

## CARGA AÉREA Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN LAS ENTIDADES FEDERATIVAS DE MÉXICO 1992-2019

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

Fecha de recepción: 10 de septiembre de 2021. Fecha de aceptación: 16 de marzo de 2022.

<https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2022.210.69831>

**Resumen.** El presente análisis busca examinar la relación causal entre la carga transportada vía aérea y la actividad económica de las entidades federativas en México. Para tal fin, se usaron pruebas de cointegración de Pedroni/Johansen, seguidas de pruebas de Granger para analizar el largo plazo y Wald para el corto, así como un modelo de corrección de errores (VECM). El análisis se llevó a cabo para el total de la carga y se dividió, por un lado, en carga doméstica y, por otro lado, en carga internacional. Los resultados obtenidos sugieren la existencia de equilibrio de largo plazo y bidireccionalidad cuando se agrega toda la carga, aunque al desagregarla las causalidades se vuelven unidireccionales. Se discuten los resultados a la luz de posibles políticas públicas.

**Palabras clave:** transporte aéreo; carga; cointegración; modelo de corrección de errores (VECM).

**Clasificación JEL:** L91; C23; R4.

## AIR CARGO AND ECONOMIC GROWTH IN THE MEXICAN STATES: 1992-2019

**Abstract.** This article seeks to examine the causal relationship between air cargo and the economic activity of Mexican states. Analysis was conducted using Pedroni/Johansen cointegration tests, followed by Granger tests to analyze the long term and Wald tests for the short term, as well as an error correction model (VECM). The analysis was carried out for total cargo, which was then divided into domestic cargo on the one hand and international cargo on the other. The findings suggest the existence of long-term equilibrium and bidirectionality when total cargo is aggregated, although the causalities become unidirectional when cargo is disaggregated. These findings are then discussed in light of possible public policies.

**Key Words:** air transport; cargo; cointegration; error correction model (VECM).

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Coahuila. Correo electrónico: rodriguez.ignacio@uadec.edu.mx

## 1. INTRODUCCIÓN

Los efectos que tiene el transporte aéreo de personas en la economía de un país se han investigado alrededor del mundo y se han obtenido resultados similares; por ejemplo, los presentados por Cruz y Rodríguez (2019), Koo *et al.* (2017) y Rodríguez-Brindis *et al.* (2015). Respecto a la carga aérea, ésta recibe menos atención, a pesar de que a nivel global traslada menos del 1% del volumen comercializado de bienes, aunque el porcentaje representa 35% del valor global comercializado (Sánchez y Weikert, 2020, p. 15). La carga transportada entre un origen y un destino puede tener diversos efectos. La presente investigación se centra en el crecimiento económico a nivel entidad federativa en México y se enfoca en el transporte aéreo como el medio utilizado.

Aunque existe claridad respecto a la relación entre infraestructuras de transporte y crecimiento económico, la literatura existente no profundiza mucho sobre la relación entre la modalidad que se utiliza para trasladar carga y el crecimiento, por lo que esta investigación intentará profundizar al respecto.

Para delimitar el tema de la mejor manera posible se dejó de lado la complementariedad que existe entre el transporte aéreo y otros como el carretero, que es la modalidad que distribuye la carga hacia la localización final. Debido a que cada entidad federativa posee diferentes estructuras de producción, la carga que entra y la que sale de cada aeropuerto puede tener diferente valor agregado, incluida la carga que proveniente del extranjero y la que se dirige hacia allá. Esta heterogeneidad no debe perderse de vista al momento de incluir a las entidades federativas abordadas en el análisis.

Para abordar la relación que presentan en el largo plazo la carga aérea y la economía a nivel nacional, el trabajo de investigación se dividió en cinco partes, iniciando con la introducción, para después anotar el marco de referencia y la revisión de literatura. En la tercera parte se describen algunas estadísticas, que se utilizarán en la cuarta parte, que se refiere a los resultados empíricos del análisis econométrico, que busca resaltar el horizonte temporal de largo plazo en el que la caracterización de las fluctuaciones entre ambas variables es revisado. Por último, se presentan las conclusiones.

## **2. MARCO DE REFERENCIA Y REVISIÓN DE LITERATURA**

A continuación se apuntan tres elementos que sustentan el razonamiento por medio del cual se llevará a cabo el análisis, además de la revisión bibliográfica del tema. El primero es resaltar las características que posee la carga que se envía por aire, y las variables que influyen en la decisión que toma el poseedor o tenedor de ella al usar esta modalidad.

Se puede afirmar que el avión es el medio de transporte cuya tecnología permite recorrer la distancia entre dos puntos con mayor velocidad, a diferencia de otras modalidades que suelen ser mucho más lentas, lo que le da ventaja respecto de sus posibles competidores. De Rus (2003) indica que los poseedores de mercancía, que son quienes toman la decisión de qué medio utilizarán para enviar su carga, tienen una elasticidad respecto del tiempo que está estrechamente relacionada con el valor del tiempo que tiene para ellos la duración del viaje, por lo que, una mercancía que no puede pasar mucho tiempo en el traslado podría tener una alta sensibilidad ante pequeños cambios en el tiempo de viaje. Es por ello que la carga enviada por avión suele tener un alto componente de urgencia respecto de la entrega. La decisión de enviar la carga por aire responde a ciertas variables bien definidas, de acuerdo al Instituto Mexicano del Transporte (2005, p. 5). Los propietarios buscan tres atributos al enviar su carga por avión: confiabilidad<sup>1</sup> del servicio, tarifas competitivas y tiempos cortos de tránsito. Este último es la característica que mejor realiza el modo aéreo. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] 2017, p. 3) indica que esta modalidad es particularmente importante para envíos como pescados, frutas, perecederos, verduras frescas y productos farmacéuticos. Otro tipo de carga que suele ser trasladada por aire es la de los aparatos tecnológicos, que tienen la característica de tener cortos ciclos de vida y son sensibles a cambios tecnológicos<sup>2</sup> (Instituto Mexicano del Trasporte, 2005, p. 7). Mora (2014, p. 33) indica que otras ventajas de esta modalidad es la competitividad en cargas a gran escala respecto de otras modalidades que no pueden tener una capacidad de carga semejante, además de que su documentación es sencilla,

<sup>1</sup> La confiabilidad se refiere al cumplimiento de las regulaciones de seguridad y de aduanas para el caso de la carga internacional.

<sup>2</sup> Existe otro tipo de mercancía que es la mensajería en la que, por lo general, el poseedor requiere que su envío (normalmente papelería) llegue a su destino en forma rápida, por lo que es común que ese tipo de carga sea transportada por aire.

y está normalizada y simplificada en la mayoría de los países. Sin embargo, dentro de sus desventajas más visibles está la incapacidad para transportar grandes volúmenes de líquidos y minerales, su costo es de los más altos entre modalidades, tiene cierta sensibilidad a presentar retrasos cuando el clima no es óptimo y existen materiales que no puede transportar como son los residuos o materiales tóxicos o explosivos.

Un segundo elemento es el asociado a la actividad económica regional pues, como afirma Isard (1971, p. 140), los datos sobre movimiento de personas o mercancía son evidencia sólida para contrastar hipótesis que representan información confiable para identificar las conexiones o los vínculos importantes entre regiones. La conexión se refiere a la existencia de un origen y un destino, es decir, el lugar de dónde parte y a dónde llega la carga. La cantidad de carga transportada se puede expresar en peso (kilos o toneladas) o en su valor monetario, mientras que la importancia entre pares origen-destino se entendería como una jerarquización del peso o el valor de la carga, así se tiene que a más valor o peso se traslade entre diferentes orígenes-destino más importante será la conexión entre ambos, y mientras menos se traslade será menos trascendente. Lo anterior tiene implicaciones que resultan necesarias subrayar. Primero, la carga que es enviada por avión hacia un destino se produce en el lugar de origen<sup>3</sup> y forma parte de la contabilización de la actividad económica del lugar de origen. Segundo, el lugar al que se dirige, es decir, el destino recibirá la carga que se integrará a la actividad económica ya sea como un insumo que podrá ser transformado o como un producto final, que podría ya no requerir transformación, pero también formará parte de su contabilización económica.<sup>4</sup>

Un tercer elemento que se considera importante es el horizonte temporal de análisis. Para la economía del transporte es indisoluble la relación que presentan las infraestructuras del transporte y las unidades móviles. Tanto la generación de infraestructura como su uso requieren de fuertes inversiones que están pensadas para tener una larga vida útil. Los medios móviles en los que se

<sup>3</sup> Se debe establecer el supuesto que la producción de la carga se realizó en la misma entidad en que se cargó en el avión. Puede haber situaciones en las que la carga haya sido producida en una entidad diferente al aeropuerto en que se cargó en el avión, pero no hay datos suficientes para cuantificar esta situación. De la misma forma se supondrá que el lugar al que llega la carga, ahí será usada para su actividad económica.

<sup>4</sup> Cabe mencionar que la carga aérea generará cierta derrama económica hacia otros sectores de la economía, como es el pago de impuestos en los aeropuertos, y otros servicios especializados, como pueden ser refrigeración o máquinas especiales para el tratamiento de la carga como los montacargas.

traslada la mercancía pueden tener una vida útil menor que la infraestructura que utilizan dependiendo, por ejemplo, de la tecnología que utilicen; aun así, su durabilidad puede ser de mediano plazo. Esta situación realza el horizonte temporal en el que se lleva a cabo esta investigación, pues el uso constante de infraestructura y la generación de nueva están fuertemente asociadas al crecimiento económico, como lo señala Sanwei *et al.* (2021). Es necesario profundizar en el hecho de que para que la carga tenga un impacto en el crecimiento se requiere de la existencia de un aeropuerto cercano; es decir, un aeropuerto puede convertirse en un impulso al crecimiento. Las regiones que no tengan disponible tal infraestructura tenderán a tener mayores costos y tiempos de traslado de su carga, tanto de la que entra a la región como de la que sale. En el caso de México, la influencia de la infraestructura específicamente de transporte en el crecimiento ha sido investigada por Corrales y Mendoza (2021) y Noriega y Fontenla (2007), quienes indican que el impacto de infraestructuras resulta determinante para el crecimiento. Además, la utilización de la infraestructura aeroportuaria es el reflejo de que existe un vínculo económico entre dos o más demarcaciones y de mantenerse su uso en el tiempo implicaría que la conexión económica podría ser duradera.

Los tres elementos antes mencionados se entrelazan de manera que en el largo plazo las conexiones o los vínculos económicos entre dos regiones expresadas en el peso o en el valor de la carga transportada por vía aérea están asociados a la actividad económica, tanto de las regiones de origen como de destino.

Por otro lado, es necesario resaltar que la literatura empírica que busca estudiar la relación entre carga aérea y actividad económica, por lo general medida como Producto Interno Bruto (PIB), es diversa, aunque se pueden distinguir los trabajos que usan modelos econométricos estructurales y los que utilizan series de tiempo, siendo estos últimos más comunes que los primeros. López-Rodríguez y Pardo Rincón (2019) analizan el efecto de las exportaciones e importaciones en la economía colombiana y ecuatoriana. Chang y Chang (2009) investigaron la relación entre la expansión del PIB y de la carga aérea en Taiwán en el largo plazo y encontraron que ambas variables están cointegradas, indicando que la carga tiene cada vez más importancia para la expansión de la economía. Resultados muy parecidos hallaron Chi y Baek (2013), quienes aplicaron modelos de rezagos autorregresivos distribuidos para determinar que tanto en el corto como en el largo plazo la demanda de carga tiende a aumentar con el crecimiento económico. Para el caso de Turquía, la evidencia reportada por Mehmet (2019) revela que la relación entre transporte de carga y el PIB es bidireccional y de largo plazo. Por su parte, Md Mahbubul y Rico (2016) aplican modelos de cointegración y causalidad de

Granger en forma de panel para la carga aérea y el PIB para países del sur de Asia encontrando que ambas están cointegradas y tienen una relación unidireccional que va del PIB al transporte de carga.

Se tienen estudios que utilizan otros indicadores asociados tanto a la carga como a los pasajeros, por ejemplo, el número de vuelos. Este es el caso del estudio de Shackman *et al.* (2021) que analizan la relación de cuatro modalidades de transporte, incluido el aéreo, con otras variables macroeconómicas encontrando una relación de cointegración entre todas las modalidades. Otros estudios que buscan determinar relaciones de causalidad y cointegración del transporte con variables de tipo macroeconómico se pueden consultar en Simdi y Tunahan (2015) y Ghiorghe y Gianina (2013).

Por el lado de la direccionalidad, se encontraron resultados heterogéneos en la relación de alguna variable macroeconómica con el transporte aéreo. Chang y Chang (2009) encontraron una relación bidireccional entre la actividad económica y el transporte de carga aéreo para Taiwán. Otra relación bidireccional está en Baker *et al.* (2015), quienes analizaron el ingreso nacional y el tráfico aéreo en Australia. De las relaciones bidireccionales reportadas también se encuentra la estudiada por Hakim y Merkert (2016) que, con una muestra de países del Sur de Asia, hallaron una relación bidireccional entre el crecimiento económico y el volumen de carga y también bidireccional con el volumen de pasajeros. Por su parte, Hu *et al.* (2015) analiza 29 provincias chinas y reporta otra relación bidireccional entre la demanda de vuelos y el crecimiento económico.

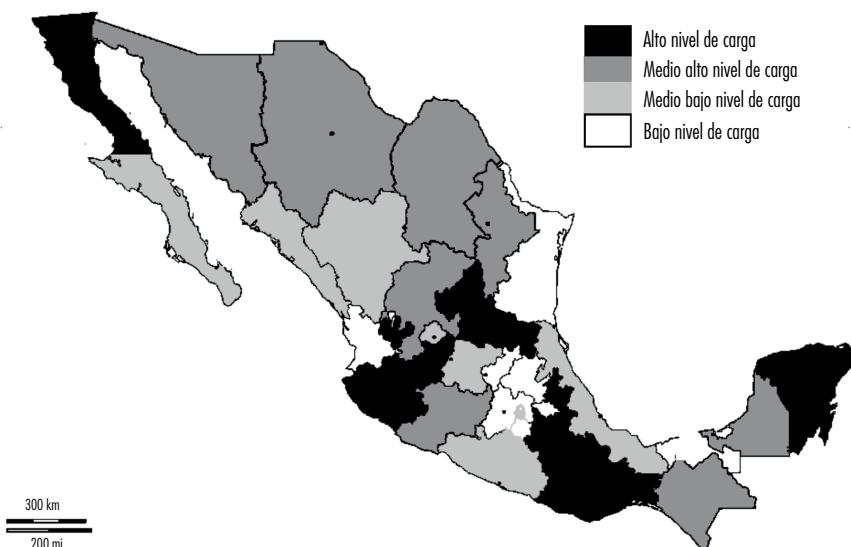
Por el contrario, una relación unidireccional, pero que va del transporte al crecimiento económico, fue reportada por Brida *et al.* (2016) para el caso italiano. Fernandes y Rodrigues-Pacheco (2010) encontraron una relación unidireccional, que va del crecimiento del PIB al transporte aéreo de pasajeros en Brasil. Esta misma situación (unidireccionalidad que va de la actividad económica agregada al tráfico aéreo) la presenta el trabajo de Mukkala y Tervo (2013) para la Unión Europea.

### **Algunos hechos estilizados**

En este punto es conveniente recordar el supuesto establecido de que la carga se produjo en la demarcación en la que se embarcó, es decir, en el lugar al que pertenece el aeropuerto y también que el lugar al que llega la carga, ahí será usada para su actividad económica. La carga no se refiere al equipaje correspondiente de los pasajeros, sino a los insumos o productos terminados.

Los datos se reportan mensualmente para cada origen-destino (véase figura 1) en donde se aprecia la tasa media de crecimiento anual del total de carga, es decir, están agregadas la carga doméstica y la internacional<sup>5</sup> en el periodo 1992-2019. En las entidades que tienen varios aeropuertos se agregó la carga de cada uno; así como la carga mensual para tenerla anual exclusivamente para esta figura. Como se puede apreciar, las tasas de crecimiento más altas se encuentran en Quintana Roo que registró 4.1% y Baja California con 3.9%, mientras que la menor es Tamaulipas con sólo 1.02%.

Figura 1. Tasa media de crecimiento anual carga total 1992-2019



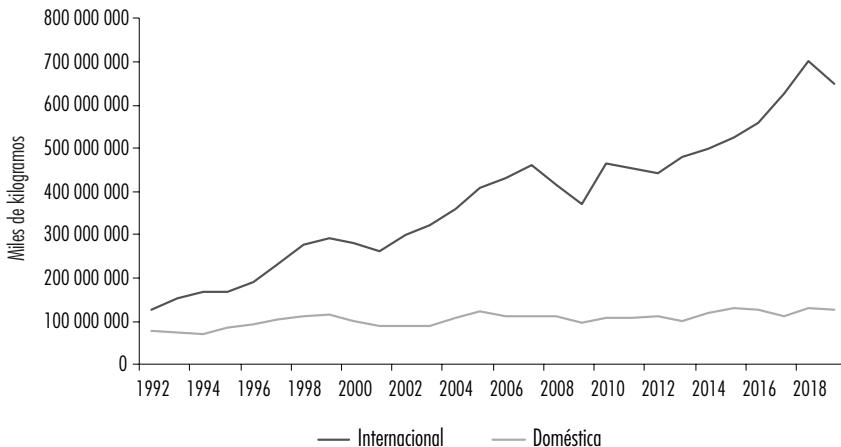
Fuente: elaboración propia con datos de SCT. Varios números.

La evolución anual en miles de kilogramos, tanto de la carga nacional como de la internacional, tienen diferencias importantes. La carga se agregó anualmente y se pudo apreciar que la internacional tuvo un incremento cons-

<sup>5</sup> El tratamiento de la carga nacional e internacional se manejó de la siguiente forma: se entenderá por carga nacional aquella que la estadística muestre que tanto su origen como su destino son nacionales, mientras que la carga internacional es aquella que alguno de las dos localizaciones (origen o destino) sea internacional.

tante en el periodo de estudio, mientras que el aumento de la carga nacional fue apenas visible (véase figura 2). Esta situación constituyó la base para tomar la decisión de particionar el análisis en dos y observar el impacto diferenciado, que puede tener en el crecimiento económico cada uno de los dos tipos de carga. La carga internacional muestra una tasa media de crecimiento anual de 6.07%, mientras que la doméstica fue de 1.69%.

**Figura 2. Comportamiento de la carga total doméstica e internacional 1992-2019 (miles de kilogramos)**



Fuente: elaboración propia con datos de SCT. Varios años.

### **3. BASE DE DATOS Y MÉTODOS DE APLICACIÓN**

El objetivo general de este apartado es estudiar la relación de largo plazo entre la carga aérea y el crecimiento económico. Se busca determinar la existencia de dicha relación en el lapso mencionado y la dirección causal de la misma.

El análisis utilizó una agregación mensual de los datos para hacerlos trimestrales de 1992 a 2019 de cada aeropuerto perteneciente a su correspondiente entidad federativa. La variable es la carga expresada en miles de kilos transportados (KT) y se utilizó el Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAAE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que se usa como variable *proxy* al crecimiento económico de las entidades federativas. La estadística de la carga se obtuvo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Existen entidades federativas como

Tlaxcala o Hidalgo que no reportan la presencia de un aeropuerto, por lo que quedaron fuera del análisis. Tanto a KT como a ITAEE se transformaron en logaritmos naturales.

El análisis de causalidad aplicado es un método econométrico estándar en un marco de datos panel que busca probar cointegración y causalidad entre KT e ITAEE. La relación causal entre estas variables puede darse en una o en dos direcciones o podrían no tener una relación de interdependencia. De esta forma se busca investigar si los impactos de ambos tipos de carga (doméstica e internacional) están relacionados con el crecimiento de forma separada. El análisis se realizó mediante Stata 12.2.

En el caso de México, no todas las entidades federativas presentaron carga internacional ni como origen ni como destino. Las entidades cuya estadística reporta este tipo de carga en el periodo de estudio son: Aguascalientes, Baja California Sur, Ciudad de México, Chihuahua, Estado de México, Guerrero, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Yucatán y Zacatecas. Las entidades incluidas en carga doméstica son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Chiapas, Durango, Guerrero, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

Es importante señalar que el análisis de Granger es un método que utiliza tres pasos secuenciales para evitar extraer conclusiones erróneas. En primer lugar, se debe subrayar que, de acuerdo con Baker *et al.* (2015, p. 143), los valores pasados de una variable  $X$  podrían ser el resultado del comportamiento actual de una variable  $Y$ , pero los valores futuros de  $X$  no pueden causar los valores presentes de  $Y$ . No obstante, el análisis aplicado puede llevar resultados erróneos si las series  $X$  y  $Y$  son no estacionarias. Es por ello que, como primer paso, tanto KT como ITAEE pasaron por pruebas de estacionariedad. El segundo paso fue aplicarles prueba de cointegración a las series que presentaron el mismo orden de integración. Los resultados obtenidos determinaron el tipo de prueba de causalidad que se aplicaría en el tercer paso. Si las series están cointegradas del mismo orden, entonces se estiman parámetros de largo plazo y de causalidad usando datos panel, así como un VECM para terminar con pruebas de causalidad de Granger y Wald.

Para dar inicio al análisis hay que subrayar que un proceso estacionario es aquel en el que la media y varianza permanecen constantes. Si una variable resulta no estacionaria puede convertirse a una estacionaria obteniendo la primera diferencia de la no estacionaria en cuyo caso, el número de veces  $d$  que

sea necesario diferenciarla para volverla estacionaria se dice que es una variable integrada de orden  $d$ , es decir,  $I(d)$ . Para esta investigación se utilizó una prueba de estacionariedad para panel de datos basada en Im, Pesaran y Shin (IPS de aquí en adelante) (2003), que incorpora tanto los componentes temporales como de sección cruzada. Según Baker *et al.* (2015), los aeropuertos y la actividad que manejan son heterogéneos para lo que la prueba IPS se considera adecuada. La expresión de la ecuación es:

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

En donde  $Y$  indica la variable de estudio,  $i = 1, 2, \dots, N$  es el número de secciones cruzadas observadas en  $t = 1, 2, \dots, T$  periodos de tiempo;  $X$  es un vector de regresores que incluye cualquier efecto fijo o incluso tendencias individuales;  $\rho$  indica el número de rezagos incluidos;  $\varepsilon_{it}$  es la perturbación aleatoria y  $\alpha_i$  es el término de corrección de error. La hipótesis nula es que cada serie dentro del panel no tiene tendencia estacionaria, mientras que la alternativa indica que al menos una es estacionaria.  $\alpha_i$  es el término de corrección de error. Si  $|\alpha_i| < 1$  la serie es estacionaria, pero si  $|\alpha_i| \geq 1$  la serie tiene raíz unitaria y es, por tanto, no estacionaria.

En el siguiente paso se utilizó la prueba de cointegración para panel de Pedroni (1999). Según Hakim y Merket (2016), esta prueba permite capturar tendencias heterogéneas entre los datos de sección cruzada. Esta característica es importante, pues no cuantificar la heterogeneidad de los parámetros de los regresores cuando existen puede conducir a cambios de la relación de cointegración entre la variable dependiente y los regresores desembocando en resultados segados. De acuerdo a Cruz y Rodríguez (2019, p. 13), las pruebas de Pedroni (1999) están basadas en el análisis de la estacionariedad de los residuos de panel en el que las variables que se relacionan son  $I(1)$ . La prueba se expresa como:

$$\text{LnKT}_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \beta_{1i} \text{LnITAE}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

En donde  $i = 1, \dots, N$  es cada entidad federativa,  $t = 1, \dots, T$  es el periodo de tiempo.  $KT_{it}$  es la carga en miles de kilos transportada por aire,  $ITAE_{it}$  es la proxy al crecimiento económico para cada entidad federativa  $i$  en el año  $t$ . Los parámetros  $\alpha_i$  y  $\delta_{it}$  permiten la posibilidad efectos fijos entre entidades federativas y tendencias determinísticas, respectivamente. Por su parte, los residuos estimados son desviaciones de la relación de largo plazo denotados por  $\varepsilon_{it}$ . La hipótesis nula es no cointegración y por ello los residuos de la ecuación

2 tienen una raíz unitaria, mientras que la alternativa indica que tales residuos son estacionarios en niveles para lo cual se utiliza la regresión:

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

A este respecto, Pedroni (1999) propuso dos grupos de pruebas de cointegración que utilizan un total de siete estadísticos. El primer grupo se basa en el estadístico Phillips y Ouliaris (1990), que proponen homogeneidad en las secciones cruzadas. El segundo incluye estadísticos que admiten heterogeneidad en las secciones cruzadas y también agrupa a los residuales dentro del panel (Campos, 2012). Para esta investigación se usará el segundo grupo de pruebas (*between dimentions*), que a su vez incluyen tres estadísticos (Rho, PP y ADF) dado que este grupo toma en cuenta la heterogeneidad que pudiera haber entre las secciones transversales.

Según Baker *et al.* (2015, p. 145) para buscar cointegración, el criterio bivariado es restrictivo y aplicable sólo para una relación de cointegración. El método más común es el de Johansen y Juselius (1990), que define el número de ecuaciones de cointegración y ofrece dos pruebas: estadístico de la traza y otra en el máximo eigenvalor.

De acuerdo con Belloumi (2009), si la prueba de cointegración indica que las dos series (KT e ITAEE) están cointegradas se descarta la posibilidad de una correlación espuria. La cointegración implica que la causalidad existe entre las dos variables en el largo plazo, pero no indica la dirección de la misma para lo cual se emplea el VECM, que tiene la ventaja de distinguir el largo plazo del corto y permite reconocer las fuentes de la causación. En este sentido, Engel y Granger (1987) mostraron que si dos series están cointegradas, el VECM resultado de utilizar KT e ITAEE puede ser expresado como:

$$\begin{aligned} \Delta \ln \text{ITAEE}_{it} = & \alpha_{it} + \beta_{it} \text{ETC}_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{it} \Delta \ln \text{ITAEE}_{it-1} \\ & + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln \text{KT}_{it-1} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln \text{KT}_{it} = & \alpha_{it} + \beta_{it} \text{ETC}_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{it} \Delta \ln \text{KT}_{it-1} \\ & + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln \text{ITAEE}_{it-1} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

Donde  $\Delta$  es el operador que denota primeras diferencias.  $\ln \text{ITAEE}$  y  $\Delta \ln \text{KT}$  significa logaritmo natural de ITAEE y KT, respectivamente en las  $i = 1, 2, \dots, N$  entidades federativas en los periodos  $t = 1, 2, \dots, T$ ,  $\varepsilon_{it}$  es un término de error que se espera sea ruido blanco,  $\rho$  indica la extensión del

rezago y  $ECT_{it-1}$  es el término de corrección de error que es el resultado de la relación de cointegración y evalúa el grado del desequilibrio en el pasado. Los coeficientes  $\beta_{it}$  de las ecuaciones 4 y 5 permiten evaluar la direccionalidad en el largo plazo de la relación causal. A través de estos parámetros se puede averiguar la velocidad de ajuste para re establecer el equilibrio.

La ecuación 4 implica que si la información contenida en los valores pasados de  $\Delta KT$  es significativa para explicar  $\Delta ITAEE$  junto sus valores pasados y con los efectos específicos de cada entidad federativa, entonces se puede afirmar que  $\Delta KT$  causa en el sentido de Granger a  $\Delta ITAEE$ . Es decir, un cambio en el nivel de  $KT$  puede llevar a un cambio en el nivel de  $ITAEE$ . Lo mismo se puede interpretar de la ecuación 5, pues si la información contenida en los valores pasados de  $\Delta ITAEE$  es significativa para explicar  $\Delta KT$  junto con sus valores pasados y los efectos específicos de los aeropuertos controlados, entonces se puede decir que  $\Delta ITAEE$  causa en el sentido de Granger a  $\Delta KT$ . De acuerdo con Baker *et al.* (2015, p. 145), esta situación se vuelve fundamental, ya que las variables determinantes del crecimiento económico necesitan ser especificadas para identificar el efecto de la carga aérea. Tales determinantes pueden ser inobservables o de difícil medición sobre los rezagos temporales. Además, en cada una de las ecuaciones, la variable endógena es causada por el nivel de desequilibrio previo ( $ECT_{it-1}$ ).

Se evalúan tres diferentes relaciones de causalidad: largo plazo, corto plazo y causalidad fuerte de Granger, que a continuación se explican. Hay que decir que en el corto plazo es posible capturar la causalidad por vía del VECM, pues los coeficientes estimados a partir de las primeras diferencias de los rezagos asociados a las variables independientes que corresponden al término  $\delta_{it}$  en las ecuaciones 4 y 5 indican la manera en la que se relaciona la variable dependiente en el corto plazo con las independientes. En este sentido, se aplica la prueba estándar de Wald que evalúa la significancia combinada de los coeficientes mencionados por lo que si los rezagos son significativos, la variable explicada mostrará causalidad en el corto plazo con la explicativa.

En lo que respecta en el largo plazo, la direccionalidad de las variables se puede determinar a partir de los coeficientes  $\beta_{it}$  (ECT) además de cuantificar la velocidad de ajuste respecto del equilibrio de largo plazo. El ECT es el término de error rezagado un periodo. La causalidad de largo plazo se puede confirmar cuando el coeficiente estimado sea negativo, significativo y tome valores entre 0 y 1, aunque su valor absoluto indica la rapidez con la que el equilibrio se restaura, mientras que la causalidad fuerte de Granger explora la significancia combinada de los coeficientes de corto y largo plazo ( $\delta_{it}$  y  $\beta_{it}$ ) de las ecuaciones correspondientes. Esto permite en grado suficiente analizar la heterogeneidad

del panel al contrastar la hipótesis conjunta  $\delta = 0$  y  $\beta = 0$  para todo  $i$ . Esta prueba específica si los factores rezagados fungen como motor para restablecer el equilibrio de largo plazo (Cruz y Rodríguez, 2019, p. 15).

#### 4. RESULTADOS EMPÍRICOS

Como primer paso se aplicó la prueba IPS que determina el orden de integración de las variables. Los resultados indican que las series son no estacionarias en niveles, por lo que se les aplicó una primera diferencia concluyendo que todas las series son I (1) (véase tabla 1).

**Tabla 1. Resultados prueba de raíz unitaria**

<i>Variable</i>	<i>IPS (Im, Pesaran y Shin)</i>		
	<i>Nivel</i>	<i>Primera diferencia</i>	
<b>Toda la muestra</b>			
LnITAEE	Intercepto		-19.3410**
	Intercepto y tendencia	0.7701	-16.7125**
LnKT	Intercepto		-18.3374**
	Intercepto y tendencia	-0.3344	-17.8647**
<b>Carga doméstica</b>			
LnITAEE	Intercepto	-1.8066	-22.9514**
	Intercepto y tendencia	-2.3022**	-19.6564**
LnKT	Intercepto	-0.6633	-16.0820**
	Intercepto y tendencia	1.7154	-21.1537**
<b>Carga internacional</b>			
LnITAEE	Intercepto	-1.0831	-20.1001**
	Intercepto y tendencia	0.2510	-16.6163**
LnKT	Intercepto	-1.7008	-17.3917**
	Intercepto y tendencia	-0.3327	-22.3710**

Nota: \*\* $p < 0.05$ .

Fuente: elaboración propia con datos de SCT e INEGI. Varios años.

Una vez conocido el orden de integración de las variables se procedió a aplicar las pruebas de cointegración de Pedroni y Johansen, y los resultados que arrojaron se muestran en las tablas 2 y 3. La relación de equilibrio de largo plazo, entre la carga transportada por aire y el crecimiento económico, fue confirmada por ambas pruebas.

Se procedió a estimar el VECM con el que se buscó determinar la dirección de la causalidad (véanse los resultados en las tablas 4, 5 y 6). Con respecto a la selección del número de rezagos, se tomó el criterio que determinan Holtz-Eakin *et al.* (1988), quienes indican que dicho número debe ser menor a una tercera parte del tiempo utilizado en la muestra.

Existe el criterio de Hurlin (2004), que indica que el cálculo del número de rezagos debe basarse en  $T_i > 5 + 2K$  (donde  $T_i$  se refiere al lapso de tiempo y K la cantidad de rezagos). Para la presente investigación se tomaron siete rezagos que satisfacen ambos criterios. Este número se basó en los criterios de información de Akaike (AIC) y Schwarz (SIC).

**Tabla 2. Resultados prueba de cointegración Pedroni**

<i>LnITAE y LnPAS</i>	
<b>Toda la muestra</b>	
Estadístico Grupo Rho	-5.9198**
Estadístico Grupo PP	-4.0007**
Estadístico ADF	0.9611
<b>Carga doméstica</b>	
Estadístico Grupo Rho	-7.4736**
Estadístico Grupo PP	-6.312**
Estadístico ADF	1.3588
<b>Carga internacional</b>	
Estadístico Grupo Rho	-3.7725**
Estadístico Grupo PP	-3.0108**
Estadístico ADF	1.713

Nota: \*\* $p < 0.05$ .

Fuente: elaboración propia con datos de SCT e INEGI. Varios años.

Tabla 3. Prueba de cointegración de Johansen

	Traza	Máx. Eigenvalor
<b>Toda la muestra</b>		
Ninguno	86.44**	88.50**
Al menos uno	73.79**	73.79**
<b>Carga doméstica</b>		
Ninguno	68.60**	63.02**
Al menos uno	56.48**	56.48**
<b>Carga internacional</b>		
Ninguno	45.26**	43.93**
Al menos uno	39.89**	39.89**

Nota: \*\*p < 0.05.

Fuente: elaboración propia con datos de SCT e INEGI. Varios años.

El VECM tiene por objetivo mostrar la dirección de la causalidad en el largo plazo y especificar la velocidad de ajuste que se obtiene con la estimación de  $\beta$  de las ecuaciones 4 y 5. De la misma forma, el VECM contiene cierta cantidad de rezagos con los que se puede observar el efecto que se tiene sobre la variable dependiente en el corto plazo.

La tabla 4 muestra los resultados del VECM para la agregación de la carga nacional e internacional. En el primer modelo la variable carga transportada ( $KT$ ) es la dependiente y la *proxy* al crecimiento (ITAEE) es la independiente. En dicho modelo se busca encontrar si los valores rezagados del crecimiento tienen efectos sobre la carga.

El coeficiente ECT ( $\beta_{it}$ ) resulta negativo, significativo y entre el rango de valores que se esperaba e indica que la carga produce efectos de ajuste en el largo plazo sobre el crecimiento de la economía. Este resultado muestra que existe dirección en la causalidad, que va del crecimiento de la economía a la carga transportada. El valor del coeficiente indica que aproximadamente 10.4% del desequilibrio se corrige en un trimestre.

En el corto plazo también hay efectos, ya que los rezagos 1, 2 y 5 tienen impactos positivos en el volumen transportado. Esto podría explicarse dado que el crecimiento económico puede tardar cierto tiempo en impactar la demanda de carga a través de algunas variables, como podría ser el ingreso. Respecto de

la magnitud, se puede entender que un aumento del crecimiento económico del 1% conduce a un incremento del 0.28% en la carga transportada en el primer trimestre y de 0.23% en el segundo trimestre. El segundo modelo tiene como variable dependiente al crecimiento económico y como independiente a los rezagos en la carga transportada. El valor de  $\beta_{it}$  es significativo y la velocidad de ajuste que muestra es de 8%, es decir, aproximadamente ese valor del desequilibrio es corregido en el corto plazo.

Los rezagos del modelo 2 indican un impacto positivo inmediato de la carga transportada al crecimiento indicando, que con un aumento de una unidad porcentual en la carga tendrá como efecto un incremento de 0.43% en el crecimiento económico después de un trimestre.

**Tabla 4. Resultados VECM carga agregada**

Factores explicativos	Modelo 1 $\Delta \ln KT$	Factores explicativos	Modelo 2 $\Delta \ln ITAE$
1 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.2836**	1 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.4308*
2 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.2383**	2 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	-0.0089
3 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.0030	3 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	-0.0046
4 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	-0.0074	4 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.1092*
5 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.0258**	5 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.0022***
6 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	-0.1307	6 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.0401
7 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.0160	7 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.0063
Causalidad largo plazo (ECT)	<b>-0.1041**</b>	Causalidad largo plazo (ECT)	<b>-0.0863**</b>
Constante	-0.1689*	Constante	-0.0371**
R cuadrada	0.5241	R cuadrada	0.4102
R cuadrada ajustada	0.5156	R cuadrada ajustada	0.4076
Log verosimilitud	875.3100	Log verosimilitud	981.2400
Estadístico F	47.05800	Estadístico F	43.73400

Notas: \* $p < 0.10$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$ .

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los modelos 1 y 2 sugieren la presencia de una relación causal bidireccional, pues ambos coeficientes (ECT) son significativos y tienen los valores esperados; es decir, la carga transportada causa al crecimiento económico y el crecimiento económico causa a la carga transportada.

En la tabla 5 se pueden observar los resultados de la estimación del VECM para el caso de la carga internacional y se dividen en dos modelos. El caso del modelo 3 se muestra que el coeficiente que representa al ECT no es significativo, pues indica que no existe una relación causal en el largo plazo del crecimiento económico al tráfico de carga. En el corto plazo también existen impactos, ya que hay rezagos significativos, pero el modelo 4 sí es significativo y su magnitud es la que se esperaba indicando una relación unidireccional en el largo plazo, que va de la carga transportada a la actividad económica con una velocidad de ajuste de casi 3% y con impactos de corto plazo, pues los rezagos de los primeros trimestres son significativos.

**Tabla 5. Resultados VECM carga internacional**

Factores explicativos	Modelo 3 $\Delta \ln KT$	Factores explicativos	Modelo 4 $\Delta \ln ITAE$
1 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.3016**	1 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.2357**
2 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.0222	2 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.0050**
3 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	0.0152	3 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	-0.0090
4 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	-0.0240	4 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	-0.0419
5 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	-0.1170	5 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	0.0890***
6 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	-0.0337***	6 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	-0.0368
7 trimestre rezago $\Delta \ln ITAE$	-0.1212	7 trimestre rezago $\Delta \ln KT$	-0.0090
Causalidad largo plazo (ECT)	0.0003	Causalidad largo plazo (ECT)	-0.0299***
Constante	0.2819	Constante	1.2728**
R cuadrada	0.3909	R cuadrada	0.4390
R cuadrada ajustada	0.3912	R cuadrada ajustada	0.4208
Log verosimilitud	88.7310	Log verosimilitud	70.5706
Estadístico F	31.0080	Estadístico F	26.3309

Notas: \* $p < 0.10$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$ .

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se reporta la estimación del VECM para la carga doméstica, que se divide en dos modelos. En el modelo 5 presenta evidencia de la existencia de una relación unidireccional de largo plazo que se mueve de la actividad económica a la carga transportada. El coeficiente estimado es significativo y tiene los valores esperados e indica una velocidad de ajuste del 7.3%, mientras que en el corto plazo hay evidencia de impacto positivo en los rezagos estimados. Por último, el modelo 6 no muestra evidencia de una relación causal de largo plazo, ya que el coeficiente estimado no es estadísticamente significativo.

Los resultados de los dos primeros modelos estimados indican que, cuando se agrega tanto la carga nacional como la internacional se encuentran relaciones causales bidireccionales de largo plazo. No obstante, cuando se desagregan en carga internacional y nacional, los resultados cambian. Respecto de la carga internacional, se encontró una relación unidireccional que se mueve

**Tabla 6. Resultados VECM carga doméstica**

Factores explicativos	Modelo 5ΔLnKT	Factores explicativos	Modelo 6 ΔLnITAEE
1 trimestre rezago ΔLnITAEE	0.0260	1 trimestre rezago ΔLnKT	0.1419*
2 trimestre rezago ΔLnITAEE	0.0961***	2 trimestre rezago ΔLnKT	0.0007
3 trimestre rezago ΔLnITAEE	0.0640***	3 trimestre rezago ΔLnKT	-0.0099
4 trimestre rezago ΔLnITAEE	-0.2273	4 trimestre rezago ΔLnKT	0.1564
5 trimestre rezago ΔLnITAEE	0.0170***	5 trimestre rezago ΔLnKT	-0.5836
6 trimestre rezago ΔLnITAEE	-0.2163	6 trimestre rezago ΔLnKT	-0.0292*
7 trimestre rezago ΔLnITAEE	-0.0460	7 trimestre rezago ΔLnKT	-0.0360
Causalidad largo plazo (ECT)	-0.0730***	Causalidad largo plazo (ECT)	0.0904
Constante	-2.4163	Constante	3.9848*
R cuadrada	0.2875	R cuadrada	0.1436
R cuadrada ajustada	0.2694	R cuadrada ajustada	0.1327
Log verosimilitud	112.4000	Log verosimilitud	90.0020
Estadístico F	9.7717	Estadístico F	12.3382

Notas: \* $p < 0.10$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$ .

Fuente: elaboración propia.

de la carga transportada al crecimiento de la economía. La interpretación de este hecho se puede dar de la siguiente manera: la carga internacional fue clasificada como la que viene del exterior y se integra a la economía nacional incentivándola, y también como aquella que sale del país a algún destino internacional; por ejemplo, como exportación que claramente se asocia al crecimiento económico de las entidades.

Respecto a la carga nacional, la relación de largo plazo unidireccional corre del crecimiento de la economía a la carga transportada sugiriendo que los porcentajes intermodales que se manejan por vía aérea no son suficientes para incentivar el crecimiento económico, sino que es este crecimiento el que estimula el traslado por vía aérea.

En la tabla 7 se resumen los resultados de las tres pruebas realizadas, que sirven para analizar la direccionalidad entre el crecimiento económico y la carga transportada por vía aérea. La primera prueba (causalidad de corto plazo) muestra un estadístico Chi-Cuadrado significativos al 5% sólo para tres casos del total de seis. Cuando se usa toda la muestra, los resultados indican una dirección causal bidireccional entre las variables de interés. Por lo que se puede decir que, en el corto plazo, el incremento del total de la carga transportada conduce a un aumento de la actividad económica, mientras que al mismo tiempo el crecimiento económico impulsa a la carga transportada por avión, pero cuando se toma en cuenta sólo la carga doméstica, los resultados no pueden confirmar ninguno de los dos sentidos de la dirección. No obstante, para el caso de la carga internacional, sí es significativa la dirección que va de la carga al crecimiento económico, pero no en caso contrario.

**Tabla 7. Resumen de resultados causalidad y dirección**

Serie	Variables	Corto plazo Wald	Largo plazo ECT	Causalidad fuerte Granger
Toda la muestra	ITAEE → KT	32.4**	-0.1041**	26.31**
	KT → ITAEE	19.07**	-0.0863**	78.09**
Carga doméstica	ITAEE → KT	0.487	-0.073**	10.28
	KT → ITAEE	3.55	0.0904	4.77
Carga internacional	ITAEE → KT	2.77	0.0003	1.83
	KT → ITAEE	22.46**	-0.0299**	55.02**

Notas: \*p < 0.05.

Fuente: elaboración propia con datos de SCT e INEGI. Varios años

La prueba de causalidad fuerte de Granger reporta significancia estadística al 5% para el total de la muestra y también para la carga internacional, lo cual implica una relación causal bidireccional, pero para el caso de la carga doméstica sólo se puede reconocer una relación unidireccional que va de la carga al crecimiento económico.

En el análisis de largo plazo, los coeficientes estimados del VECM son significativos en ambas direcciones, cuando se toma toda la muestra. Es decir, para el total de la carga en el largo plazo la causalidad es bidireccional entre la carga aérea y la actividad económica. El valor de los coeficientes indica que el aumento de la actividad económica impulsa a la carga aérea en 10.4% y la carga aérea promueve el crecimiento alrededor del 8.6%, mientras que cuando se enfoca sólo a la carga aérea doméstica, la relación causal es unidireccional y va del crecimiento económico a la carga aérea. Por último, el caso de la carga internacional indica una relación causal unidireccional que va de la carga transportada al crecimiento económico.

Los resultados son muy heterogéneos, sin embargo, es claro que cuando se agrega a la totalidad de la carga la bidireccionalidad indica que la carga transportada incentiva al crecimiento, tanto de donde fue cargada (origen) como del lugar al que llegó (destino), ya que formará parte de la actividad económica. De la misma forma, la producción en el origen incentiva la carga aérea, pues una parte de la misma se envía por esta vía a otras partes del país o del mundo. La carga doméstica tiene menos impacto que la internacional en la actividad económica (véase figura 2) y registra un menor peso indicando una menor importancia.

Una posible explicación al hecho de que la carga internacional impulse el crecimiento económico podría deberse a las diversas estructuras de producción que existen en cada entidad federativa, pues hay estados en los que la carga que llega o que sale puede tener un alto componente de valor agregado. De la misma forma, la carga que llega a otros países es diferenciada en cada estado, pues algunas entidades requerirán insumos de alto valor agregado o tecnológico y otras que requerirán de mercancía para consumo final de productos que pueden no tener ese alto valor.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo central de esta investigación fue analizar la relación de largo plazo entre la carga transportada por vía aérea y el crecimiento económico a nivel entidad federativa en México en el periodo 1992-2019. Para llevarlo a cabo,

se utilizaron tres pruebas de causalidad ampliamente utilizadas en la literatura revisada: corto plazo, largo plazo y causalidad fuerte de Granger. El total de la muestra utilizada se dividió en carga doméstica y carga internacional, dado que la revisión de la estadística mostró que ambas tenían comportamiento diferenciados particularmente: la carga internacional tuvo un incremento constante en el periodo de estudio, y la carga nacional lo hizo muy poco. El total de la carga mostró la existencia de una relación causal bidireccional, no obstante, al dividir la carga se evidenció que la desagregación impacta en la dirección de la causalidad, puesto que la carga internacional tiene una relación unidireccional impactando en el crecimiento económico de las entidades involucradas. En tanto, la carga nacional se ve influenciada por el crecimiento económico, pero no en sentido contrario, es decir, es unidireccional (posiblemente debido al menor volumen de carga).

Existe un patrón en cuanto a la agregación de la carga, ya que las pruebas de corto plazo y causalidad fuerte de Granger son significativas para tal agregación. Las tres pruebas sólo vuelven a ser significativas para el caso de la carga internacional cuando se habla de la direccionalidad de la carga a crecimiento económico. En todos los demás casos no se reportó que las tres pruebas fueran significativas.

La recomendación de políticas públicas, que se desprende de los resultados obtenidos, se centra en primer lugar, en la bidireccionalidad hallada pues resulta claro que incentivar todo tipo de carga, que entre o que salga de una entidad federativa, incentivará el crecimiento y, a su vez, el crecimiento económico puede estimular los viajes con carga por aire generando beneficios en sectores económicos. El incentivo puede provenir de acciones como invertir en mejorar aeropuertos y servicios complementarios, así como otras modalidades de transporte. La unidireccionalidad hallada para la carga nacional sirve para recomendar que se mantenga la operación de los aeropuertos, y de esta manera el crecimiento de la actividad económica impulsará la operación de estos en el largo plazo, mientras que para la carga internacional conviene llevar acciones que incentiven el aumento de la carga para incentivar el crecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baker, D., Merket, R. y Kamruzzaman, M. (2015). Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography*, 43(1). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.02.001>
- Belloumi, M. (2009). Energy consumption and GDP in Tunisia: cointegration and causality analysis. *Energy Policy*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.027>
- Brida, J., Rodriguez-Brindis, M. y Zapata-Aguirre, S. (2016). Causality between economic growth and air transport expansion: empirical evidence from Mexico. *World Review of International Transportation Research*, 6(1). <https://doi.org/10.1504/WRITR.2016.078136>
- Campos, J. (2012). Impacto de las patentes sobre el crecimiento económico: un modelo de panel cointegrado 1990-2010. *Equidad y Desarrollo*, 18(3). <https://doi.org/10.19052/ed.1790>
- Chang, Y. y Chang, Y. (2009). Air cargo expansion and economic growth: finding the empirical link. *Journal of Air Transport Management*, 15(5). <https://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. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.03.005>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2017). Boletín FAL, 359(7). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43411-transporte-aereo-como-motor-desarrollo-sostenible-america-latina-caribe-retos>
- Corrales, C. y Mendoza, J. (2021). Infraestructuras de transporte y exportaciones en la frontera norte de México. *Revista de Economía*, 38(97). <https://doi.org/10.33937/reveco.2021.216>
- Cruz, I. y Rodríguez, F. (2019). Crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros: un análisis para las entidades federativas. *Estudios Sociales*, 29(53). <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.651>
- De Rus, G., Campos, J. y Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Ed. Antoni Bosch.
- Engel, R. F. y Granger, C. W. (1987). Cointegration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Fernandes, E. y Rodrigues-Pacheco, R. (2010). The causal relationship between GDP and domestic air passenger traffic in Brazil. *Transportation*

- Planning and Tecnology*, 33. <https://doi.org/10.1080/03081060.2010.512217>
- Ghiorghe, B. y Gianina, C. (2013). The causality relationship between the dry bulk market and worldwide economic growth. *Ovidius University Annals. Economic Sciences Series*, XIII(2). <https://ideas.repec.org/a/ovi/oviste/vxiii-y2013i2p2-6.html>
- Hakim, M. y Merkert, R. (2016). The causal relationship between air transport and economic growth: empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography*, 56(1). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.006>
- Holtz-Eakin, D., Newey, W. y Rosen, H. S. (1988). Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56. <https://doi.org/10.2307/1913103>
- Hu, Y., Xiao, J., Deng, Y., Xiao, Y. y Wang, S. (2015). Domestic air traffic and economic growth in China: evidence from heterogeneous panel models. *Journal of Air Transport Management*, 42(2). <https://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.
- Im, K. S., Pesaran, M. H. y Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panel data models. *Journal of Econometrics*, 115(1). [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- Instituto Mexicano del Trasporte (2005). Diagnóstico del transporte de carga aérea en México. Publicación Técnica No. 273. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt273.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Banco de Información Económica. Varios años.
- Isard, W. (1971). *Métodos de análisis regional*. Ariel.
- Johansen, S. y Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with application to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1990.mp52002003.x>
- Koo, T., Limc, C. y Dobruszkesb, F. (2017). Causality in direct air services and tourism demand. *Annals of Tourism Research*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2017.08.004>
- López-Rodríguez, C. y Pardo Rincón, S. (2019). El transporte de carga en el comercio internacional. Análisis comparativo entre Bogotá, Colombia y Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. *Ensayos de Economía*, 29(54). <https://doi.org/10.15446/ede.v29n54.75022>

- Md Mahbubul, H. y Rico, M. (2016). The causal relationship between air transport and economic growth: empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.006>
- Mehmet, A. (2019). Railway *vs.* Highway transport and economics growth: The case of Turkey. *Alphanumeric Journal*, 7(3). <https://doi.org/10.17093/alphanumeric.505636>
- Mora, L. A. (2014). Logística de transportes y distribución de carga. Ecoe Ediciones.
- Mukkala, K. y Tervo, H. (2013). Air transportation and regional growth activity: Which way does the causality run? *Enviroment and Planning*, 45. <https://doi.org/10.1068/a45298>
- Noriega, A. y Fontela, M. (2007). La infraestructura y el crecimiento económico en México. *El Trimestre Económico*, LXXIV(296). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.198.66383>
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(1). <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1653>
- Phillips, P. y Ouliaris, S. (1990). Asymptotic properties of Residual Based tests for Cointegration. *Econometrica*, 58(1). <https://doi.org/10.2307/2938339>
- Rodríguez-Brindis, M., Mejía-Alzate, M. 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(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5572772>
- Sánchez, R. y Weikert, F. (2020). Logística internacional pospandemia. Análisis de la industria aérea y de transporte marítimo de contendedores. *Comercio Internacional*, 162. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46656-logistica-internacional-pospandemia-analisis-industrias-aerea-transporte>
- Sanwei, H., Shan, Y. y Lei, W. (2021). The nexus of transport infrastructure and economic output in city level China: a heterogeneous panel causality analysis. *The Annals of Regional Science*, 66. <https://doi.org/10.1007/s00168-020-01012-3>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (sct). Estadística operacional Origen-Destino. Varios años.
- Shackman, J., Dai, Q., Schumacher-Dowell, B. y Tobin, J. (2021). The interrelationship between ocean, rail, truck and air freighth rates. *Maritime Business Review*, 6(3). <https://doi.org/10.1108/MABR-08-2020-0047>

- Simdi, H. y Tunahan, H. (2015). Should be frightened of change in freight rates? A casualty analysis between international maritime transportation costs and industrial stock markets returns. *Aralik*, 10(3). [https://www.researchgate.net/publication/293896599\\_Should\\_Be\\_Frightened\\_of\\_Change\\_in\\_Freight\\_Rates\\_A\\_Casualty\\_Analysis\\_Between\\_International\\_Maritime\\_Transportation\\_Costs\\_and\\_Industrial\\_Stock\\_Market\\_Returns](https://www.researchgate.net/publication/293896599_Should_Be_Frightened_of_Change_in_Freight_Rates_A_Casualty_Analysis_Between_International_Maritime_Transportation_Costs_and_Industrial_Stock_Market_Returns)
- StataCorp, L. P. (2012). Stata Longitudinal Data/Panel Reference Manual. A Stata Press Publication.