx