

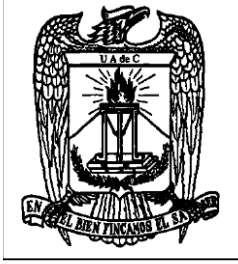
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS**

**TESIS**

TESIS  
2018

JOSÉ FELICIANO RODRÍGUEZ FLORES

**“Relación entre crecimiento económico y  
tráfico aéreo: un análisis para las entidades  
federativas de México”**



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS

MAESTRIA EN ECONOMÍA REGIONAL

TESIS

**“Relación entre crecimiento económico y tráfico aéreo: un análisis para las entidades federativas de México”**

que se presenta como requisito parcial para obtener  
el grado de Maestro en Economía Regional

**JOSÉ FELICIANO RODRÍGUEZ FLORES**

Comité Evaluador:

Director: Dr. Ignacio Javier Cruz Rodríguez  
Codirector: Dr. David Castro Lugo  
Lector: Dra. Alba Verónica Méndez Delgado

Saltillo, Coahuila.

Agosto de 2018

## Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
Preguntas de Investigación .....	7
Objetivos.....	7
Hipótesis .....	7
CAPÍTULO 1 .....	8
1. Marco teórico y conceptual .....	8
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Relevancia del transporte para la economía mundial.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Transporte aéreo y crecimiento económico .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1 El tráfico de transporte aéreo como determinante del crecimiento económico.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.2 El crecimiento económico como determinante del tráfico de transporte aéreo.....</b>	<b>20</b>
CAPÍTULO 2 .....	23
2. Causalidad entre crecimiento económico y demanda de transporte aérea .....	23
<b>2.1 Casos empíricos sobre causalidad entre crecimiento económico y tráfico aéreo.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Transporte aéreo y actividad económica en las entidades federativas de México.....</b>	<b>27</b>
CAPÍTULO 3 .....	37
3. Marco Metodológico y selección de datos .....	37
<b>3.1 Datos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.1. Estados Centrales y Estados no Centrales .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Metodología.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.1. Prueba de raíz unitaria para panel de datos.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.2 Pruebas de cointegración para panel de datos.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.3 Prueba de Causalidad .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.4. Causalidad de Largo Plazo .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.5. Causalidad de Corto Plazo .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.6. Prueba fuerte de causalidad de Granger.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.7. Modelos autorregresivos (VAR).....</b>	<b>49</b>
CAPÍTULO 4 .....	52
4. Resultados empíricos.....	52
<b>4.1 Resultados de la prueba de raíz unitaria.....</b>	<b>52</b>

<b>4.2 Resultados de las pruebas de cointegración</b> .....	53
<b>4.3. Resultados de Causalidad</b> .....	55
<b>4.4. Resultado de causalidad. Modelo autorregresivo (VAR)</b> .....	63
CONCLUSIONES .....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	72
ANEXOS .....	78

### **Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1. Movimiento de pasajeros aéreos (PAS) y evolución del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en México (ITAE). Número de Personas y el Indicador en base al 2008. ....	29
Ilustración 2. Movimiento de carga por vía aérea (CAR) y evolución del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en México (ITAE). Kilogramos de Carga y el Indicador en base al 2008. ....	30
<i>Ilustración 3. Tasa Media de crecimiento anual del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en las entidades federativas de México. 2003-2017.</i> .....	31
Ilustración 4. Tasa Media de crecimiento anual de pasajeros transportados por vía aérea en las entidades federativas de México. 2003-2017. ....	32
Ilustración 5. Tasa Media de crecimiento anual de carga transportada por vía aérea en las entidades federativas de México. 2003-2017 .....	33
Ilustración 6. Porcentaje de pasajeros transportados por vía aérea en las entidades federativas de México, 2017. ....	35
Ilustración 7. Porcentaje de carga transportados por vía aérea en las entidades federativas de México, 2017. ....	35
Ilustración 8. Raíces autorregresivas del polinomio característico AR. ....	65
Ilustración 9. Función impulso-respuesta del lnCAR ante un aumento de 1% en lnITAE. ....	65
Ilustración 10. Función impulso-respuesta del lnITAE ante un aumento de 1% en lnCAR. ....	66

### **Índice de Tablas**

Tabla 1. Estadística Descriptiva del panel de datos. ....	39
Tabla 2. Resultados de la prueba de raíz unitaria de la unidad de panel .....	53

Tabla 3. Resultados de la prueba de cointegración residual de Pedroni (between-dimension).....	54
Tabla 4. Prueba de rango de cointegración para panel de Johansen Fisher (traza y eigenvalor máximo).....	55
Tabla 5. Criterios de Información para la elección de rezagos óptimos VECM. ....	56
Tabla 6. Resultados de la causalidad a largo plazo para PAS e ITAEE.....	57
Tabla 7. Resultados de la causalidad a largo plazo para PAS e ITAEE en los Estados Centrales. ....	59
Tabla 8. Resultados de la causalidad a largo plazo para PAS e ITAEE en los Estados No Centrales. ....	61
Tabla 9. Resumen de las relaciones causales y la dirección de causalidad.....	62
Tabla 10. Criterios de Información para la elección de rezagos óptimos VAR. ....	64
Tabla 11. Prueba Jarque-Bera de normalidad sobre las perturbaciones.....	67
Tabla 12. Prueba de White de homocedasticidad sobre las perturbaciones.....	67
Tabla 13. Estimación del VAR para las series de ITAEE y CAR.....	78



## INTRODUCCIÓN

La formación de cadenas de producción global y la liberalización comercial en gran parte de los países del mundo, han facilitado la rápida integración de los mercados a nivel mundial. En consecuencia, se ha propiciado una mayor interacción económica y social entre países y por supuesto entre regiones, derivado del incremento del flujo de capital, personas y mercancías que se mueven alrededor del mundo. Para México las relaciones económicas y sociales con el exterior simbolizan una parte sustancial de su estructura. De acuerdo con el Banco Mundial, para el 2016 el comercio exterior y la inversión extranjera directa en México representaban más del 70% del valor del Producto Interno Bruto (PIB) nacional.

Ante el incremento de la interacción económica entre países la infraestructura y servicios de transporte se han postulado como un soporte fundamental para el buen funcionamiento de la actividad económica regional, ya que la conectividad y accesibilidad en un entorno globalizado desempeñan la base material que permite la interacción con mercados externos.

Bajo esta perspectiva se ha desarrollado un debate académico y político sobre la conexión entre la infraestructura y servicios de transporte y el crecimiento económico local. Aunque la discusión engloba a las distintas modalidades de transporte (terrestre, marítimo y aéreo), el desarrollo de sistemas de transporte aéreo se ha permeado como uno de los condicionantes con mayor relevancia para la movilidad a nivel global, sobre todo porque presenta una serie de particularidades que lo distinguen, como las largas distancias que puede recorrer empleando un menor tiempo de viaje y la tecnología de punta que utiliza para su operación.

El transporte aéreo tiene elementos propios cuya actividad económica presenta relaciones teóricas y empíricas con el crecimiento económico a nivel regional y nacional. Por ejemplo, la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura aeroportuaria demanda una inversión considerable de recursos monetarios y humanos que pueden repercutir decisivamente en la dinámica local. De acuerdo con el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México la construcción del nuevo aeropuerto de la misma ciudad tendrá un

costo de alrededor de 13,000 millones de dólares<sup>1</sup>, un derrame importante de recursos que puede influir en el crecimiento económico tanto en el corto como en el largo plazo.

Además, el desarrollo de infraestructura de transporte aéreo otorga una ventaja comparativa a los espacios donde se localiza, derivado de una accesibilidad superior que expone una región respecto a otras. De esta manera, el transporte aéreo tiene implicaciones espaciales y puede fomentar el crecimiento de la actividad económica local desde diferentes frentes de forma indirecta.

Por un lado, el eficiente acceso a mercados externos es uno de los elementos más importantes en la toma de decisiones de emplazamientos productivos, por lo que el desarrollo de infraestructura de transporte puede incentivar la atracción de inversión extranjera directa y con ello, promover el crecimiento económico.

Por otro lado, el transporte aéreo representa y facilita la movilidad de personas a largas distancias, ya sea por motivos de trabajo, ocio o de cualquier otra índole. Dentro de los incentivos a la movilidad se puede hacer referencia a las actividades turísticas, las cuales, han representado una fuente de ingresos adicionales que llegan a impactar significativamente en el crecimiento económico local, ya que tiene la capacidad de producir efectos multiplicadores en actividades conexas como los servicios de alojamiento, alimentación y comercio. La actividad turística en México ha logrado establecerse como una parte importante en la construcción del PIB, llegando a representar el 8.7% del total nacional<sup>2</sup>.

En general el desarrollo de infraestructura de transporte aéreo mejora la competitividad regional y puede producir efectos directos e indirectos sobre el crecimiento económico si se logra articular con la dinámica local.

Sin embargo, también es lógico pensar que el desempeño económico local sea el que marque la pauta para fomentar el desarrollo de infraestructura y servicios aeroportuarios, es decir, que el crecimiento económico de las actividades productivas e ingresos locales demande una expansión y una mayor vinculación con las regiones externas, lo que tendería a incentivaría el desarrollo del transporte.

---

<sup>1</sup> Véase: GACM, [http://www.aeropuerto.gob.mx/obras\\_preliminares\\_estudios.php](http://www.aeropuerto.gob.mx/obras_preliminares_estudios.php)

<sup>2</sup> Véase: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)<Cuentas Nacionales<Turismo. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/tur/default.aspx>

De esta manera, existe la posibilidad teórica de presenciar una relación causal entre el crecimiento económico y el tráfico aéreo en cualquier dirección, es decir, que cualquiera de las dos variables puede producir efectos en el comportamiento de la otra, ya sea en un sólo sentido (del crecimiento económico al tráfico aéreo o viceversa) o que se presente una relación con reciprocidad, creando un círculo virtuoso entre variables.

Es de gran relevancia la precisión en la determinación de la direccionalidad de la relación causal entre crecimiento económico y el tráfico aéreo, sobre todo para la planificación privada y en la toma de decisiones del sector público, ya que la intervención de política en el fomento de desarrollo de infraestructura o crecimiento económico se puede desviar o tener poco impacto si no se conoce que variable influye sobre la otra.

Esta investigación se centra en esta disyuntiva teórica, por lo que busca analizar empíricamente la relación entre el crecimiento económico y el tráfico aéreo, enfocándose en determinar la direccionalidad de la posible relación causal entre variables. Para ello, el estudio se enfoca en las entidades federativas de México, en un periodo de tiempo que va desde el primer trimestre de 2003 a el cuarto trimestre de 2017.

Como se verá más adelante, las entidades federativas de México presentan una gran heterogeneidad en su proporción y dinámica tanto de crecimiento económico como de tráfico aéreo, por lo que resulta interesante contrastar si existen resultados diversos en la relación y direccionalidad entre ellas, por lo que el análisis se abordara desde una perspectiva regional.

El documento se divide en tres capítulos. En el primero se revisan las conexiones teóricas que hay entre la economía del transporte y el crecimiento económico, subrayando los elementos que permitirán soportar el análisis cuantitativo posterior. En el segundo capítulo se revisa la literatura empírica al respecto buscando encuadrar los resultados diversos para poder establecer una referencia que permita el comparativo con los obtenidos en este documento. En el tercer capítulo se presenta un análisis econométrico que integra pruebas de raíz unitaria, cointegración, vector de corrección de errores y vectores autorregresivos, así como pruebas fuertes de causalidad de Granger para analizar la relación entre las variables tanto en el corto como en el largo plazo. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## **Preguntas de Investigación**

- ¿Existe una relación causal en el corto y largo plazo entre crecimiento económico y el tráfico de transporte aéreo en las entidades federativas de México?
- ¿En qué sentido se muestra la direccionalidad de la relación causal?
- ¿Existe un patrón regional entre los resultados de direccionalidad causal?

## **Objetivos**

- Proporcionar evidencia empírica que valide o rechace una relación causal en el corto y largo plazo entre crecimiento económico y el tráfico de transporte aéreo para las entidades federativas de México en un periodo de tiempo que abarca los años de 2003 al 2017.
- Determinar la direccionalidad de la relación causal tráfico aérea/crecimiento económico a nivel estado.
- Identificar si existe un patrón regional en la direccionalidad de la relación causal tráfico aérea/crecimiento económico a nivel estado que nos permita delimitar si la capacidad y tráfico aéreo repercuten en dicha dirección.

## **Hipótesis**

- Se espera que las entidades federativas de México presenten una relación causal entre la demanda de transporte aéreo y crecimiento económico, aunque la direccionalidad puede variar entre ellas.
- Para los estados con un alto tráfico aéreo, se espera una relación bidireccional, donde el crecimiento económico incentive el aumento de la demanda local de tráfico aéreo y a su vez el tráfico aéreo contribuya al desempeño económico.
- Para los estados con una baja actividad del transporte aéreo se espera una relación positiva unidireccional, que se mueva de la dinámica de tráfico aéreo al crecimiento económico.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. Marco teórico y conceptual**

#### **1.1 Introducción**

El presente capítulo busca establecer las conexiones teóricas que explican las formas en las que se puede relacionar el tráfico de transporte aéreo y el crecimiento económico, con el fin de obtener un panorama más amplio de dicha relación. Para ello se inicia con una breve exposición sobre la relevancia del desarrollo del transporte para la economía mundial y regional. Posteriormente para profundizar en los elementos teóricos, se ha subdividido el capítulo en dos apartados, en el primero se plantean las variables asociadas a la actividad económica del transporte aéreo que pueden influenciar el comportamiento del crecimiento económico, mientras que en el segundo apartado se exploran las variables que pueden impactar a la actividad transportista desde la dinámica económica.

#### **1.2 Relevancia del transporte para la economía mundial.**

Una de las características esenciales de los medios de transporte es su capacidad de romper con las barreras físicas entre lugares (espacio-tiempo), las cuales pueden llegar a limitar la interacción económica y social entre regiones y obstaculizar la expansión de sus mercados. La contribución más importante del transporte en la economía mundial e incluso en la regional puede abordarse desde el punto de vista de la conectividad y accesibilidad (Ramos, 2011).

De acuerdo con Andalucía (2001) el transporte puede integrarse en un sistema económico como un servicio intermedio que puede repercutir tanto en la maximización del beneficio empresarial como en la maximización de la utilidad de los individuos. Por un lado, el transporte facilita la vinculación de los productores con sus fuentes de suministro y con los mercados objetivo, permitiéndoles acceder a una cartera más amplia de insumos y consumidores. Mientras que a los individuos les permite expandir sus posibilidades de consumo, ofertas laborales y actividades de recreación.

La participación del transporte en la economía mundial ha crecido exponencialmente gracias al debilitamiento de los modelos proteccionistas de mercado que caracterizaron a una gran parte de las economías del mundo durante el siglo XX. Mediante la reducción de los procesos coercitivos de intervención estatal y la disminución de la regulación económica se permitió una mayor integración económica mundial (Franco y Di Filippo, 1999).

La caída de las tarifas arancelarias, así como la reducción de las barreras a la inversión han permitido una mayor libertad al flujo de personas y mercancías que se movilizan a nivel global. En consecuencia, la conectividad del espacio ha incorporado una gran relevancia dentro de los sistemas económicos y sociales, demandando servicios de transporte en mayor cantidad y calidad. Por lo tanto, es fácil reconocer que la infraestructura y los servicios de transporte juegan un papel preponderante en la conformación del desarrollo para los países y las regiones (Button, 2008).

A la par de la liberalización económica mundial, la estructura de los sistemas productivos ha desarrollado una reestructuración gradual en su funcionamiento, fomentando la dispersión e internacionalización de los procesos productivos. Esto supone un esquema en el que varios países intervienen en la elaboración y comercialización de un producto, lo que generalmente se conoce como eslabonamientos productivos o cadenas de valor transnacional (Capdevielle, 2005).

La desarticulación del proceso productivo ha incentivado la formación de una industrialización difusa, que ha promovido el desplazamiento de actividades productivas hacia lugares que no se consideraban centros tradicionalmente industriales. Según Vázquez Barquero (2009) el desplazamiento de la actividad industrial está relacionado con la optimización de los recursos empleados y la localización se presenta en espacios donde su función de producción tiende a minimizar costos. La distribución de los sistemas productivos ha modificado la composición y especialización del espacio promoviendo la complementariedad entre agentes económicos.

Desde una perspectiva teórica, Paul Krugman (1996) habla sobre la ventaja económica del comercio intraindustrial a nivel mundial, en el que una de las principales estrategias que sustentan el crecimiento económico regional se desprende de la integración efectiva al comercio internacional, mediante la atracción o localización productiva. Si bien, la teoría económica desde sus inicios ha tratado de establecer los elementos causales en la toma de decisión de la localización productiva<sup>3</sup>, los trabajos de Krugman (1991) se han considerado como un parteaguas en los análisis económicos modernos, ya que a partir de estos se ha prestado una mayor atención a los estudios de

---

<sup>3</sup> Véase (Duch Brown, 2005). Para la escuela alemana, la localización industrial estaba influida por los costos de transporte y el tiempo de viaje, los cuales se conjugaban para obtener la localización óptima que maximizara el beneficio. Para Marshall, los costos de transporte y la distancia al mercado objetivo eran uno de los mayores determinantes de la localización industrial.

ámbito espacial, sobre todo a la hora de identificar los determinantes de la distribución de las actividades económicas.

Bajo este razonamiento profundiza Fujita, Krugman y Venables (1999) quienes realizan una compilación de sus trabajos conformando la conceptualización teórica de lo que se conoce como la Nueva Geografía Económica, para la cual, la localización industrial está influida por el perfil productivo espacial, la distancia al mercado y la movilidad de los factores. Es bajo este marco en donde los costos de transporte toman relevancia en la conformación de la distribución productiva.

Los espacios económicos incorporan algunos elementos propios que les permite ser más atractivos para la localización industrial, denominados por Fujita, et al. (1999) como “Fuerzas Centrípetas”, las cuales permiten concretar un proceso de concentración geográfica de los agentes económicos en regiones donde se producen rendimientos crecientes a escala y externalidades positivas sobre la producción, como lo son los *spillovers* de conocimiento, la concentración de fuerza laboral calificada o la dotación de infraestructura local. Esta última permitirá la reducción de los costos de transporte y también del factor tiempo. Dicha disminución de los costos de transporte posibilitará la concentración productiva en un espacio geográfico, por lo que las zonas con buen acceso a los mercados externos desarrollaran una ventaja comparativa en relación con algunas regiones donde la oferta de servicios de transporte esta poco desarrollada.

La reducción en los costos de transporte se concibe como un precursor para fomentar la aglomeración productiva local, la cual a su vez puede promover el crecimiento económico. Con ello, surge la posibilidad de que ciudades y regiones cada vez más pequeñas puedan ser receptoras de inversión extranjera directa y promover el crecimiento económico mediante el desarrollo de infraestructura de transporte y de la capacidad de sus factores. (Chica, et al., 1994).

Sin embargo, si una región enfrenta altos costos de transporte como resultado de una inadecuada dotación de infraestructura o llega a presentar rendimientos decrecientes derivado de su estructura productiva, es difícil que se genere un proceso de concentración industrial, dado que la dispersión de las actividades económicas será más rentable. Los espacios bajo estas condiciones estarán presenciando un desarrollo de “Fuerzas centrifugas”, las cuales como se ha dicho, están relacionadas con los costos de transporte y los costos de los factores. Este proceso también se denomina *deseconomías* de

aglomeración, en donde las firmas tenderán a localizarse más cerca del mercado objetivo (Ramos, 2011).

De esta manera, la liberalización económica y la dispersión de los procesos productivos han multiplicado la preponderancia de la infraestructura y servicios de transporte sobre la economía mundial y regional. En la primera, el desarrollo de infraestructura de transporte se presenta como una necesidad, ya que incrementaría la accesibilidad (mediante la reducción de tiempo de viaje) y permite la libre circulación de bienes y personas. Para el segundo, la composición del transporte desprende un doble propósito: 1) para las empresas se conforma como un insumo que les permite la reducción de costos, expandiendo el ratio de localización industrial óptima y 2) para el espacio económico, el desarrollo de transporte se permea como una posibilidad de crecimiento económico, derivado de la competitividad regional.

De acuerdo con Button (2008), el proceso de integración económica mundial ha presentado oportunidades de crecimiento para las economías regionales poco desarrolladas, las cuales no podrían ser aprovechadas si no se desarrolla la infraestructura y los servicios de transporte que ofrezcan las óptimas redes de vinculación y el armonioso flujo de factores, servicios y mercancías. Además, señala que el desarrollo de transporte local requiere complementariedad en base a la estructura económica y de factores para poder potenciar el desarrollo de los sistemas económicos locales.

En el apartado siguiente se estudiará en específico como se puede producir teóricamente la relación entre el transporte aéreo y el crecimiento económico. Se procederá a explicar las variables que pueden impulsar a que el tráfico aéreo produzca efectos sobre el crecimiento económico y también el caso en el que el crecimiento sea la variable que impacte sobre el desenvolvimiento de la actividad del transporte aéreo.

### **1.3 Transporte aéreo y crecimiento económico**

Diversos estudios han demostrado la persistencia de una relación entre el tráfico de transporte aéreo y el crecimiento económico. Por ejemplo, Profillidis y Botzoris (2015) examinaron el grado de vinculación entre el flujo de pasajeros transportados por vía aérea y el PIB a nivel mundial, un estudio que se realizó tanto de manera agregada como para las distintas áreas geográficas del mundo, tomando como referencia la clasificación del Banco Mundial (América del Norte, Europa y Asia Central, Asia Oriental y Pacífico, el

Sur de Asia, América Latina y Caribe, Oriente Medio y el Norte de África, África subsahariana). Sus resultados reconocieron la existencia de una relación positiva entre el transporte de pasajeros aéreos y la actividad económica a nivel mundial, tanto de forma agregada como para las distintas áreas geográficas del mundo, aunque el coeficiente de determinación resultó ser más fuerte y significativo para áreas con un mayor grado de desarrollo como Europa, Norteamérica y Asia del Pacífico.

En el mismo sentido, Goetz (1992) buscó comprobar la interdependencia entre los patrones de crecimiento urbano con la evolución de la demanda de transporte aéreo, tomando como referencia los cambios en la población, el empleo y los flujos de pasajeros *per cápita* en las 50 áreas metropolitanas más grandes de Estados Unidos de América (EUA). Su análisis ratifica que el mayor nivel de flujos de pasajeros transportados por vía aérea presenta efectos positivos sobre el crecimiento urbano experimentado.

Otra rama de la literatura que estudia la relación entre estas dos variables ha considerado a la infraestructura y servicios de transporte como un elemento más de una función de producción. Bajo este enfoque se pueden hacer referencia a Allroggen y Malina (2014), quienes incluyen a la infraestructura de transporte aéreo (aeropuertos y tráfico aéreo) en una función de producción tipo Cobb-Douglas para estimar la influencia de esta modalidad en el dinamismo económico para 19 zonas administrativas de Alemania. Los resultados muestran una relación positiva entre las variables, aunque las zonas que contenían una mayor dinámica aérea mostraron una mayor elasticidad en el crecimiento.

Por su parte Duffy-Deno y Randall (1991) estudian la relación entre la infraestructura pública y el ingreso per cápita, incluyendo a la primera en una función de producción. Sus resultados justifican que la inversión pública en infraestructura ensancha la posibilidad de obtener ingresos superiores.

En literatura económica también se han realizado estudios que integran a la infraestructura de transporte aéreo en una función de costos. Berndt y Hansson (1992) evalúan la contribución del capital de infraestructura pública en la productividad de Suecia. Mediante la aplicación de una función de costo, encuentran una relación entre las variables y determinan que el aumento en el capital de infraestructura reduce considerablemente los costos del sector privado, incentivando su crecimiento y desarrollo.

Sin embargo, el reconocimiento o afirmación de una relación de dependencia de una variable respecto a otra no implica una relación de causalidad necesariamente, mejor dicho, no nos indica la precedencia de una variable respecto a otra (Montero, 2013). Kendall y Stuart (1961) citado en Gujarati y Porter (2010) declaran que una relación estadística por mas fuerte y sugerente que sea, no puede establecer una conexión causal, pero si se involucran análisis de series de tiempo o panel de datos es posible conformar una relación causal dado que: si un acontecimiento X se contempla antes que un acontecimiento Y, es posible que X cause a Y, es decir, que los eventos pasados pueden repercutir en los sucesos actuales (Granger & Lee, 1989). También es posible que dos variables se relacionen en el corto plazo y que no soporten evidencia de su relación a largo plazo.

Además, se necesitan análisis complementarios para determinar la direccionalidad de una posible relación causal (Toda & Phillips, 1993). Es preciso mencionar que la direccionalidad entre el tráfico aéreo y el crecimiento económico se puede dar de diversas maneras:

- 1) El crecimiento económico produzca efectos sobre el tráfico de transporte aéreo;
- 2) El transporte aéreo sea el que ayude a explicar una parte del crecimiento económico;
- 3) Que se presente una relación causal bidireccional en la cual las dos variables sean explicadas una por la otra;
- 4) Por último, la literatura reporta la posibilidad de que no se produzca una relación causal entre variables en ningún sentido.

Es por ello, que en los siguientes apartados se pretende ampliar la discusión teórica de cómo se pueden presentar las diferentes posibilidades de direccionalidad de la relación causal entre el tráfico aéreo y el crecimiento económico, analizando las variables que lo pueden producir.

### **1.3.1 El tráfico de transporte aéreo como determinante del crecimiento económico.**

Como se mencionó en el apartado anterior, existen cuatro posibilidades teorías en las que se puede presentar la direccionalidad de la relación causal entre transporte aéreo y crecimiento económico. En consecuencia, esta sección se abordará los aspectos

inherentes del transporte aéreo que pueden producir efectos directos e indirectos sobre la dinámica económica en general.

En un estudio desarrollado por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) y la consultora de Oxford Economics en el 2009, se identificó algunos de los efectos esenciales que la economía puede experimentar como consecuencia de la actividad económica aérea transportista. En dicho análisis se destacan por un lado los efectos directos, que hacen referencia al empleo e ingresos generados por la construcción, operación y mantenimiento de un aeropuerto y por otro lado, los impactos indirectos, inducidos y catalizadores que se pueden producir, entre los que se puede mencionar:

- 1) La conectividad entre empresas podría enriquecer la productividad total de los factores mediante el fomento de la inversión y la innovación;
- 2) Incentiva el turismo nacional e internacional;
- 3) Permite a las empresas atraer empleados de alta calidad;
- 4) Impulsan la generación de empleo;
- 5) Mejora el comercio internacional;
- 6) Facilita la operación de negocios y la eficiencia;

Varios de los puntos anteriores hacen referencia al impacto en el desempeño de las empresas por parte del transporte aéreo, por lo que el siguiente apartado abordará algunos puntos destacables de esta relación.

### **1.3.1.1 La industria y el transporte aéreo**

De acuerdo con Marshall (1890), uno de los componentes del éxito económico de un país o en su caso de una región depende, al menos en parte, de la formación de procesos productivos especializados en un sector determinado y concentrados en zonas geográficas. Además, una vez encaminada la formación de gremios industriales de un espacio económico, podrían auto reforzarse por las economías de localización dentro de las que se encuentran: 1) la atracción de industrias intermedias, 2) la creación de una masa de trabajadores especializados, 3) el desarrollo de maquinaria especializada y 4) la difusión del conocimiento y tecnología entre empresas locales. Bajo este enfoque, se

produciría una atmósfera industrial que mejoraría la competencia regional y las perspectivas de crecimiento económico.

Un siglo después a los postulados teóricos de Marshall, los economistas, urbanistas y geógrafos han revalorizado la aglomeración productiva en pro de la especialización y la competitividad empresarial. Sin embargo, a pesar de la aglomeración productiva sectorial en espacios específicos, las relaciones industriales a distancia han crecido como resultado de un cambio en la localización productiva por el espacio y la formación de cadenas de suministro globales (Sosnovskikh, 2017).

Las cadenas de suministro se basan en el desarrollo de centros y subcentros de producción dispersos en el espacio económico. Las etapas de la producción son trasladadas o subcontratadas hacia lugares donde la función de costos pueda disminuir o la productividad pueda mejorar, impulsando las relaciones intrarregionales a nivel mundial (Duch Brown, 2005). Además, en palabras de Dorta (2013: 4) “una economía globalizada implica transportar cada vez más productos o insumos a mayores distancias, en donde los plazos de entrega suelen ser muy rigurosos y exactos, sobre todo en modelos de producción *just in time* que no permiten la distribución tardía o malograda de mercancías entre firmas”.

Es por esto, que en la logística de la organización de las actividades industriales resulta cada vez más importante tener en cuenta la disponibilidad, la calidad y el costo de los servicios de transporte, sobre todo en la toma de decisiones de localización de plantas, almacenes y centros operativos (Lindsey, et al., 2014, p. 98). Una buena gestión logística por parte de las firmas puede mejorar la frugalidad de los recursos y el tiempo empleado, ya que una óptima articulación de los centros de producción puede disminuir los costos de vinculación, entre los cuales se encuentran la gestión de inventarios, los fletes de transporte, los seguros y el almacenamiento de mercancías.

Desde esta perspectiva, los sistemas de transporte se permean como un elemento que puede influir en las decisiones de localización industrial, sobre todo porque representan la base material que permite la articulación entre centros y subcentros de producción, así como una garantía para el acceso a mercados. Una encuesta realizada a los directores de las 500 empresas más importantes de Estados Unidos publicada en la revista *Fortune 500*, reveló que el 80% no se localizaría en una región que no contara con servicios de transporte aéreo (Dokmeci & Betul, 1998).

Dadas las implicaciones que el desarrollo de infraestructura de transporte puede tener en los espacios económicos, ha surgido un renovado interés por el estudio de la relación entre la localización industrial y los servicios de transporte. La evidencia empírica admite que las zonas o regiones con una mejor gestión de una adecuada dotación de infraestructura de transporte y de centros logísticos de accesibilidad fomentan un entorno primordial para la localización industrial.

En esta sintonía puede verse el caso de Lindsey, et al. (2014), quienes analizan la influencia que tiene la mejora en la accesibilidad local mediante el desarrollo de infraestructura de transporte en las decisiones de localización industrial en 20 zonas metropolitanas de Estados Unidos. Sus resultados reafirman la prevalencia de una relación positiva y estadísticamente significativa entre la demanda de espacio industrial y los centros de distribución de carga, sugiriendo que la medida que aumenta la calidad de la conectividad metropolitana también lo hace la localización industrial. Estos resultados son congruentes con otras investigaciones en las que se incluye a la de Cidell (2010), en donde se comprueba que las compañías que ofrecen servicios de almacenamiento y transporte han tendido a descentralizarse y suburbanizarse en el entorno norteamericano, lo que a su vez, ha aumentado la localización industrial en estas áreas.

En este contexto es de interés resaltar que uno de los servicios de flete más importantes para la economía mundial es sin duda el transporte aéreo, sobre todo cuando se involucra el traslado de bienes y mercancías a grandes distancias, debido a la velocidad y fiabilidad que ofrece esta modalidad de transporte (Dargay & Clark, 2012, p. 576).

El transporte aéreo de insumos y bienes se ha supeditado a la movilidad de carga relativamente pequeñas con poco peso o volumen, pero que involucran una demanda urgente de entrega y que además conllevan un alto valor económico. El Air Transport Action Group (ATAG, 2016) reporta que la aviación sólo transporta alrededor del 1% del volumen físico total del comercio mundial, sin embargo, este 1% representa cerca del 35% (6.4 billones de dólares en 2014) del valor total del comercio.

Por lo tanto, las posibilidades de utilizar servicios de transporte aéreo amplía las oportunidades de interacción, por lo que una economía puede beneficiarse de esto para aprovechar las oportunidades de expansión de la producción mediante la distribución rápida de bienes y servicios que involucran sobre todo una alta sensibilidad al tiempo y que incorporan un alto valor económico (Aldonat Beyzatlar, et al., 2014).

### **1.3.1.2 Turismo y transporte aéreo**

En las últimas décadas las actividades recreativas como el turismo se han incorporado en la vida social moderna como una parte esencial del desarrollo de las relaciones humanas, lo que ha incentivado la movilidad temporal de personas hacia diversas áreas geográficas, sobre todo de las que gozan de una importante dotación de factores que resultan atractivas para este sector, dentro de las que se encuentran: los recursos naturales, el patrimonio cultural, el desarrollo artístico y de recursos humanos (Kooa, et al., 2017).

A la par, el turismo se ha convertido en un referente de crecimiento económico regional, como resultado de la inyección de recursos por parte de los visitantes en las economías locales. Además, las erogaciones de los turistas pueden desarrollar efectos multiplicadores en la estructura de la actividad económica local, ayudando a promover diversas actividades como el restaurantero, hotelería, transportes, actividades de esparcimiento y en general mejorando la posibilidad de empleo e ingresos en las zonas relacionadas (Andalucía, 2001).

La literatura empírica que versa sobre el impacto del turismo en el crecimiento económico es abundante y parece concluyente. Estudios para países como México, Loría y Sánchez (2016) y España, Lara y López Guzmán (2004) logran corroborar el efecto positivo y estadísticamente significativo que la llegada de visitantes internacionales tiene sobre el desempeño económico y su consecuente efecto en la reducción del desempleo global.

De acuerdo con García Shiaffin (2012) la consolidación del sector turístico como promotor del crecimiento económico requiere de una adecuada dotación de infraestructura y servicios de transporte, ya que el turismo es una actividad que implica por naturaleza el desplazamiento a una zona distinta a la de residencia.

La accesibilidad local es uno de los elementos esenciales que logran forjar la explotación y aprovechamiento de los recursos turísticos y está ligado a la utilidad de los usuarios, es por esto que la ausencia de infraestructura y servicios de transporte puede dificultar las posibilidades de desarrollo de la actividad turística y por ende del crecimiento económico local (De Rus y León, 1997).

En específico, la promoción del sector turístico sustenta una alta sensibilidad hacia los servicios de transporte aéreo, sobre todo cuando el destino de viaje involucra la

movilidad a largas distancias. La relación precio/distancia de esta modalidad de transporte representa costos menores y un ahorro de tiempo considerable para los usuarios. Según el ATAG (2014) el 54% del total de turistas internacionales viajan por sistemas de transporte aéreo.

Estudios recientes como el de Rehman Khan, et al. (2017), quienes analizan a 19 países con una fuerte dinámica turística, han demostrado empíricamente la persistencia de una fuerte correlación entre el turismo y el transporte aéreo, sugiriendo que la segunda mejora la atracción de visitantes. Por su parte, Kooa, et al. (2017) confirman la existencia de una relación causal bidireccional entre el turismo y el tráfico aéreo de pasajeros en Australia, es decir, que las variables se impulsan mutuamente.

Bajo esta perspectiva, la buena dotación de infraestructura y servicios operativos de transporte aéreo pueden impulsar el crecimiento económico local de manera indirecta, a través del impacto que la mejor accesibilidad de los espacios regionales tiene en el desarrollo del sector turístico.

### **1.3.1.3 Movilidad internacional del factor trabajo y transporte aéreo**

Como se ha discutido en apartados anteriores, el desarrollo de infraestructura y servicios de transporte aéreo puede repercutir en la dinámica de crecimiento económico local de forma indirecta, mediante el incremento de la competitividad de los espacios regionales y por su capacidad para facilitar el desarrollo de actividades turísticas o la formación de agrupamientos productivos, dependiendo de las características de la estructura económica local.

En la misma sintonía, el desarrollo de infraestructura de transporte aérea puede facilitar la movilidad geográfica de las personas, ya sea por razones laborales o educativas, hacia zonas donde se produce un mayor dinamismo económico u ofertas de especialización y profesionalización (Button, 2008).

Una característica de los individuos es que suelen reaccionar ante incentivos económicos, por lo cual, la posibilidad de incrementar las perspectivas de ingreso puede determinar la ubicación de la residencia laboral. En torno a esta perspectiva, la accesibilidad local funge también como un incentivo de movilidad laboral, dado que el factor distancia o mejor dicho el tiempo empleado de transporte podría dificultar estos

desplazamientos. Es por esto, que se pone énfasis en la relevancia de la infraestructura de transporte sobre la movilidad laboral, dado que el primero es el soporte material y el medio que propicia o permite alcanzar al segundo (Ramírez Velázquez, 2009).

La movilidad laboral, no solo considera la migración permanente, sino que involucra el desplazamiento temporal de los individuos, el cual ha ido incrementando gradualmente en las últimas décadas como resultado de una mayor promoción de la flexibilización geográfica del mercado laboral. Button y Taylor (2000) argumentan que la reducción en el tiempo y los costos en transporte han contribuido a la formación de una red laboral mundial, que se basa en la contratación temporal o de corto plazo de personal externo.

De acuerdo con Faggian, et al. (2014) el incremento de la movilidad laboral o educativa ha sido posible gracias al desarrollo de los medios de transporte aéreo, dado que se considerada como la modalidad de transporte más rápida, cómoda y segura en viajes a larga distancia y sobre todo por la valoración subjetiva del tiempo y la disposición a pagar por el ahorro de tiempo de viaje.

La literatura al respecto sugiere que tanto la movilidad nacional o internacional de factor trabajo es altamente sensible a la existencia de infraestructura de transporte aéreo. Por ejemplo, Mabit, et al. (2013) estudian las preferencias de viajes internacionales entre modalidades de transporte en algunas ciudades y países de Europa. El análisis se basa en un modelo de elección discreta que tuvo como objetivo estimar el valor que le dan los viajeros tanto al ahorro de tiempo como a los costos relacionados, identificando el tipo de viaje que se realiza. Sus resultados muestran una correlación positiva entre el costo y el ahorro de tiempo de viaje. Además, el transporte por vía aérea se determinó como la modalidad preferida cuando el viaje involucra el desplazamiento a larga distancia o cuando se da de forma temporal o por negocios.

Por el lado de la movilidad estudiantil se pueden mencionar a Cattaneo, et al. (2016), que investigan el papel de los servicios de transporte aéreo como incentivo para la movilidad estudiantil en universidades italianas. Los resultados muestran que el flujo de estudiantes universitarios de origen provincial que viven al menos a 300 km de distancia de su universidad es mayor cuando se conjugan con la disponibilidad de servicios aéreos, sobre todo cuando las compañías aéreas de bajo costo ofrecen rutas a los universitarios entre sus provincias y las ciudades que contienen universidades.

En el mismo sentido Comunian, et al. (2016) analizan los patrones de migración y movilidad de egresados de universidades y posgrados en el Reino Unido. Sus resultados indican que la ciudad de Londres gracias a su diversificación económica logra atraer y retener a cerca del 75% de estudiantes con posgrados, en donde los incentivos a la movilidad fueron las perspectivas de altos ingresos, la oportunidad de trabajar en actividades ad hoc a sus habilidades y la disponibilidad de redes de transporte que conecte de manera rápida y eficiente los centros laborales con el entorno familiar o de ocio.

Por lo tanto, la disponibilidad de servicios de transporte aéreo pueden inferir en la toma de decisiones de movilidad laboral o educativa, sobre todo cuando se considera el desplazamiento ha grandes distancias y de capital humano altamente capacitado, sobre todo por su perspectiva de altos ingresos y su mayor sencivilidad a la valoración subjetiva del tiempo de viaje.

Faggian, et al. (2014) menciona que la movilidad de capital humano altamente capacitado y especializado tiende a mejorar las perspectivas de crecimiento económico local y regional, dado que la concentración regional de factores productivos capacitados puede mejorar el flujo e intercambio de ideas en donde la capacidad de innovación y la productividad pueden tener un incremento de su desempeño, al mismo tiempo que el empleo y/o los ingresos regionales podrían crecer.

De esta manera, la disponibilidad de infraestructura y de servicios de transporte aéreo podría reducir las barreras de la distancia y el tiempo que dificultan la movilidad laboral o educativa, repercutiendo de forma indirecta en la conformación de crecimiento económico local.

### **1.3.2 El crecimiento económico como determinante del tráfico de transporte aéreo.**

Si bien se ha argumentado que el desarrollo de infraestructura de transporte aéreo puede tener efectos positivos en la actividad económica local, también existen la posibilidad de que se puedan desarrollar efectos en sentido contrario, es decir, que las fluctuaciones en la dinámica económica puedan repercutir en la formación de la demanda de los servicios de transporte.

Generalmente el desarrollo de sistemas de transporte aéreo suele ser generado por el crecimiento económico, ya que la actividad aeroportuaria puede ser considerada como

un bien normal, en donde el incremento en los ingresos de la población de una zona determinada suele redirigir su demanda hacia sistemas de transporte más rápidos, cómodos y eficientes (Chi & Baek, 2013). En la teoría del consumidor se busca maximizar la utilidad de los individuos y un mayor tiempo de viaje involucra desutilidad para los usuarios, ya que el transporte no es considerado como un bien final, más bien actúa como un input para el desarrollo de otras actividades económicas y sociales (Nicholson & Snyder, 2010).

La demanda de transporte se define como: *la disposición a pagar que tienen los consumidores para hacer uso de tal infraestructura o servicio de transporte* (De Rus, et al., 2003). Entonces, el desarrollo de sistemas de transporte que requieren una cantidad sustancial de recursos para su construcción y que además no suelen ser asequibles para una gran cantidad de población como lo es la modalidad aérea, están supeditadas a la capacidad de compra de los individuos y del desarrollo económico empresarial y social. (Selva Sevilla, 2004).

El crecimiento económico está definido por la proliferación de bienes y servicios que por lo general tienden a mejorar la calidad de vida de la sociedad involucrada. Duch Brown (2005) señala que el incremento en la productividad del sistema económico puede ser resultado de un aumento en la cantidad o en la calidad de los factores productivos. Por lo tanto, una mayor capacitación y formación de capital humano puede tener efectos positivos en la capacidad productiva de una región y por ende en el crecimiento económico.

La construcción de infraestructura y la oferta de servicios de transporte aéreos (operatividad) necesitan de un cierto nivel de desarrollo de capital humano, ya que utilizan tecnología de punta para actualizar sus sistemas de navegación, manipular sensores, sistemas de vigilancia, realizar monitoreo, etc. y muchas de estas funciones requieren empleos especializados (Lusthaus, et al., 2002). También aspectos técnicos como el manejo de líquidos especiales como el queroseno (combustible de aviones y helicópteros) o la capacitación de los operarios de aviones o embarcaciones requieren de personal certificado. Como consecuencia, los sistemas regionales requieren tener los recursos económicos y laborales para la consolidación de sistemas de transporte más avanzados.

Además, en medida en que una región o un país crece, surge una mayor necesidad de vincularse con otros mercados e interactuar mediante el intercambio de bienes y la movilidad de personas, por lo que el transporte aéreo puede conformarse como una necesidad latente para los agentes económicos en la búsqueda de expansión, es decir, el transporte se convierte en un elemento relevante cuando se conforma un excedente del productor en el mercado local y existe una demanda en otras regiones (Dorta González, 2013).

Eichengreen & Gupta (2009) indican que los determinantes de la demanda de servicios especializados están supeditados a los ingresos per cápita de la población. Küçükönel & Sedefoğlu (2017) realizan un estudio para 28 países miembros de la OCDE para identificar los determinantes de la demanda de transporte aéreo. Sus resultados sugieren que el crecimiento futuro del tráfico aéreo depende en gran medida de la prosperidad económica expresada en este caso en términos del PIB, del desarrollo del sector turismo y el empleo local.

Por su parte Kiboi, et al. (2017) indica que la tasa de interés nacional y global tienden a producir un efecto negativo y significativo sobre la demanda de transporte aéreo, mientras que el crecimiento del PIB y de los ingresos per cápita tienen un efecto positivo en el tráfico aéreo. Dobruszkes, et al. (2011) examinan los determinantes del volumen de tráfico aéreo en las principales áreas urbanas de Europa, sugiriendo que el PIB, el nivel de inversión, el turismo y la distancia a otra área de mercado representan cerca de dos tercios de la variación en los servicios de transporte aéreo.

Se puede percibir una gran similitud entre los determinantes socioeconómicos de la demanda de transporte aéreo y los efectos indirectos que producen éstos sobre la actividad económica, sobre todo en el sector turístico, el empleo, ingresos per cápita, el tamaño del mercado y la inversión. Esto podría sugerir un proceso de causalidad circular entre variables, sin embargo, no se tiene certidumbre empírica si este proceso se pueda percibir en cualquier espacio económico, en especial cuando se tiene en cuenta espacios con diferencias muy marcadas y estructuras económicas muy heterogéneas.

Por lo tanto, en el siguiente capítulo se discutirá la relevancia de determinar la direccionalidad causal entre variables y se contrastarán los diferentes resultados empíricos que se han obtenido en los últimos años alrededor del mundo. Por su parte se presentará las regiones de estudio, analizando cómo se comporta la actividad de transporte aéreo y la dinámica económica en cada una de ellas.

## CAPÍTULO 2

### 2. Causalidad entre crecimiento económico y demanda de transporte aérea

En el primer capítulo se discutió la factibilidad teórica de que el tráfico de transporte aéreo y el crecimiento económico desarrollaran una relación de causalidad bidireccional, sugiriendo que las variables pueden impulsarse mutuamente. Sin embargo, la precisión empírica en la determinación de la direccionalidad causal entre estas variables goza de una gran relevancia entre los planificadores públicos y privados de cualquier región o país.

Si los resultados de direccionalidad en esta relación indicaran un proceso unidireccional que se mueve desde el crecimiento económico hacia el tráfico de transporte aéreo, se justificaría un análisis de predicción de la demanda futura de la actividad aeroportuaria a partir de las fluctuaciones de la actividad económica (Percoco, 2010).

La previsión del tráfico de transporte aéreo conlleva una gran importancia para la planificación eficiente de los requerimientos futuros de la misma modalidad y es la base para el fomento de la inversión en la infraestructura necesaria que logre satisfacer la demanda, ya que una previsión inadecuada puede producir desequilibrios con repercusiones poco desdeñables (De Rus, et al., 2003). Por ejemplo, pronósticos de la demanda muy bajas podrían conducir a la congestión del sistema aeroportuario, lo que desembocaría en un incremento de los costes para los operadores, además de la ineficiencia y bajos niveles de servicio experimentados por los usuarios (Button & Taylor, 2000). Mientras que estimaciones futuras de la demanda demasiado altas, pueden producir un exceso de capacidad de infraestructura y costos innecesarios, ya que los fondos de inversión podrían producir un mayor provecho en otras áreas o sectores (Marazzo, et al., 2010).

Las empresas dedicadas a ofertar servicios de transporte buscarán maximizar sus beneficios a partir de su función de producción, sin embargo, la demanda de transporte por parte de los usuarios suele ser muy heterogénea en tiempo y espacio. Es por ello, que uno de los mayores retos a los que se enfrentan las empresas de transporte tiene que ver con el ajuste de la capacidad de la oferta con el nivel de la demanda (Cruz, 2017).

La inversión en infraestructura conlleva un alto riesgo para la industria privada, derivada de sus altos costos fijos y la incertidumbre en la demanda futura del servicio, sobre todo en países de medios y bajos ingresos. Por esta razón, cualquier error en su

planeación o en su administración pueden conllevar a consecuencias de alto valor para los diferentes agentes económicos que intervienen en ella. Esto ha justificado que en muchos países los gobiernos locales y nacionales asuman gran parte del riesgo, ya sea por la vía directa de la inversión o subvención de la infraestructura de transporte, esto con el fin de disponer de redes de comunicación eficientes que permitan reducir las brechas regionales y establecer las bases para el crecimiento económico (De Rus, et al., 2003)

Por su parte, si se presentara un resultado **antagónico** en donde las variaciones del tráfico de transporte aéreo produjeran efectos en el crecimiento económico, se podrían elaborar recomendaciones de política pública que logren estimular la competitividad regional y el crecimiento económico a través del desarrollo de los servicios transportistas aéreos y su vinculación con los efectos directos e indirectos sobre los sectores productivos y de servicios locales.

Bajo este panorama, el presente capítulo tiene como objetivo presentar dos aspectos principales: En primer lugar, se plasma una revisión de literatura que ha estudiado la relación causal entre transporte aéreo y crecimiento económico. Como se verá más adelante, la literatura empírica muestra resultados heterogéneos en tiempo y espacio, pero se han obtenido algunos patrones que pueden resultar de interés. En segundo lugar, se muestra una breve conceptualización del comportamiento del tráfico aéreo y el crecimiento económico para las entidades federativas de México.

## **2.1 Casos empíricos sobre causalidad entre crecimiento económico y tráfico aéreo**

En los últimos años ha surgido un notable interés por el análisis de la relación causal entre el transporte aéreo y el crecimiento económico, lo que ha desarrollado una amplia literatura sobre el tema. Los estudios empíricos han variado ampliamente desde su conceptualización metodológica hasta su elección de variables y delimitación geográfica de análisis, sin embargo, han demostrado la prevalencia de una relación causal entre variables.

Gran parte de la literatura analiza la relación causal para agregados nacionales en un marco de series de tiempo. Por ejemplo, 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 Taiwán. El análisis contempla una serie de tiempo que va de **1974-**

**2006** y emplea pruebas de raíz unitaria y cointegración para determinar las propiedades estadísticas de las variables y su grado de vinculación. Finalmente, mediante el test de causalidad de Granger determinaron que las series muestran una relación causal bidireccional.

Chi y Baek (2013) examinan los efectos del crecimiento del mercado (medido por los ingresos per cápita y el PIB nacional) y las crisis económicas (representadas por los ataques terroristas del 9/11, la guerra de Irak, epidemia de SARS, y la crisis financiera de 2008) sobre los pasajeros aéreos y servicios de carga de Estados Unidos. Sus conclusiones muestran la prevalencia de una relación positiva unidireccional que va del crecimiento de mercado hacia el tráfico aéreo y un resultado negativo para los ataques terroristas del 9/11 y el SARS. En el mismo sentido Brida, et al. (2016) estudiaron la de interés en Italia. Los autores aplicaron pruebas de cointegración y hallaron una relación de largo plazo, cuya elasticidad resultó positiva, además el análisis de causalidad de Granger sugiere una relación en un sólo sentido que va de la demanda de transporte aéreo al crecimiento.

Este tipo de estudios han sido aplicados para América Latina destacando el de Rodríguez-Brindis, et al. (2015), quienes hacen uso del PIB y el número de pasajeros aéreos de Chile para **1986 a 2014**. El estudio utiliza la prueba de Johansen para probar cointegración y con la versión modificada del test de causalidad de Granger (metodología sugerida por Toda y Yamamoto) determinaron la dirección de la relación, la cual mostro un resultado de bidireccionalidad entre las series. Marazzo, et al., (2010) analizan el caso para Brasil y toman las variables de PIB y pasajeros-kilómetros entre **1966-2006**. Sus resultados sugieren una relación bidireccional entre las series de tiempo, aunque la relación positiva es más fuerte del crecimiento económico hacia la demanda de transporte aéreo. 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 a nivel nacional. Los autores aplican 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 aéreos y al PIB a nivel nacional.

La Unión Europea tiene varios estudios de este tipo, aunque sus resultados gozan de mayor robustez al incluir un panel de datos en el análisis y realizar comparaciones entre regiones o países. Mukkala y Tervo (2013) desarrollan un análisis espacial para 86

regiones y 13 países de la Unión Europea en un periodo de tiempo que va de **1991-2010**, utilizando como variables proxy 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 a 15 países de la unión europea, donde el crecimiento es aproximado a través del consumo de gasolina, mientras que a la demanda de transporte aéreo la representan los pasajeros-kilómetro. Los autores encuentran una relación de causalidad en el sentido de Granger bidireccional. Van De Vijver et al. (2016) utiliza el empleo total de las diferentes regiones catalogadas como NUTS 2 de Europa y el número de pasajeros del transporte aéreo como variables proxy del crecimiento económico y el tráfico aéreo respectivamente. En un marco de panel de datos aplicó la prueba de causalidad de Granger para determinar la direccionalidad de la relación entre **2002 y 2011**, encontrando resultados heterogéneos entre regiones (todas las posibilidades de direccionalidad).

En la misma sintonía, se han producido algunos estudios que han empleado datos desagregados o espaciales en diferentes partes del mundo. Hu et al (2015), examinaron la relación entre las variables de interés para 29 provincias de 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.

Baker, et al. (2015) en un marco de panel de datos analizan el caso de Australia, los cuales emplearon los movimientos totales de pasajeros en 88 aeropuertos y el ingreso real grabable como variables de estudio. Los resultados presentaron cointegración y una relación de largo plazo, mientras que la prueba de causalidad de Granger expuso una relación bidireccional.

Por ultimo, Hakim & Merkert (2016) analizan a países del sur de Asia con variables como el PIB nacional, el volumen de carga y el número de pasajeros. Se probó cointegración y una relación unidireccional del crecimiento económico hacia la demanda de transporte aéreo.

Como ha podido observarse, la revisión de estudios empíricos muestra algunos patrones que se pueden mencionar: todos los estudios reportados encuentran que las variables bajo análisis muestran tener raíz unitaria, además, los estudios que investigan cointegración encuentran al menos una relación de equilibrio de largo plazo entre las

variables. Sin embargo, los resultados de direccionalidad en la relación causal presentan una heterogeneidad entre países o regiones geográficas.

Autores como Hakim y Merket (2016) y Rodríguez-Brindis, et al. (2015) encuentran una relación causal unidireccional que se mueve desde el crecimiento económico hacia el tráfico de pasajeros aéreos, mientras que Hu et al. (2015) y Chang y Chang (2009) indican que el crecimiento económico impacta positivamente al tráfico aéreo y que también el tráfico aéreo impacta a la actividad económica, es decir, la causalidad de largo plazo es bidireccional. Por su parte, Baker, et al. (2015) encuentra que es la demanda de transporte la que produce efectos sobre el PIB.

Fernandes & Rodrigues-Pacheco (2010) mencionan que la direccionalidad de la relación causal entre dichas variables no puede ser comparable entre regiones o países, dado que sus estructuras económicas, características espaciales, culturales y sociales presentan una gran heterogeneidad.

Respecto de las variables manejadas, salta a la vista que son utilizadas diversas variables para representar tanto al crecimiento económico como a la demanda de transporte aéreo. En el caso del crecimiento económico, lo más común es la caracterización del PIB, mientras que para aproximarse a la demanda de transporte aéreo se utiliza comúnmente el número de pasajeros, pasajeros-kilómetro o carga.

## **2.2 Transporte aéreo y actividad económica en las entidades federativas de México**

A pesar de la relevancia y de la valiosa aportación que puede tener el estudio de la direccionalidad de esta relación causal (transporte aéreo y crecimiento económico) para los encargados de la toma de decisiones tanto públicas como privadas, México no cuenta con un estudio semejante a nivel regional. Es por ello, que en este apartado se abordará una descripción tanto de la actividad económica como del transporte aéreo en México y sus entidades federativas, con el fin de obtener una contextualización sobre la posible vinculación entre variables, para posteriormente realizar un análisis empírico.

Los servicios de transporte aéreo han experimentado un crecimiento exponencial en la mayoría de los países del mundo, logrando posicionarse como un sector con gran influencia en la actividad económica y la formación de empleos. Según el Air Transport Action Group (ATAG, 2014) las actividades relacionadas con esta modalidad de

transporte aportan cerca del 3.5 por ciento (2.7 billones de dólares) del PIB mundial y soporta a unos 62.7 millones de empleos en todo el mundo, de los cuales el 9.9% son directos. Haciendo referencia a los efectos catalizadores del transporte aéreo, se puede mencionar al sector turístico. Este sector ha llegado a contribuir con cerca de \$2.2 billones a la economía mundial y proporcionar más de 108 millones de empleos. Sin embargo, el turismo contiene una importante sensibilidad hacia el transporte aéreo y se intuye que cerca de 36 millones de empleos y alrededor de 892 mil millones de dólares del PIB mundial están respaldados por los visitantes internacionales que se desplazan por aire.

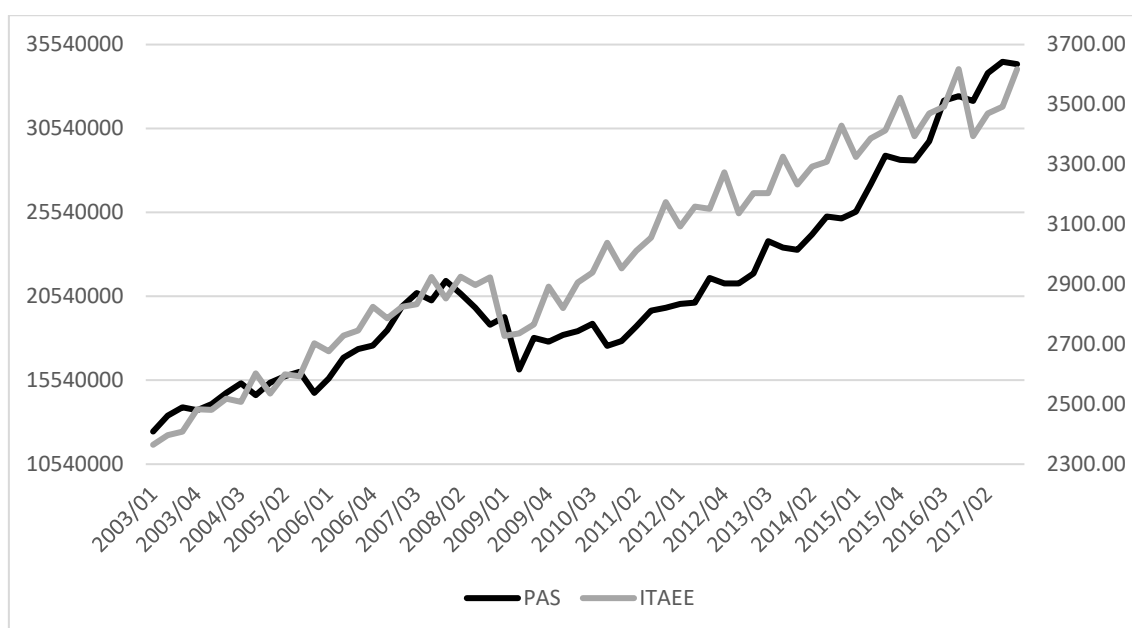
A nivel internacional se pueden mencionar que las dos economías con mayor dimensión en cuanto a la aportación del PIB a nivel mundial son Estados Unidos de Norteamérica y la República Popular de China, las cuales producen el 24.5 y el 14.8 por ciento del PIB mundial. Algo interesante es que sus aportaciones al PIB mundial van en sintonía con el porcentaje de pasajeros transportados por vía aérea, ya que estos dos países comprenden el 22.3 y el 13.2 por ciento respectivamente del total de pasajeros transportados por esta modalidad. Un dato similar se presenta para México, el cual se posiciona en el lugar 15 en cuanto a su aportación al PIB mundial con el 1.38 por ciento, mientras que su aportación al volumen de pasajeros transportados por vía aérea es de 1.44 por ciento, ubicándose en la posición número 20 (BM, 2016).

El comportamiento del crecimiento económico y del tráfico aéreo en México se puede visualizar en la Ilustración 1 y 2. La Ilustración 1 plasma en color negro los datos históricos de los movimientos de pasajeros por vía aérea a nivel nacional (PAS) y en gris la evolución del Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAE) agregada para la economía mexicana, en un periodo de tiempo que va de 2003-2017. En ella se puede observar una clara tendencia positiva de crecimiento muy parecida entre estas dos variables. Se evidencia también, que las fluctuaciones del ITAE agregado y el movimiento de pasajeros por vía aérea varían de forma semejante en el periodo de tiempo analizado, con un cierto nivel de rezago en el tiempo, lo que sugiere una correlación alta entre dichas series.

Si se analiza detenidamente algunos periodos de tiempo, se puede notar una cierta discrepancia entre las tendencias de las variables indicadas en la Ilustración 1, lo que puede ser resultado de shocks externos que afectaron más a una variable que a otra. Por ejemplo, de 2003 a 2005 el desplazamiento de las series muestra una tendencia similar,

sin embargo, durante el 2007 el crecimiento del transporte aéreo presenta una expansión superior que el de su referente, posiblemente como resultado de la entrada de aerolíneas de bajo costo en México, las cuales permitieron aumentar la demanda sin la expansión de la economía.

**Ilustración 1. Movimiento de pasajeros aéreos (PAS) y evolución del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en México (ITAE). Número de Personas y el Indicador en basa al 2008.**

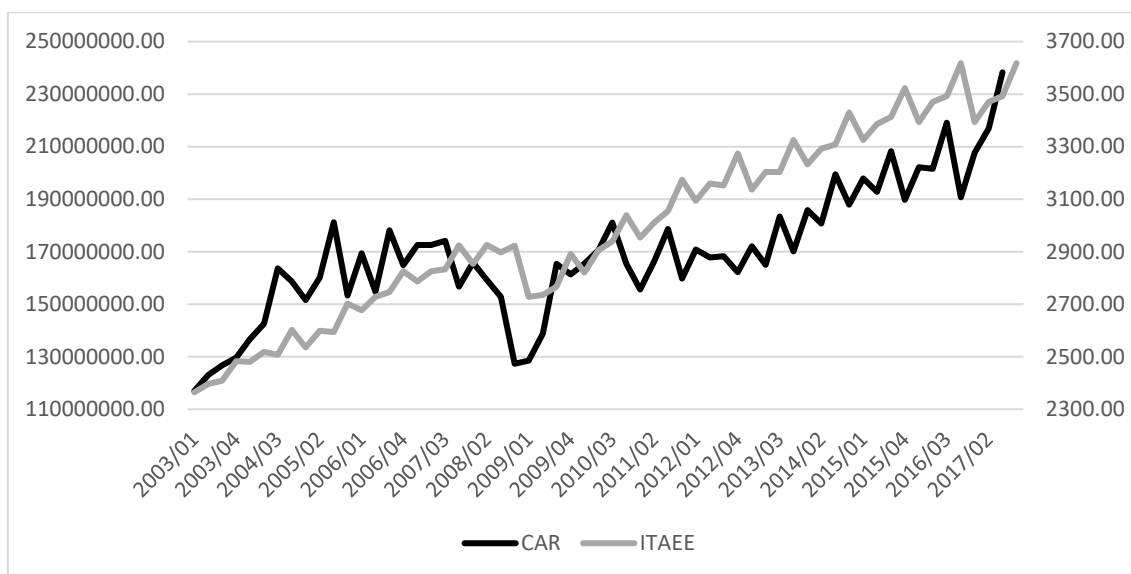


Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Varios años. Numero de personas e Índice base 2008.

Por su parte, la crisis financiera del 2009 ocasionó un efecto negativo en el desarrollo de las variables, mostrando un pico a la baja en dicho año, sin embargo, a partir del siguiente periodo tanto el ITAE como el tráfico de pasajeros aéreos emprende una recuperación, mostrando nuevamente una tendencia positiva similar de crecimiento.

La Ilustración 2 plasma en color negro el transporte de carga por vía aérea a nivel nacional (CAR) y nuevamente en gris la evolución del ITAE agregado para la economía mexicana. Dicha ilustración muestra una clara tendencia positiva de crecimiento de estas dos variables en el periodo de 2003 a 2017. Las aseveraciones de la Ilustración 1 pueden ser comparables para la Ilustración 2, aunque se puede notar que los efectos negativos de la crisis de 2009 afectaron en mayor medida la dinámica de transporte de insumos y mercancías que la del movimiento de pasajeros.

**Ilustración 2. Movimiento de carga por vía aérea (CAR) y evolución del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en México (ITAE). Kilogramos de Carga e Indicador en base al 2008.**



Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Varios años. Toneladas e Índice base 2008.

Las variables del movimiento de pasajeros y de transporte de carga por vía aérea representan la dinámica del tráfico aéreo en México y parecen encontrara una fuerte relación con las fluctuaciones de la actividad económica nacional, lo que nos sugeriría que ambas variables pueden aportar resultados importantes al análisis empírico. A nivel nacional se percibe una relación de largo plazo entre las variables, por lo que sería interesante visualizara si esta relación persiste a nivel estatal.

La Ilustración 3 muestra la tasa media de crecimiento anual del ITAEE por entidad federativa, mientras que la Ilustración 4 y la Ilustración 5 hacen lo referente para la tasa media de crecimiento anual del total de movimiento de pasajeros y el total de carga transportados por vía aérea respectivamente, para las entidades federativas de México en el periodo de 2003-2017<sup>4</sup>.

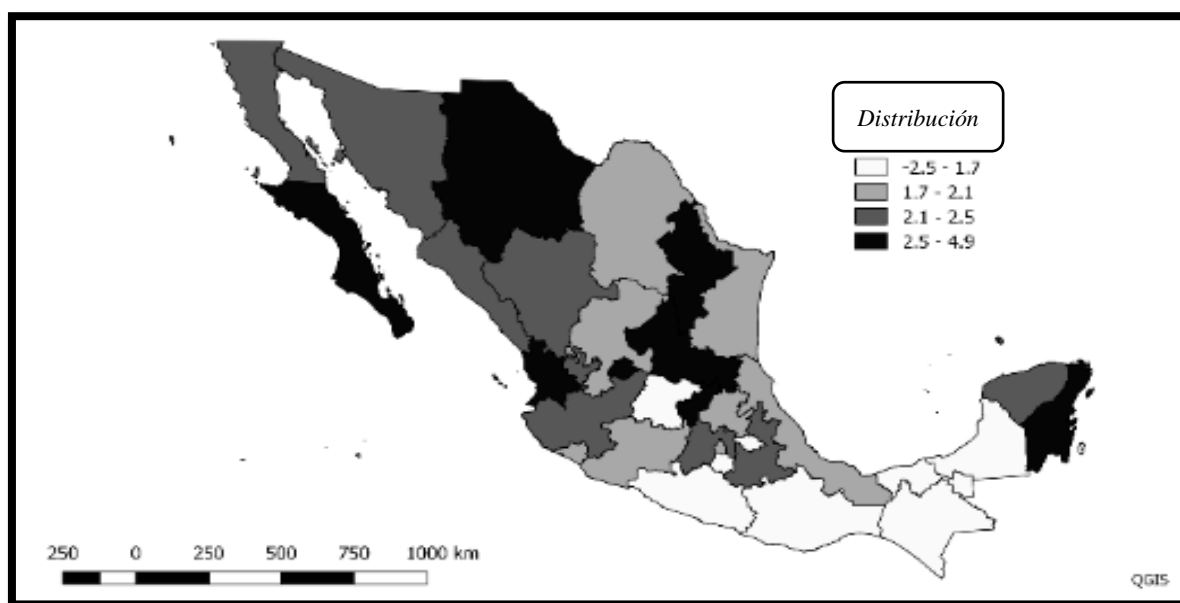
En la Ilustración 3, se puede apreciar en color negro a las entidades federativas de México que contienen las mayores tasas de crecimiento de la actividad económica, dentro de las que se encuentran: Baja California Sur seguido por Querétaro, Quintana

<sup>4</sup> 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.

Roo, Aguascalientes, Nayarit, Nuevo León y San Luis Potosí, las cuales han crecido a una tasa media que ronda entre el 2.5 y el 4.9 por ciento.

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 el blanco representan a los estados con tasas medias de crecimiento por debajo de la media nacional.

***Ilustración 3. Tasa Media de crecimiento anual del Indicador Trimestral de la Actividad Económica en las entidades federativas de México. 2003-2017.***



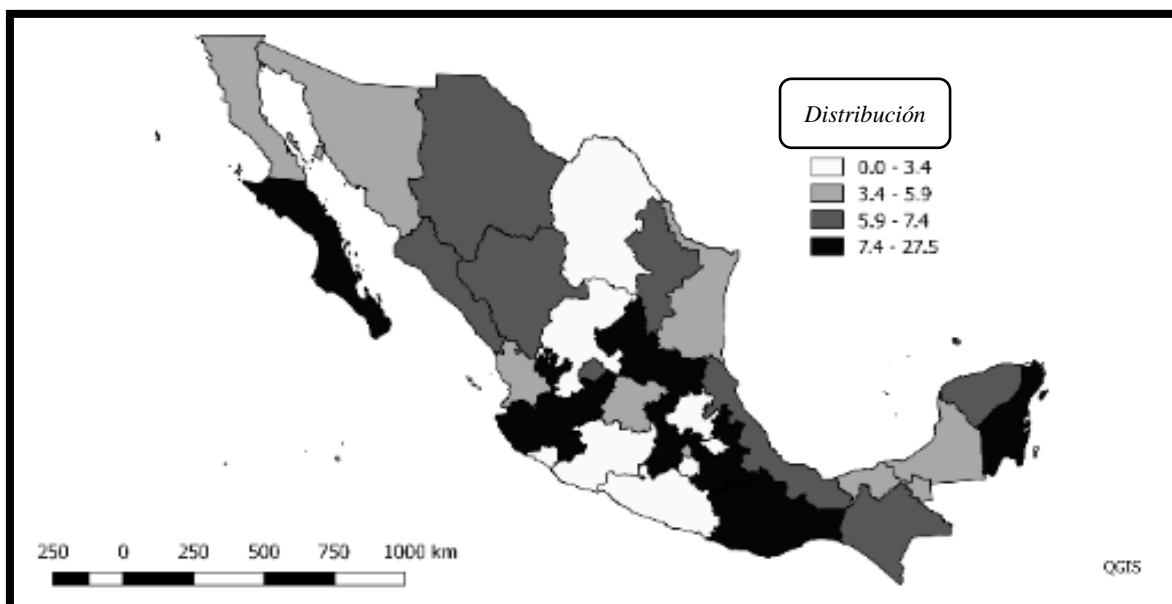
*Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Varios años con base en 2008.*

El sistema aeroportuario de México está conformado por 59 aeropuertos internacionales que están distribuidos a lo largo del territorio nacional, solo excluyendo a los estados de Hidalgo y Tlaxcala los cuales no cuentan con infraestructura de este tipo (SCT, 2015).

La Ilustración 4 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>5</sup>.

**Ilustración 4. 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 Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Varios años.*

Si se comparan la Ilustración 3 y 4 se pueden notar varios patrones de comportamiento, por ejemplo, Baja California Sur, Quintana Roo, Querétaro y San Luis Potosí se establecen dentro de las entidades con mayor crecimiento tanto en la actividad económica como en la evolución del tráfico de pasajeros. Por su parte estados como Nuevo León, Jalisco, Estado de México, Sinaloa, Puebla, Aguascalientes, Yucatán y Chihuahua también crecen por encima de la media nacional en ambas variables, aunque la distribución en la que se localiza no es la misma.

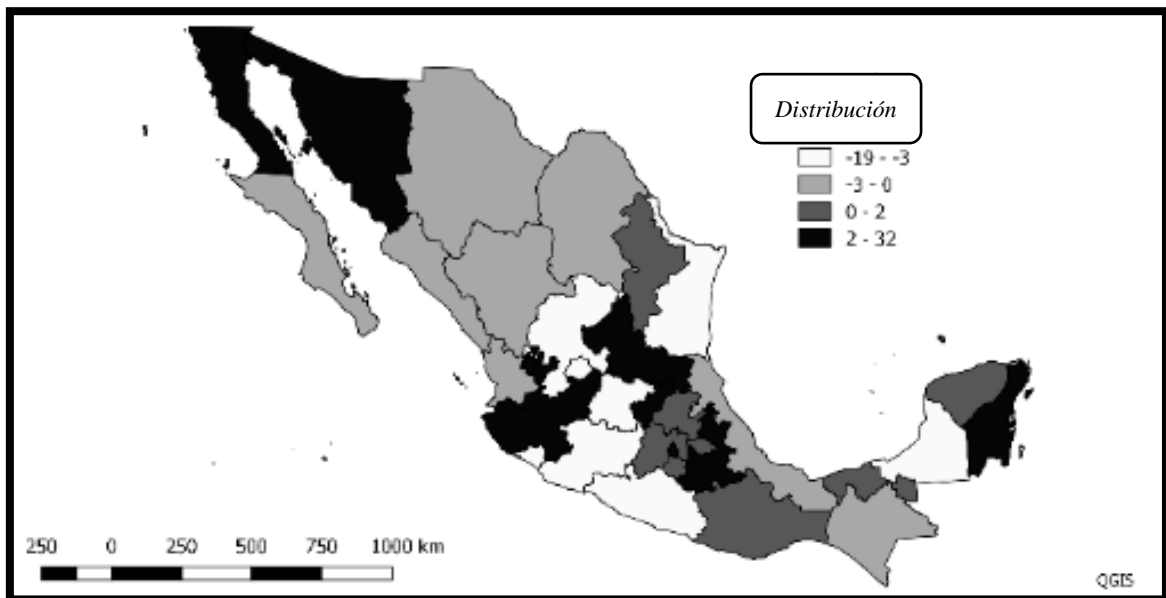
La Ilustración 5 indica que los estados que han presenciado una mayor tasa de crecimiento media en los servicios de carga aérea son: San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Quintana Roo, Ciudad de México, Sonora, Jalisco y Baja California, los cuales se han desenvuelto alrededor de 2 y 32 por ciento de crecimiento. Por su parte estados

<sup>5</sup> 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 lo que potenció su tasa.

como: Yucatán, Nuevo León, Oaxaca y el Estado de México también presentan tasas positivas de crecimiento de los servicios de carga aérea.

Si se comparan la Ilustración 3 y 5 también se pueden encontrar una vinculación entre el movimiento de carga por vía aérea y la actividad económica para algunos estados. Quintana Roo, San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León, Jalisco, Baja California, Puebla, Yucatán y el Estado de México se establecen dentro de los estados con crecimiento por encima de la media tanto en el ITAEE como en el movimiento de carga.

**Ilustración 5. Tasa Media de crecimiento anual de carga transportada por vía aérea en las entidades federativas de México. 2003-2017**



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

Vale la pena mencionar que como se vio en el primer capítulo, uno de los efectos que vincula a la actividad aeroportuaria con el crecimiento económico son los efectos positivos que puede desarrollar sobre la actividad turística. Los estados con una mayor afluencia de visitantes internacionales son: Quintana Roo agrupando el 51.4 por ciento del total, seguido de la Ciudad de México (9.19%), Baja California Sur (6.06%), Jalisco (5.42%), Baja California (5.06%), Nayarit (3.18), Puebla (2.78) y Yucatán (1.79%) (SECTUR, 2016). Estos estados tienen el rasgo de presentar tasas de crecimiento anual tanto de la actividad económica como de pasajeros o carga aérea por encima de la media

nacional, lo que sugiere que el tráfico aéreo si puede estar influyendo al crecimiento económico a través del fomento de la actividad turística.

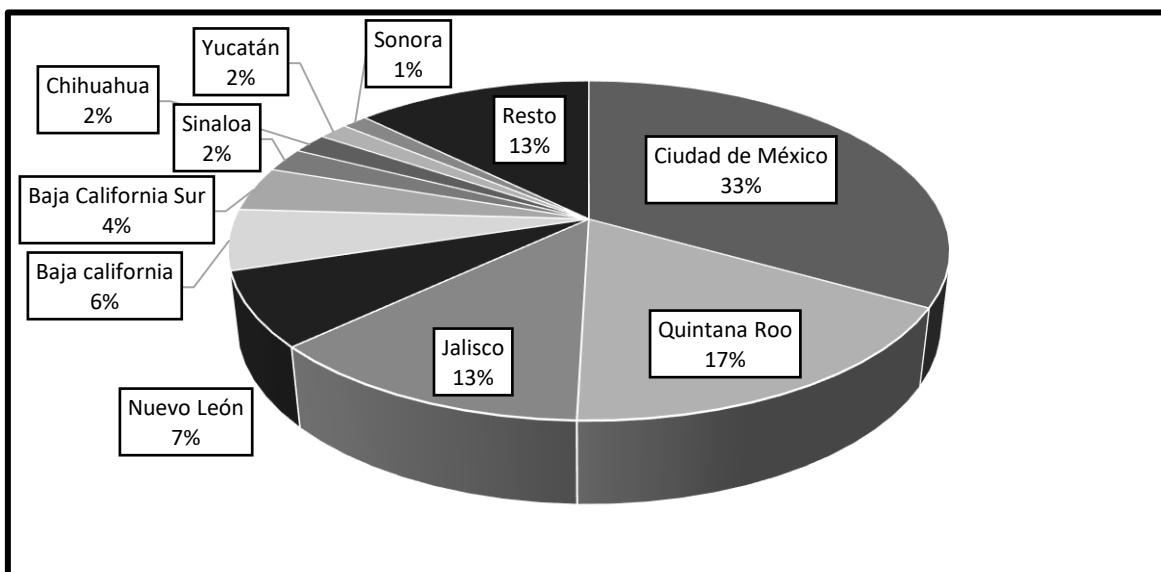
Por su parte, los estados que presentan un mayor porcentaje de inversión extranjera directa son: Ciudad de México con el 20.01 por ciento del total, seguida por Nuevo León (9.63%), Estado de México (7.95%), Jalisco (6.74%), Chihuahua (6.59%), Baja California (5.04%), **Coahuila de Zaragoza** (4.4%), Guanajuato (4.37), Puebla (4.17%), **Tamaulipas** (3.96%), **Veracruz** (3.61%), Querétaro (3.33%) y San Luis Potosí (3%). La mayoría de los estados que presentan un alto grado de competitividad (excepto los resaltados en negritas) también muestran una tasa de crecimiento importante de la actividad económica y del tráfico aéreo, lo que sugiere que el desarrollo de infraestructura de transporte puede producir efectos indirectos sobre la competitividad y el crecimiento económico.

Sin embargo, si se analiza a la actividad económica y el tráfico de transporte aéreo para las entidades federativas de México en valores absolutos, se puede percibir una clara concentración en algunos estados. La Ilustración 6 muestra que el 70% de pasajeros transportados por aire se encuentra en tan solo cuatro entidades federativas, entre las que se encuentra la Ciudad de México (33%), Quintana Roo (17%), Jalisco (13%) y Nuevo León (7%), esto en base a los valores reportados para 2017 en la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

Si se agregan los estados de Baja California (6%), Baja California Sur (4%), Sinaloa (2%), Chihuahua (2%), Yucatán (2%) y Sonora (1%) el porcentaje de pasajeros aumenta a 87%, mientras que las 22 entidades federativas restantes contribuyen tan solo con el 13 por ciento del total nacional.

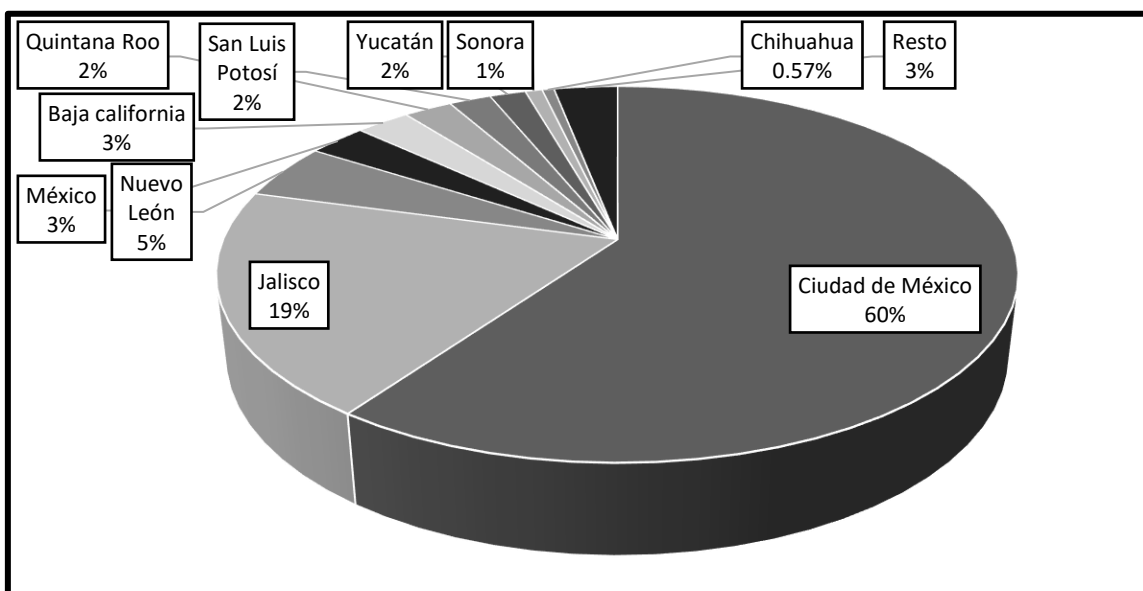
En cuanto a los movimientos de carga por vía aérea se presenta un grado de concentración aún más alta. La Ilustración 6 muestra que tan sólo la Ciudad de México agrupa el 60 por ciento del total de movimientos de carga tanto nacionales como internacionales y si se agrega a las siguientes nueve entidades federativas el porcentaje representa alrededor del 97 por ciento, mientras que los 22 estados restantes contribuyen tan sólo con el tres por ciento del total nacional.

**Ilustración 6. Porcentaje de pasajeros transportados por vía aérea en las entidades federativas de México, 2017.**



Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT). Total de pasajeros transportados por aire en el 2017.

**Ilustración 7. Porcentaje de carga transportados por vía aérea en las entidades federativas de México, 2017.**



Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT). Total de pasajeros transportados por aire en el 2017.

La alta concentración tanto de los movimientos de pasajeros como de carga por vía aérea representan una clara diferenciación en cuanto a la capacidad operativa y demanda de servicios aéreos entre entidades federativas de México, lo que sugiere que los efectos y por tanto consecuencias de las fluctuaciones de la actividad económica (y

viceversa) repercuten en mayor cuantía en los estados con altos niveles de transporte aéreo. Por ello, para el análisis empírico, se separará a los estados contenidos en la Ilustración 5, los cuales presentan altos niveles de transporte, por lo que sería prudente analizarlos por separado del resto de entidades federativas.

## CAPÍTULO 3

### 3. Marco Metodológico y selección de datos

#### 3.1 Datos

Para analizar la posible relación causal entre el tráfico aéreo y crecimiento económico en las entidades federativas de México, este documento utilizará datos de panel para 29 de los 32 estados del país con una periodicidad trimestral que va desde el primer trimestre de 2003 al cuarto de 2017, con lo que se contara con un panel de 29 observaciones y 60 periodos de tiempo. En la muestra se excluye a los estados de Hidalgo y Tlaxcala por su nula infraestructura y servicios de transporte aéreo y a Morelos por su falta de consistencia en la continuidad de la información reportada.

Para aproximar al crecimiento económico de las entidades federativas de México de forma confiable y compatible entre individuos, se utiliza el Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAE). Tal indicador es proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el cual se utiliza para su construcción precios, cantidades y valores de producción recopilados de diferentes fuentes de información como: censos, encuestas y reportes. El INEGI implementa la valoración directa de las cantidades y obtiene índices de volumen físico elaborados con base fija en el año 2008.

En general el ITAE presenta los mismos criterios metodológicos y normas contables del cálculo anual del PIB por Entidad Federativa (PIBE), centrándose en el método de producción<sup>6</sup>. (INEGI, 2017). Este indicador o índice, expone un seguimiento del desempeño económico de las entidades federativas del país, por lo que puede fungir o se puede adaptar muy bien como una variable *proxy* del crecimiento económico, tomando en cuenta que generalmente el crecimiento económico se entiende como un incremento del producto, empleo o ingreso. Sin embargo, una limitante que presenta la serie es que solo se cuenta con disponibilidad de datos trimestrales de 2003 hasta 2017, lo que restringe la temporalidad del estudio.

En relación con el tráfico aéreo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) proporciona los datos referentes al número total de pasajeros y carga transportados

---

<sup>6</sup> Para ampliar la descripción metodología del ITAE, consultar el INEGI, Sistemas de Cuentas Nacionales de México, Fuentes y Metodologías, Indicador Trimestral de la Actividad Económica o [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/itae/doc/SCNM\\_Metodologia\\_19.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/itae/doc/SCNM_Metodologia_19.pdf).

por vía aérea tanto de origen y destino a nivel nacional e internacional de los aeropuertos de México. De esta manera, para representar el tráfico aéreo a nivel de entidades federativas, se concatenó el total de movimientos de pasajeros registrados por vía aérea tanto de aterrizaje como de despeje nacional o internacional del total de aeropuertos internacionales con que disponga cada entidad federativa, obteniendo así, un agregado del total estatal. El mismo procedimiento es empleado para obtener el total de carga transportada por vía aérea para las diferentes entidades federativas de México.

Uno de los determinantes para utilizar el ITAEE y no el PIBE en el análisis se refiere a 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 ITAEE se incrementaría sustancialmente el número de observaciones en el estudio (grados de libertad), mejorando así, las estimaciones de los modelos. Además, se puede decir que son datos que aportan a la variabilidad de los datos, ya que dentro de un año se muestran temporadas de gran afluencia y de baja afluencia.

### **3.1.1. Estados Centrales y Estados no Centrales**

En el segundo capítulo se identificó una fuerte concentración del flujo de pasajeros aéreos en 10 entidades federativas, lo que implica una clara diferenciación en la muestra en cuanto a la capacidad operativa. Además, es posible que el mayor flujo de pasajeros y carga aéreos produzcan una mayor derrama económica en estas zonas, mostrando un mayor grado de vinculación. Es por ello, que el total de la muestra de 29 entidades federativas se dividirá en 2 grupos, etiquetados como **Estados Centrales** (10) y **Estados no centrales** (19), con el fin de confeccionar un comparativo entre estados con una fuerte dinámica de transporte aéreo versus los estados con una baja actividad aérea.

En los Estados Centrales se incluye a: Ciudad de México, Quintana Roo, Jalisco, Nuevo León, Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua, Yucatán y Sonora. Dentro de los Estados no Centrales se encuentran las restantes 19 entidades federativas: Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.

Además, la separación de la muestra permitirá analizar la posibilidad de obtener patrones regionales, mejor dicho, los resultados de causalidad en forma particionada de

las observaciones dilucidarán si la capacidad operativa y el nivel de tráfico aéreo condicionan la direccionalidad de dicha relación causal.

La Tabla 1 muestra la estadística descriptiva de la estructura muestral de los diferentes paneles de datos que se utilizarán en el análisis empírico: 1) toda la muestra, 2) Estados Centrales y 3) Estados No Centrales. En todos se incluyen las variables de Crecimiento económico (ITAE), Pasajeros aéreos (PAS) y Carga transportada por vía aérea (CAR).

**Tabla 1. Estadística Descriptiva del panel de datos**

Variable	Obs.	Num. De Trimestres (T)	Num. De Estados (i)	Mean	Std. Dev.	Min	Max
<b>Toda la Muestra</b>							
ITAE	1,740	60	29	103	14	64	152
PAS	1,740	60	29	725,989	1,488,560	0	11,600,000
CAR	1,740	60	29	5,827,768	17,800,000	20	143,000,000
<b>Estados Centrales</b>							
ITAE	600	60	10	102	14	64	139
PAS	600	60	10	1,798,290	2,154,628	194,864	11,600,000
CAR	600	60	10	15,500,000	27,800,000	710,690	143,000,000
<b>Estados No Centrales</b>							
ITAE	1,140	60	19	103	14	68	152
PAS	1,140	60	19	161,620	130,784	0	1,072,788
CAR	1,140	60	19	746,113	1,550,118	20	8,853,933

*Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de comunicaciones y transporte (SCT) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Varios años.*

La serie de datos que involucra **Toda la Muestra** cubre un panel desequilibrado sobre 60 periodos de tiempo trimestrales y 29 entidades federativas, mientras que el panel referente a los **Estados Centrales** muestra la misma cantidad de periodos de tiempo y 10 entidades federativas y por último el panel de **Estados No Centrales** se conforma de 60 observaciones en el tiempo y 19 estados. En general, los datos muestran una gran heterogeneidad entre las observaciones incluidas en las diferentes muestras, por lo tanto, para tratar de suavizar la desviación estándar en las observaciones, las variables se transforman en logaritmos naturales, los mismos que serán utilizados en el análisis.

### 3.2 Metodología

El análisis empírico seguirá la metodología de causalidad de Granger expuesta por Hakim y Merkert (2016) y Baker et al. (2015), la cual, se centra en un procedimiento que exige

de manera secuencial de tres pasos primordiales que permiten evitar problemas de resultados espurios en las estimaciones.

En primer lugar, se aplican pruebas de raíz unitaria para panel con el fin de investigar el orden de integración de las variables, dado que la estacionalidad es un elemento de suma importancia en las estimaciones de causalidad, sobre todo para evitar la obtención de resultados sesgados.

En segundo lugar, se aplicarán pruebas de cointegración para buscar las relaciones de largo plazo que se puedan producir entre las variables. Los resultados de las pruebas de raíz unitaria y cointegración determinarán el tipo de prueba de causalidad a utilizar en el siguiente paso, si las series son cointegradas del mismo orden se le aplicará un modelo de corrección de errores (VECM) y en caso contrario se usará un modelo de vectores autorregresivos (VAR) para investigar la direccionalidad en la relación causal en el largo plazo (Engle y Granger, 2004).

En adición, se aplica una prueba de Wald para obtener una aproximación de la causalidad entre variables para el corto plazo. Por último, se realiza una prueba fuerte de causalidad de Granger a pares de variables, la cual combina los estadísticos tanto del corto como el largo plazo y evaluar su significancia.

En el primer capítulo se distinguió entre cuatro posibilidades en las que se puede presentar la causalidad entre crecimiento económico y tráfico aéreo, ya sea unidireccional (de crecimiento económico al tráfico aéreo o viceversa), bidireccional o que no exista tal relación. Es por ello, que en este documento se aplican una serie de modelos complementarios que permita estudiar todas las posibilidades de direccionalidad. De tal manera que se analizan un total de 12 modelos de causalidad incluyendo al ITAEE y las dos variables de tráfico aéreo tanto para toda la muestra, como para la muestra particionada:

1) Toda la muestra

a)  $ITAEE_{i,t} \rightarrow PAS_{i,t}$

b)  $PAS_{i,t} \rightarrow ITAEE_{i,t}$

c)  $ITAEE_{i,t} \rightarrow CAR_{i,t}$

d)  $CAR_{i,t} \rightarrow ITAEE_{i,t}$

2) Estados Centrales

e)  $ITAEE_{i,t} \rightarrow PAS_{i,t}$

- f)  $PAS_{i,t} \rightarrow ITAEE_{i,t}$
  - g)  $ITAEE_{i,t} \rightarrow CAR_{i,t}$
  - h)  $CAR_{i,t} \rightarrow ITAEE_{i,t}$
- 3) Estados No Centrales
- i)  $ITAEE_{i,t} \rightarrow PAS_{i,t}$
  - j)  $PAS_{i,t} \rightarrow ITAEE_{i,t}$
  - k)  $ITAEE_{i,t} \rightarrow CAR_{i,t}$
  - l)  $CAR_{i,t} \rightarrow ITAEE_{i,t}$

### 3.2.1. Prueba de raíz unitaria para panel de datos

De acuerdo con Engle y Granger (2004) cuando se analiza un modelo econométrico que involucra una regresión lineal entre series de tiempo que no presentan un proceso estacionario, se corre el riesgo de obtener resultados espurios, es decir, que el modelo presente relaciones estadísticamente significativas entre variables cuando en realidad no existen. Por lo anterior, en los últimos años se han desarrollado una serie de pruebas de raíz unitaria que buscan medir las propiedades estacionarias de las series de tiempo y determinar el orden de integración de las mismas, con la finalidad de evitar resultados engañosos.

Un proceso estocástico estacionario con su acrónimo  $I(0)$  implica que una serie de tiempo trace un comportamiento determinístico, es decir, que su media y su varianza sean constantes en el tiempo y que el valor de la covarianza entre dos periodos dependa solo del número de rezagos y no del tiempo en el que se calculó la covarianza (Gujarati y Porter, 2010). De esta manera, si esperamos que una serie sea  $I(0)$ , la media, la varianza y la covarianza deberían ser iguales independientemente en el momento en el que se calculen.

En el caso contrario se tienen los procesos estocásticos no estacionarios  $I(d)$ , los cuales indican que una variable no tiene una tendencia clara a retornar a un valor constante o a una tendencia lineal, por lo que su media y su varianza se modifican indefinidamente en el periodo de tiempo, mostrando propiedades similares a las obtenidas en un modelo de caminata aleatoria (Breitung y Pesaran, 2008).

Si una serie es estadísticamente no estacionaria desarrollara poco valor cuando se involucran estudios o modelos que pretendan obtener deducciones de análisis de impacto,

pronóstico o de causalidad, ya que la variabilidad estocástica de la serie no permitirá relacionar las observaciones pasadas con las futuras, dado que cada dato presentará un episodio particular en el tiempo. Por lo tanto, si una serie puede aproximar valores futuros mediante sus valores pasados, desarrollara un proceso estacionario en el que la evolución de la tendencia es determinística (Granger y Lee, 1989).

Como regla general, la inferencia estadística en modelos que contengan variables no estacionarias correrá el riesgo de ser espurias. Sin embargo, existen procedimientos como el de diferenciación para remover la tendencia estocástica de las series. Una variable denotada como  $I(d)$  indica que la serie es integrada de orden  $d$ , sugiriendo un proceso no estacionario que debe ser diferenciado  $n$  cantidad de veces para transformarla en una serie estacionaria, al remover a través de la diferenciación la tendencia estocástica (Burdisso y Sangiácomo, 2015).

Los modelos desarrollados bajo un marco de panel de datos son estadísticamente más robustos en comparación con los de series de tiempo y los modelos de sección cruzada, ya que mejoran la potencia de las pruebas de no estacionalidad y de cointegración, al combinar lo mejor de ambos, lo que permite analizar a diferentes agentes económicos alrededor de un periodo de tiempo, aumentando la potencia de las pruebas a partir de los datos en sección cruzada (Mahía, 2000).

Sin embargo, las pruebas de raíz unitaria y de cointegración empleadas en panel de datos pueden presentar algunas complicaciones adicionales en comparación con las pruebas de series temporales. Por ejemplo, los datos de panel generalmente incorporan una cantidad sustancial de heterogeneidad no observable entre agentes, lo que exige que las pruebas permitan en grado suficiente la diferenciación entre datos de sección cruzada. Mientras que en algunos otros casos es conveniente mostrar interdependencia entre individuos. (Breitung y Pesaran, 2008).

Para resolver estos problemas se han desarrollado pruebas de raíz unitaria de primera y segunda generación. Las primeras buscan atender la interdependencia entre individuos mientras que las segundas se ocupan de permitir en grado suficiente la heterogeneidad entre individuos en un panel de datos. Tomando en cuenta las especificaciones antes mencionadas, este estudio utilizara la prueba de raíz de Im, Person y Shin, IPS (2003), debido a que representa una de las alternativas menos restrictivas. Esta prueba desarrolla la formulación de una hipótesis alternativa significativamente más

flexible, que permitir controlar en grado suficiente la heterogeneidad entre individuos, resolviendo en gran medida los problemas de sesgo asintótico que pueden derivar pruebas como la de Quah (1994) y Levin y Lin (1993), quienes asumen que los coeficientes autorregresivos son homogéneos entre secciones transversales (Ima, et al., 2003).

La prueba de Im, Person y Shin (IPS) incorpora la heterogeneidad no observable obtenido promedios de sección cruzada para cada periodo de tiempo. Estos promedios se integran al modelo como una variable proxy que desarrolla coeficientes específicos para cada individuo (Breitung y Pesaran, 2008).

Se espera que esta prueba se adapte eficientemente a las diferentes muestras de datos presentadas en esta investigación, debido a que las entidades federativas de México presentan una gran heterogeneidad entre las observaciones de crecimiento económico y tráfico aéreo de pasajeros y carga. La especificación autorregresiva de la prueba de raíz unitaria para datos de panel se puede expresar como:

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

Donde:  $Y$  indica la serie 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 del error.

La prueba IPS contrasta lo siguiente: la hipótesis nula indica que cada serie en el panel de datos no es de tendencia estacionaria, mientras que la hipótesis alternativa denota que al menos una de las series individuales es estacionaria:

$$h_0: \alpha_i = 1$$

$$h_a: \alpha_i < 1 \quad i = 1, \dots, N_1$$

### 3.3.2 Pruebas de cointegración para panel de datos

Uno de los riesgos al realizar inferencia estadística con variables que presenten tendencia estocástica  $I(1)$  o cualquier otro orden de integración, es sin duda la posibilidad de obtener resultados que no reflejen la realidad de las observaciones. Sin embargo, Engle y Granger (2004) han demostrado que los modelos que contengan variables estocásticas no estacionarias pueden producir resultados que sean estadísticamente significativos y económicamente coherentes si presentan una relación de cointegración.

Si las series son cointegradas, se puede decir que comparten una tendencia estocástica común en el tiempo y sus fluctuaciones son estables entre si (estacionarias). De esta manera los modelos cointegrantes se preocupan por determinar la relación de equilibrio de largo plazo a las cuales convergen las variables. De forma técnica, se puede afirmar que dos series  $I(1)$  son cointegradas si existe una combinación lineal entre ellas que genere un proceso estacionario  $I(0)$  (Wooldridge, 2010).

De acuerdo con Burdisso y Sangiácomo (2015) cuando se involucra datos de panel en el análisis, se puede decir que dos variables son cointegradas si todas las series en cada sección cruzada son no estacionarias en niveles, pero comparten el mismo orden de integración.

Sin embargo, para la formalización de las relaciones de largo plazo entre variables, este documento utilizará la prueba de cointegración para panel de datos desarrollada por Pedroni (1999). Esta prueba es especificada para paneles desequilibrados y permite desarrollar tendencias heterogéneas entre las unidades de sección cruzada, aproximando la heterogeneidad no observable entre individuos. Si no se permitiera la independencia entre los parámetros del modelo cuando en realidad existe, se podrían generar cambios determinantes en la relación entre los regresores y la variable dependiente (Hakim & Merkert, 2016).

Las pruebas de Pedroni (1999) y (2004) están basados en el análisis de la estacionariedad de los residuos del modelo, en el que las variables que se relacionan son estadísticamente  $I(1)$ . La prueba de cointegración puede ser expresada como:

$$\ln \text{PAS}_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \beta_{1i} \ln \text{ITAEE}_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$\ln \text{CAR}_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \beta_{1i} \ln \text{ITAEE}_{it} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

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,  $CAR_{it}$  es el total de carga transportada,  $ITAE_{it}$  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 o específicos entre estados y  $\epsilon_{it}$  son los residuos estimados, que representan desviaciones de la relación a largo plazo<sup>7</sup>.

Bajo la hipótesis nula de no cointegración los residuos de la ecuación 2 y 3 son estadísticamente  $I(1)$ , mientras que la hipótesis alternativa sugiere que los residuos de dichas 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 obtenidas a partir de la regresión de los modelos anteriores, efectuados para cada unidad económica por separado:

$$\epsilon_{it} = \rho_i \epsilon_{it-1} + \mu_{it} \quad (4)$$

Para dicho contraste, Pedroni sugiere dos grupos de estadísticos para las pruebas de cointegración, las cuales en conjunta arrojan un total de 7 parámetros. 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 (Campos, 2012). Para este estudio en particular sólo se utilizará el segundo grupo de pruebas (between dimensions), dado que son las que posibilitan integrar al modelo la heterogeneidad no observable.

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 Eigenvalor Máximo. Ambas pruebas contrastan la hipótesis nula de que no existen vectores de cointegración, es decir, que no hay más de  $r$  relaciones de cointegración,

---

<sup>7</sup> El modelaje de cointegración es el mismo para la muestra de Estados Centrales y Estados No Centrales.

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.

### 3.3.3 Prueba de Causalidad

Si las pruebas de cointegración indican que las series bajo análisis están cointegradas, esto excluye la posibilidad de correlación espuria y además confirma la existencia de una relación de causalidad a largo plazo entre variables, sin embargo, no determina la direccionalidad. Para ello, 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 vector de corrección de errores (VECM), exclusivamente si las series bajo estudio son integradas del mismo orden. Esto elimina la posibilidad de estimar un modelo autorregresivo (VAR) para determinar causalidad entre variables, ya que este no se especifica en términos de cointegración (Ruiz Fuensanta, 2010).

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 la distorsión y estima la tendencia de ajuste que se produce en cada serie para restablecer el equilibrio en el largo plazo.

Además, el VECM permite distinguir entre la relación de corto y largo plazo al utilizar retardos en las variables. Siguiendo el análisis de Hakim y Merkert (2016) la construcción del VECM con las variables de ITAEE y PAS al igual que para ITAEE y CAR se puede expresar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \Delta \ln PAS_{i,t} = & \alpha_{it} + \beta_{it} ETC_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{ik} \Delta \ln PAS_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln ITAEE_{it-1} \\ & + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln ITAEE_{i,t} = & \alpha_{it} + \beta_{it} ETC_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{ik} \Delta \ln ITAEE_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln PAS_{it-1} \\ & + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\Delta \ln CAR_{i,t} = \alpha_{it} + \beta_{it} ETC_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{ik} \Delta \ln CAR_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln ITAEE_{it-1} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

$$\Delta \ln ITAEE_{i,t} = \alpha_{it} + \beta_{it} ETC_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_{ik} \Delta \ln ITAEE_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_{it} \Delta \ln CAR_{it-1} + \epsilon_{it} \quad (8)$$

Donde  $\Delta$  es el operador de primeras diferencias de las variables de *ITAEE*, *PAS* y *CAR* 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 termino de error que se supone ruido blanco<sup>8</sup>,  $\rho$  indica la extensión del rezago y  $ETC_{it-1}$  es el termino de corrección de error que resulta de la relación de largo plazo obtenida en la prueba de cointegración y evalúa la capacidad de ajuste de desequilibrios retardados<sup>9</sup>.

La prueba de causalidad formulada bajo el entorno de un VECM, postula que los impactos de una variable *Y* (variable dependiente) respecto de otra variable *X* (variables explicativas) pocas veces son instantáneos. Con frecuencia *Y* responde a *X* en un periodo de tiempo, el cual se busca capturar a partir de los rezagos en el modelo (Granger & Lee, 1989). Por ejemplo, la ecuación (5) indica que el movimiento de pasajeros por vía aérea (*PAS*) actuales se relaciona con los valores pasados de él mismo, al igual que con los de la actividad económica (*ITAEE*). Por su parte, la ecuación (6) toma como variable dependiente al *ITAEE*, pero sigue expresando la relación con los valores pasados de sí misma y de *PAS*. Un comportamiento similar se presenta para las ecuaciones (7) y (8), solo que ahora relacionando a la actividad de carga aérea con la económica.

### 3.3.4. 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 parametros 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

<sup>8</sup> Ruido blanco es un término de error no correlacionado con media cero y varianza constante.

<sup>9</sup> El modelaje de cointegración es el mismo para la muestra de Estados Centrales y Estados No Centrales.

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  $\beta_{it}$  deben ser estadísticamente significativos y negativos, además de variar entre cero y uno, dado que si el valor del coeficiente es positivo y mayor a uno el ajuste sería explosivo y muy poco razonable. Por ejemplo, si el coeficiente estimado es -0.11 y además resulta ser significativo, esto indicaría que aproximadamente el 11 por ciento del desequilibrio es corregido en un periodo de tiempo, que en este caso sería un trimestre. Por su parte, si el coeficiente representa un valor de -1.3 expresaría que en el primer trimestre se corrige aproximadamente el 130 por ciento del desequilibrio, lo que resulta ser poco coherente (Ruiz Fuensanta, 2010).

### **3.3.5. Causalidad de Corto Plazo**

Los efectos en el corto plazo se expresan 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 (5), (6), (7) y (8). Este vector de coeficientes se denomina como multiplicador de corto plazo o de impacto, porque muestra el cambio en el valor medio de la variable dependiente ante impactos a corto plazo de las variables independientes (efectos marginales) (Aldonat Beyzatlar, et al., 2014).

Para evaluar la direccionalidad de la relación causal en el corto plazo, se aplica la prueba estándar de Wald (Chi cuadrada). 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 presentaría una relación causal de corto plazo respecto a la variable independiente.

### **3.3.6. Prueba fuerte de causalidad de Granger**

La prueba fuerte de causalidad de Granger examina la significancia combinada de los coeficientes de largo y corto plazo expresados por  $\beta_{it}$  y  $\delta_{it}$  en las ecuaciones del modelo VECM, es decir, especifica si los factores rezagados funcionan como motor para restablecer el equilibrio de largo plazo.

La prueba permite en grado suficiente incorporar la heterogeneidad no observable en el panel de datos, al contrastar la hipótesis conjunta de  $H_0: \beta = 0$  y  $\delta = 0$  para todo

*i.* La prueba estándar de Wald (chi cuadrada) puede utilizarse para contrastar dichas hipótesis. Al incorporar los coeficientes de corto y largo plazo la prueba fuerte de causalidad de Granger puede mejorar los resultados del VECM (Baker, et al., 2015).

### **3.3.7. Modelos autorregresivos (VAR)**

Como se ha discutido en apartados anteriores, las propiedades estadísticas de la muestra condicionan el marco metodológico a seguir para analizar la vinculación entre variables. Si las pruebas de raíz unitaria expuestas en el apartado (3.2.1) indican que las series de ITAEE y PAS o ITAEE y CAR no presentan el mismo orden de integración, el análisis de causalidad tendrá que desarrollarse bajo un marco de modelos de vectores autorregresivos (VAR) (Aldonat Beyzatlar, et al., 2014), ya que en el modelo puede incluirse variables con tendencia determinista, variables estacionales o variable de tipo impulso (Novales, 2014).

La aplicación de modelos VAR en series de tiempo o panel de datos representan una práctica frecuente en los análisis de causalidad predictiva, el cual se desarrolla a través de un sistema de ecuaciones simultáneas, permitiendo la predicción conjunta de varias series que pueden estar relacionadas entre sí (Gujarati y Porter, 2010).

En los modelos de ecuaciones simultáneas se producen más de una ecuación de regresión, una por cada variable independiente, por lo que es necesario distinguir entre variables endógenas y exógenas en el modelo. Además, la estimación de ecuaciones simultáneas requiere cumplir con las condiciones de identificabilidad.

Como alternativa a dicho enfoque Sims (1980) propone la modelización de un VAR, el cual evita la imposición derivada de la estimación e identificación de un modelo econométrico, ya que se sugiere que si existe una verdadera simultaneidad entre un conjunto de variables no debería existir ninguna distinción a priori entre endógenas y exógenas, todas deberían tratarse en igualdad de condiciones.

De esta manera un modelo VAR está formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. Que sean ecuaciones de forma reducida nos indica que el conjunto de variables explicativas en cada ecuación está constituido por un conjunto de rezagos en cada una de las variables y que sean ecuaciones no restringidas significa que

aparece en cada una de ellas las mismas variables (Novales, 2014). De esta manera, las ecuaciones para la relación entre el PAS y ITAEE pueden ser especificadas como:

$$\ln ITAEE_{i,t} = \alpha_{1t} + \sum_{i=1}^{\rho} \beta_{it} \ln ITAEE_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \mu_{it} \ln PAS_{it-1} + u_{1t} \quad (9)$$

$$\ln PAS_{i,t} = \alpha_{2t} + \sum_{i=1}^{\rho} \beta_{it} \ln PAS_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \mu_{it} \ln ITAEE_{it-1} + u_{2t} \quad (10)$$

Y para la relación entre CAR e ITAEE:

$$\ln ITAEE_{i,t} = \alpha_{1t} + \sum_{i=1}^{\rho} \beta_{it} \ln ITAEE_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \mu_{it} \ln CAR_{it-1} + u_{1t} \quad (11)$$

$$\ln CAR_{i,t} = \alpha_{2t} + \sum_{i=1}^{\rho} \beta_{it} \ln CAR_{it-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \mu_{it} \ln ITAEE_{it-1} + u_{2t} \quad (12)$$

Donde:  $i = 1, 2, \dots, N$  unidades de sección transversal (entidades federativas) durante los periodos  $t = 1, 2, \dots, T$ ,  $\rho$  indica la extensión del rezago en las series y  $u_{it}$  es el termino de perturbación aleatoria, llamados impulsos o choques en términos del VAR.

Las ecuaciones simultáneas (9) y (10), al igual que la (11) y (12) pueden producir estimadores consistentes a través de mínimos cuadrados ordinarios si se cumplen los supuestos clásicos de normalidad, homocedasticidad y no autocorrelación entre las perturbaciones aleatorias y por lo tanto su interpretación es similar. Se contrasta el bloque de rezagos  $\mu_{it}$  y si resultan ser significativos, la variable contribuirá a la predicción de la variable dependiente (Díaz Fernández, et al., 2014).

En forma complementaria, el modelo VAR identifica las relaciones dinámicas entre variables a través de la construcción de funciones impulso-respuesta, las cuales recogen la reacción de las variables ante shocks externos no anticipados a través del componente de la perturbación aleatoria  $u_{it}$ . Por ejemplo, un shock inesperado en PAS que representa un valor no nulo de impulso en  $u_{2t}$ , afecta directamente a la composición estructural de PAS, pero también influye sobre el ITAEE a través de la presencia de PAS como variable

explicativa en la ecuación 9. Este análisis se da a partir de la descomposición de la varianza que profundiza los resultados al visualizar el peso de cada variable en la determinación de la desviación típica del error de predicción (Toda y Phillips, 1993).

## CAPÍTULO 4

### 4. Resultados empíricos

#### 4.1 Resultados de la prueba de raíz unitaria

El teorema de representación de Granger sugiere que para poder especificar un modelo econométrico que busque integrar dos variables en base a sus resultados a lo largo del tiempo, es necesario conocer sus propiedades estacionarias. Para cumplir con dicha condición preliminar y obtener resultados concisos se analiza el orden de integración de las variables de interés (ITAEE, PAS y CAR), mediante la prueba de raíz unitaria para panel de datos IPS (2003).

La prueba IPS contrasta las hipótesis:  $h_0: \alpha_i = 1$  para el agrupado de las secciones transversales, indicando que la serie es no estacionaria, contra la hipótesis alternativa  $h_a: \alpha_i < 1$  sugiriendo que al menos una sección transversal es estacionaria. Cuando la probabilidad obtenida de los coeficientes es menor a 0.05% se puede decir que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula e indicar que las series son estacionarias.

El contraste de las pruebas de raíz unitaria se puede desarrollar incluyendo o excluyendo tanto un término constante (intercepto) como una tendencia determinista. Esto con la finalidad de observar el papel que pudiese desempeñar estas dos variantes en procesos estocásticos de interés. Sin embargo, este documento no excluye la incorporación de un término constante, ya que es necesario producir coeficientes independientes en cada sección transversal del panel.

La Tabla 2 muestra los resultados de la prueba de raíz unitaria IPS, la cual indica que las series de ITAEE y PAS cuando se incorporan todos los datos de la muestra son individualmente no estacionarias en el valor de niveles. En cambio, cuando las series se expresan en primeras diferencias, ambos estadísticos permiten rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad a cualquier nivel de significancia.

Además, los resultados de ITAEE y PAS no se modifican cuando la muestra de datos se divide en Estados Centrales y Estados No Centrales, lo que indica que continúan siendo individualmente integrados de primer orden  $I(1)$ . Por lo tanto, es posible concluir que ambas variables son integradas del mismo orden, lo que sugeriría exponerlas a pruebas de cointegración.

**Tabla 2. Resultados de la prueba de raíz unitaria de la unidad de panel**

Variable	Deterministic	IPS (Im, Pesaran and Shin W-stat)			
		Level	Prob.	First difference	Prob.
<b>Toda la muestra</b>					
$ITAEE_{i,t}$	Individual intercept	-1.2097	0.1132	-20.1055	0.0000
	Individual intercept and trend	0.5653	0.7141	-20.1521	0.0000
$PAS_{i,t}$	Individual intercept	1.9766	0.9760	-25.5922	0.0000
	Individual intercept and trend	-0.4991	0.3089	-25.3222	0.0000
$CAR_{i,t}$	Individual intercept	-6.6226	0.0000	-42.4361	0.0000
	Individual intercept and trend	-4.1318	0.0000	-43.7597	0.0000
<b>Estados Centrales</b>					
$ITAEE_{i,t}$	Individual intercept	-0.7537	0.2255	-14.061	0.0000
	Individual intercept and trend	-1.1691	0.1212	-13.7815	0.0000
$PAS_{i,t}$	Individual intercept	3.5397	0.9998	-15.6483	0.0000
	Individual intercept and trend	-0.3279	0.3715	-16.4463	0.0000
$CAR_{i,t}$	Individual intercept	-	-	-	-
	Individual intercept and trend	-	-	-	-
<b>Estados no Centrales</b>					
$ITAEE_{i,t}$	Individual intercept	-1.0274	0.1521	-14.4535	0.0000
	Individual intercept and trend	2.0879	0.9816	-16.776	0.0000
$PAS_{i,t}$	Individual intercept	-0.1331	0.4470	-20.2598	0.0000
	Individual intercept and trend	-0.3787	0.3524	-19.3393	0.0000
$CAR_{i,t}$	Individual intercept	-	-	-	-
	Individual intercept and trend	-	-	-	-

*Nota: La duración del rezago se basa en el criterio de información de Schwarz (SIC).*

Por su parte, los resultados de raíz unitaria para la serie de CAR no permite rechazar la hipótesis nula, sugiriendo que se trata de una serie integrada de orden cero, es decir, estacionaria en el valor de niveles<sup>10</sup>. Las series de ITAEE y CAR no presentan el mismo orden de integración ya que la primera es integrada de primer orden y la segunda estacionaria, lo que no indicaría cointegración y condicionaría el análisis entre estas dos series bajo un marco de modelos de vectores autorregresivos.

## 4.2 Resultados de las pruebas de cointegración

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria para panel analizadas en la sección anterior indican que las series de ITAEE y PAS son integradas del mismo orden para los tres niveles de desagregación de la muestra (Toda la Muestra, Estados Centrales y Estados No

<sup>10</sup> Dado que la hipótesis alternativa de la prueba de Raíz Unitaria IPS (Im, Person y Shin (2003)) permite el contraste entre secciones transversales, no es necesario realizar el cálculo para Estados Centrales y no Centrales, ya que el resultado sería el mismo.

Centrales). Por lo tanto, el análisis sugiere investigar si estas dos series presentan una relación de largo plazo mediante las pruebas de cointegración de Pedroni (1999) (Tabla 3) y Johansen (1990) (Tabla 4).

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la prueba de cointegración de Pedroni para los tres escenarios posibles de desagregación de la muestra por estados. Como puede notarse, todos los estadísticos de dicha prueba permiten rechazar a cualquier nivel de significancia la hipótesis nula de ausencia de cointegración entre el ITAEE y PAS, con excepción del estadístico ADF, el cual en los tres escenarios resulta ser no significativo.

**Tabla 3. Resultados de la prueba de cointegración residual de Pedroni (between-dimension).**

	<i>PAS<sub>it</sub> and ITAEE<sub>it</sub></i>	
	<b>Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>Toda la muestra</b>		
Group Rho Statistic	-6.2228	0.0000
Group PP Statistic	-5.0610	0.0000
Group ADF statistic	1.3156	0.9059
<b>Estados Centrales</b>		
Group Rho Statistic	-6.8071	0.0000
Group PP Statistic	-5.0706	0.0000
Group ADF statistic	-1.5651	0.0588
<b>Estados no Centrales</b>		
Group Rho Statistic	-2.9752	0.0015
Group PP Statistic	-2.5446	0.0054
Group ADF statistic	1.0916	0.8625

*Fuente: elaboración propia.*

Por su parte, los resultados de la prueba de cointegración de Johansen se presentan en la Tabla 4, los cuales muestran que la hipótesis nula de no cointegración es rechazada tanto en el estadístico de la traza como en el del eigenvalor máximo a cualquier nivel de significancia y para cualquiera de las tres posibilidades de muestra. Por lo tanto, los resultados indican que las series de ITAEE y PAS cuando se involucra Toda la Muestra, Estados Centrales y Estados No Centrales desarrollan por lo menos una ecuación de cointegración.

Tomando en cuenta la prueba de cointegración de Pedroni y la prueba de cointegración de Johansen, se puede decir que existe suficiente evidencia para concluir

que la variable de ITAEE y la variable de PAS son cointegradas y desarrollan una relación causal de largo plazo.

**Tabla 4. Prueba de rango de cointegración para panel de Johansen Fisher (traza y eigenvalor máximo)**

Variable	Hypothesised no. of CE(s)	Fisher statistics (from trace test)	Prob.	Fisher statistics (from max-eigen test)	Prob.
<b>Toda la muestra:</b>					
$PAS_{i,t}$ and $ITAEE_{i,t}$	None	141.0	0.0000	116.1	0.0000
	At most 1	118.5	0.0000	118.5	0.0000
<b>Estados Centrales:</b>					
$PAS_{i,t}$ and $ITAEE_{i,t}$	None	45.12	0.0011	38.56	0.0076
	At most 1	36.11	0.0149	36.11	0.0149
<b>Estados No Centrales:</b>					
$PAS_{i,t}$ and $ITAEE_{i,t}$	None	94.95	0.0000	76.63	0.0002
	At most 1	82.22	0.0000	82.22	0.0000

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Resultados de Causalidad

Una vez establecida la presencia de cointegración entre las series de ITAEE y PAS, es posible analizar la relación causal en el corto y el largo plazo mediante la estimación de un modelo de corrección de errores (VECM), el cual nos indicara el sentido o dirección de dicha relación.

Vale la pena señalar que la estimación de causalidad bajo un modelo de corrección de errores es sensible a la selección del número de rezagos utilizados, ya que si existe una longitud óptima y se selecciona una cantidad menor de rezagos puede producirse según por omisión de variables relevantes. Por su parte, la selección de rezagos por encima de los necesarios reduciría los grados de libertad en el modelo disminuyendo la calidad, además de que podría producir sesgo por inclusión de variable irrelevante (Toda y Phillips, 1993).

Hurlin y Dumitrescu (2012) señalan que la selección óptima de rezagos debe cumplir la condición de  $T_i > 5 + 2K$  ( $T_i$  = tiempo analizado para cada sección transversal;  $K$  = longitud del rezago). Por su parte, Holtz-Eakin, et al. (1988) sugieren que la longitud del rezago debe ser menor a 1/3 del periodo de tiempo total establecido en cada sección transversal del panel de datos y de no ser así, pueden surgir problemas de sobre identificación en el modelo. Sin embargo, para aproximar de la manera más precisa

la selección de rezagos en el modelo, se utilizan los criterios de información LR, FPE, AIC, SC Y HQ especificados en la Tabla 5.

Los criterios de información indican a partir de los asteriscos que el número óptimo de rezagos para este modelo es de ocho. Como el análisis abarca un periodo de tiempo de 60 datos trimestrales, las sugerencias de Hurlin & Dumitrescu (2012) y Holtz-Eakin, et al. (1988) se respetan. Por lo tanto, ocho rezagos implica que el modelo captura efectos pasados de las variables de dos años atrás.

**Tabla 5. Criterios de Información para la elección de rezagos óptimos VECM.**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1527.158	NA	0.026227	2.034807	2.04188	2.037442
1	3257.626	9550.465	4.53E-05	-4.326847	-4.305629	-4.318943
2	3355.847	195.7899	3.99E-05	-4.452225	-4.416861	-4.439052
3	3427.814	143.2625	3.65E-05	-4.542666	-4.493157	-4.524224
4	3549.095	241.1103	3.12E-05	-4.698729	-4.635074	-4.675018
5	3917.781	731.9743	1.92E-05	-5.184006	-5.106205	-5.155025
6	3963.14	89.93485	1.82E-05	-5.239042	-5.147096	-5.204792
7	3973.409	20.33247	1.80E-05	-5.247384	-5.141292	-5.207865
8	4001.574	<b>55.69222*</b>	<b>1.75E-05*</b>	<b>-5.2795*</b>	<b>-5.15930*</b>	<b>-5.23475*</b>

*\*indicates lag order selected by the criterion.*

*LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level).*

*FPE: Final prediction error.*

*AIC: Akaike information criterion.*

*SC: Schwarz information criterion.*

*HQ: Hannan-Quinn information criterion.*

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 5 y 6). Este coeficiente debe ser significativo y un valor negativo entre cero y uno 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, aunque para aceptar una relación de causalidad de corto plazo es necesario someter dichos rezagos a la prueba chi-cuadrada de Wald.

La Tabla 6 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 explicativa. De esta manera, el primer modelo busca determinar si los valores pasados del crecimiento económico producen efectos sobre el total de pasajeros aéreos en el periodo actual.

El coeficiente  $B_{it}$  para la primera especificación resulta ser no significativo a ningún nivel de significancia, 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 si se producen efectos a partir de los rezagos cuatro, cinco y siete (valores resaltados en negrita en el modelo 1), lo que sugiere que un aumento en la actividad económica desarrolla impactos sobre la demanda de transporte aéreo de pasajeros después de un año.

**Tabla 6. Resultados de la causalidad a largo plazo para PAS e ITAEE.**

Explanatory factors	Model 1: $\Delta \ln \text{PAS}$	Explanatory factors	Model 2: $\Delta \text{ITAEE}$
1-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	-0.0494	1-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	<b>0.0212***</b>
2-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	-0.0513	2-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0008
3-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.1192	3-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0071
4-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.2007*</b>	4-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0030
5-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.2761**</b>	5-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0084
6-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.1530	6-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	<b>-0.0110*</b>
7-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.2020**</b>	7-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	<b>-0.0127**</b>
8-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.1714	8-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0015
Long-run causality ( $\beta_{it}$ )	-1.83E-05	Long-run causality	<b>-0.0657***</b>
Constant	<b>0.0076**</b>	Constant	<b>0.0019*</b>
R-squared	0.3170	R-squared	0.5344
Adjusted R-squared	0.3090	Adjusted R-squared	0.5289
Log likelihood	1048.258	Log likelihood	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.

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 del lento crecimiento de los ingresos disponibles. En términos de magnitud, los resultados sugieren que un aumento de un punto porcentual de la actividad económica conducirá a un crecimiento promedio de 0.2 por ciento del total de pasajeros aéreas, a partir del cuarto trimestre o su referente de un año. Los resultados pueden ser comparables a estudios como el de Hakim & Merkert (2016) y Mukkala & Tervo (2013) que presentan una relación causal en el corto plazo después de algunos periodos de tiempo, aunque debe resaltarse que el coeficiente  $B_{it}$  es significativo.

Por su parte, el modelo 2 busca capturar los efectos inversos en referencia al primer modelo, es por ello, que se toma como variable dependiente al crecimiento económico y como variable explicativa al tráfico de pasajeros aéreos.

Los resultados para el segundo modelo demuestran la presencia de 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  $B_{it}$  es estadísticamente significativo y presenta una velocidad de ajuste de -0.065, lo que indica que aproximadamente el 6.5 por ciento del desequilibrio producida entre las series es corregido en un periodo de tiempo. Los resultados son comparables con el análisis de Brida, et al. (2016), en su estudio macro para México.

Para el corto plazo, se presenta un efecto positivo casi inmediato desde PAS hacia el ITAEE, 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 un punto porcentual en el total de pasajeros transportados por vía aérea producirá un efecto de 0.02 por ciento en el crecimiento económico después de un trimestre.

En general, el estadístico F de la Tabla 6 revela que el modelo 1 y el modelo 2 son estadísticamente significativos, aunque el segundo presenta una mejor bondad de ajuste de los datos, llegando a representar el 53 por ciento de la variabilidad en los datos, mientras que el primero sólo representa el 31 por ciento de la variación. Mientras que 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 7 se presentan los resultados del VECM de la relación entre el ITAEE y PAS para la muestra que contiene a los Estados Centrales. El modelo 3 muestra un coeficiente  $\beta_{it}$  no significativo, lo que indica que no se produce una relación causal de largo plazo del crecimiento económico hacia el tráfico aéreo de pasajeros.

Por su parte, el modelo 3 demuestra significancia en los efectos de corto plazo cuando se permite un rezago de cinco a ocho trimestres en el periodo. 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 por ciento para el quinto rezago ante un aumento de la actividad económica de un punto porcentual.

**Tabla 7. Resultados de la causalidad a largo plazo para PAS e ITAEE en los Estados Centrales.**

Explanatory factors	Estados Centrales		
	Model 3: $\Delta \ln \text{PAS}$	Explanatory factors	Model 4: $\Delta \text{ITAEE}$
1-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	-0.0593	1-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0216
2-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	-0.1376	2-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0072
3-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.1044	3-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0199
4-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.2583	4-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0158
5-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.4614***</b>	5-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0193
6-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.5056***</b>	6-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	<b>-0.0257*</b>
7-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.4010**</b>	7-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	<b>-0.0289**</b>
8-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.4518***</b>	8-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0123
Long-run causality ( $\beta_{it}$ )	-0.0001	Long-run causality	<b>-0.0710***</b>
Constant	<b>1.9011*</b>	Constant	<b>0.0055***</b>
R-squared	0.2393	R-squared	0.6278
Adjusted R-squared	0.2130	Adjusted R-squared	0.6149
Log likelihood	408.555	Log likelihood	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.

Para el modelo 4, los resultados demuestran la presencia de una relación de causalidad unidireccional de largo con un coeficiente negativo entre cero y uno 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 no parecen distar considerablemente de los resultados de los modelos 1 y 2, es decir, cuando se acota la muestra hacia los Estados Centrales se obtienen conclusiones similares que cuando se analiza la muestra con el total de entidades federativas de México.

Sin embargo, el modelo 4 expresa algunas mejoras en sus resultados cuando se compara con el modelo 2. Por ejemplo, el valor de  $B_{it}$  es estadísticamente significativo y presenta una velocidad de ajuste de -0.071, mientras que en el modelo anterior representaba un valor inferior de -0.065. También, el modelo 4 presenta un mejor ajuste a los datos, representando alrededor del 62 por ciento de la variabilidad de los datos, mientras que para el modelo 2 representaba el 53 por ciento.

La Tabla 8 muestra los resultados del VECM para la muestra que representa a los Estados No Centrales. Al igual que las tabas anteriores, la tabla 7 corre dos modelos para investigar los posibles efectos que se pueden producir entre el crecimiento económico y el tráfico aéreo de pasajeros en cualquier dirección.

El modelo 5 no presenta evidencia suficiente para confirmar una relación de largo plazo que se mueva desde el ITAEE al PAS. Sin embargo, para el corto plazo, se muestran efectos significativos cuando se permite el rezago de 5 y 7 periodos de tiempo. 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  $B_{it}$  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 6, 7 y 8 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. Además, se contrasta la significancia conjunta de los coeficientes de largo y corto plazo obtenidos en los VECM mediante la prueba fuerte de causalidad de Granger para obtener resultados más robustos de causalidad de largo plazo en las diferentes muestras.

**Tabla 8. Resultados de la causalidad a largo plazo para PAS e ITAEE en los Estados No Centrales.**

Explanatory factors	Estados No Centrales		
	Model 5: $\Delta \ln \text{PAS}$	Explanatory factors	Model 6: $\Delta \text{ITAEE}$
1-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.0018	1-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	<b>0.0237***</b>
2-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	-0.0139	2-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0008
3-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.1182	3-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0035
4-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.2376	4-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	0.0014
5-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.3058**</b>	5-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.007
6-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.0993	6-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0098
7-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	<b>0.2496*</b>	7-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0064
8-trimestre lag of $\Delta \text{ITAEE}$	0.1389	8-trimestre lag of $\Delta \text{PAS}$	-0.0016
Long-run causality ( $\beta_{it}$ )	0.0003	Long-run causality	<b>-0.0641***</b>
Constant	0.0049	Constant	0.0006
R-squared	0.389	R-squared	0.4795
Adjusted R-squared	0.3781	Adjusted R-squared	0.4701
Log likelihood	679.4871	Log likelihood	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.

La tabla 9 presenta un resumen de los tres tipos de pruebas utilizados en este documento para identificar la direccionalidad de la relación causal entre el ITAEE y PAS: 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 significativos al nivel de cinco por ciento cuando se analiza tanto el total de entidades federativas de México como a los Estados Centrales. De esta manera, los resultados

sugieren la persistencia de 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 por aire 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 de corto plazo. El estadístico chi-cuadrado resulta ser significativo para los impactos que produce el crecimiento del transporte aéreo sobre el crecimiento económico y sugiere que el aumento de la actividad económica no repercute, al menos en el corto plazo, en el incremento de los flujos de individuos transportados por aire.

**Tabla 9. Resumen de las relaciones causales y la dirección de causalidad.**

Series	Variables	Short-run $X^2$ -statistics	Long-run causality (ECT)	Long-run causality $X^2$ -statistics (strong Granger causality)
Toda la muestra	<i>ITAE</i> → <i>PAS</i>	<b>16.8649**</b>	-1.83E-05	<b>18.83745**</b>
	<i>PAS</i> → <i>ITAE</i>	<b>24.1011***</b>	<b>-0.0657***</b>	<b>96.3734***</b>
Estados Centrales	<i>ITAE</i> → <i>PAS</i>	<b>18.0383**</b>	-0.0001	<b>18.2084**</b>
	<i>PAS</i> → <i>ITAE</i>	<b>14.3134**</b>	<b>-0.0710***</b>	<b>43.2566***</b>
Estados No Centrales	<i>ITAE</i> → <i>PAS</i>	12.5925	0.0003	13.2342
	<i>PAS</i> → <i>ITAE</i>	<b>15.7958**</b>	<b>-0.0641***</b>	<b>64.5008***</b>

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

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 del cinco por ciento cuando se involucra el total de la muestra y los Estados Centrales, sugiriendo una relación causal bidireccional de largo plazo. Por lo tanto, los resultados indican que el crecimiento del tráfico aéreo de pasajeros no solo conduce al crecimiento económico en el corto plazo, sino que se mantiene en el largo plazo. Lo mismo ocurre en dirección contraria.

Por su parte, la prueba fuerte de causalidad de Granger muestra una relación causal unidireccional para los Estados No Centrales, la cual, va desde crecimiento de pasajeros aéreos hacia el crecimiento económico, lo que confirma que no se presenta una relación ni de corto ni de largo plazo del crecimiento económico al tráfico aéreo.

Los coeficientes  $B_{it}$  obtenidos en el VECM son significativos solo en una dirección a todos los niveles de desagregación de la muestra, que va del crecimiento del tráfico aéreo al crecimiento económico. Además, los coeficientes significativos demostraron ser valores negativos entre cero y uno, lo que mejora la robustez de la prueba fuerte de causalidad de Granger.

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 por ciento, para los Estados Centrales de 7.1 por ciento y para los Estados No Centrales de 6.4 por ciento para restablecer el equilibrio de largo plazo.

#### **4.4. Resultado de causalidad. Modelo autorregresivo (VAR)**

Los resultados de la prueba de raíz unitaria IPS estimada en la sección (4.1) mostraron que las series referentes al crecimiento económico (ITAEE) y el transporte de carga por vía aérea (CAR) no contienen el mismo orden de integración, ya que la primera resulta ser integrada de primer orden y la segunda estacionaria. Esto indica que el mejor modelo para analizar la causalidad predictiva entre variables se puede desarrollar bajo la estructura de un vector autorregresivo (VAR), ya que este no está condicionado a los resultados de cointegración.

Al igual que el VECM, para modelar un VAR se requiere especificar el número de rezagos óptimos que se incluirán en las ecuaciones para evitar problemas en la estimación, ya que un VAR representa un sistema de variables que hace de cada variable endógena una función de su propio pasado y del pasado de otras variables endógenas. Por ejemplo, la inclusión de muchos términos rezagados consumirá muchos grados de libertad y de igual manera puede producir multicolinealidad. Agregar muy pocos rezagos provoca errores de especificación y se puede aceptar una relación causal entre variables cuando en realidad no existe o viceversa.

Una de las formas para determinar la elección óptima de rezagos es utilizar los criterios de decisión Akaike y Schwarz, aunque no se puede estar del todo seguro de no estar produciendo un grado de error en la elección. La Tabla 10 muestra los criterios de información LR, FPE, AIC, SC Y HQ, los cuales en su mayoría indican que el número de rezagos que debe incluirse en el modelo es de ocho.

**Tabla 10. Criterios de Información para la elección de rezagos óptimos VAR.**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-2251.121	NA	0.068049	2.988223	2.995277	2.990851
1	1797.448	8081.030	0.000319	-2.375926	-2.354765	-2.368045
2	1921.774	247.8262	0.000272	-2.535509	-2.500240	-2.522374
3	1955.260	66.66099	0.000261	-2.574615	-2.525239	-2.556225
4	2085.892	259.7051	0.000221	-2.742563	-2.679078	-2.718918
5	2326.812	478.3252	0.000161	-3.056780	<b>-2.97918*</b>	-3.027882
6	2328.255	2.860800	0.000162	-3.053388	-2.961689	-3.019236
7	2335.525	14.39507	0.000161	-3.057725	-2.951918	-3.018319
8	2355.397	<b>39.29763*</b>	<b>0.000158*</b>	<b>-3.07877*</b>	-2.958862	<b>-3.03411*</b>

*\*indicates lag order selected by the criterion*

*LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)*

*FPE: Final prediction error*

*AIC: Akaike information criterion*

*SC: Schwarz information criterion*

*HQ: Hannan-Quinn information criterion*

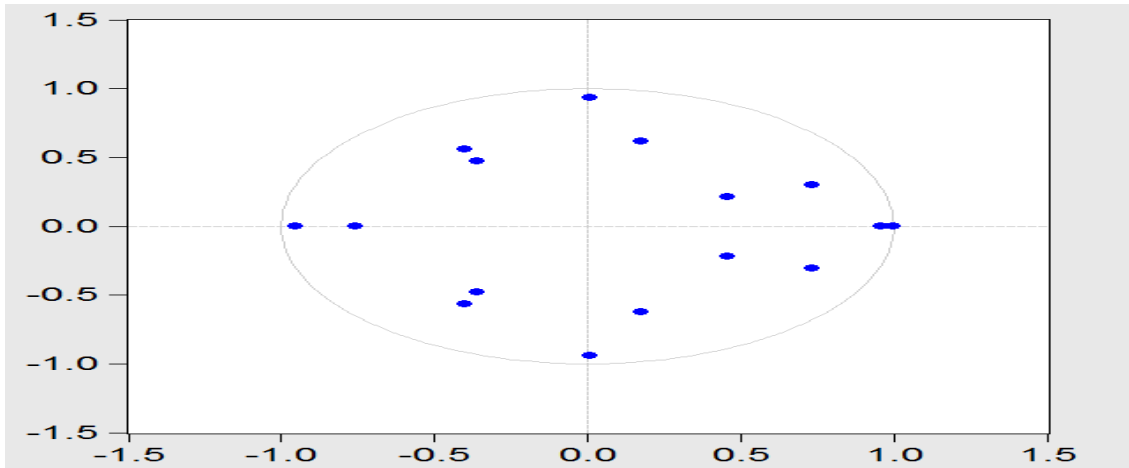
Para que el VAR estimado sea estable y que las funciones de impulso-respuesta sean válidas es necesario que las raíces regresivas inversas del polinomio caigan dentro del círculo unitario, es decir, que las raíces de los valores rezagados sean estacionarios (Lütkepohl, 1991).

La Ilustración 8 muestra que todas las raíces inversas del polinomio regresivo caen dentro del círculo unitario, lo que indica que el modelo VAR puede ser consistente, aunque algunos puntos están muy cerca del perímetro, lo que puede causar problemas en el desarrollo de la causalidad predictiva.

La Tabla 13 ubicada en el apartado de anexos muestra los resultados de la estimación del modelo VAR para las series de ITAEE y CAR. En vista que las ecuaciones contenidas son regresiones de MCO, los resultados pueden interpretarse de igual manera. El primer modelo indica que para la serie de CAR sólo los valores rezagados propios resultan ser significativos, mientras que los valores de ITAEE no presentan influencia

sobre la actividad de carga. Lo mismo ocurre en la segunda regresión, en donde solo los valores propios de ITAEE resultan significativos y no se encuentra evidencia de que la serie de CAR cause algún efecto.

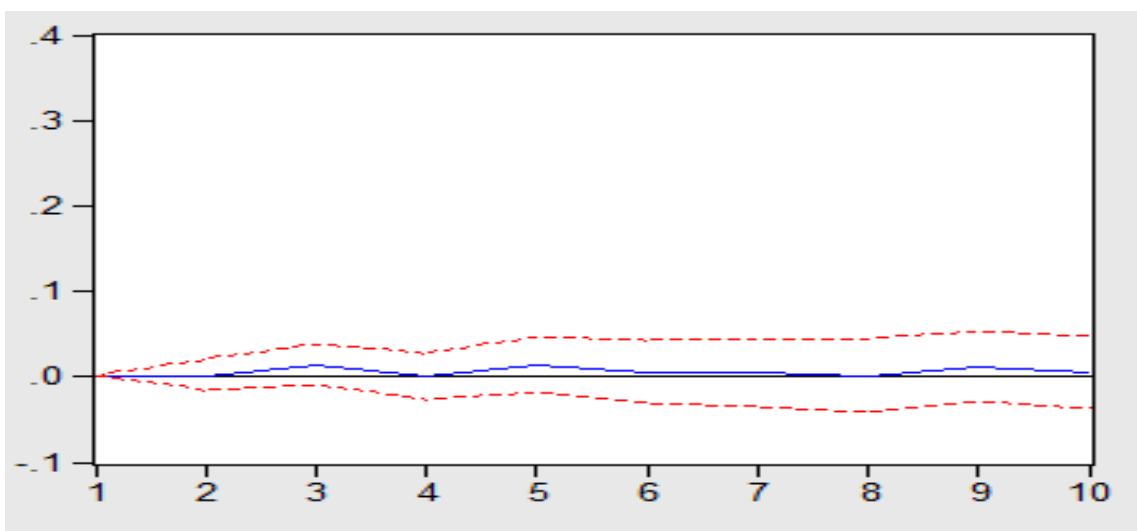
**Ilustración 8. Raíces autorregresivas del polinomio característico AR.**



Fuente: elaboración propia.

Con el fin de evaluar la intensidad de reacción de las variables ante shocks de las series que acompañan, se estiman las funciones de impulso respuesta. La Ilustración (9) muestra el efecto de choque que se generan en CAR ante un shock de un punto porcentual en el ITAEE. Mientras que la Ilustración (10) muestra el efecto de choque que se produce en el ITAEE ante un shock en CAR.

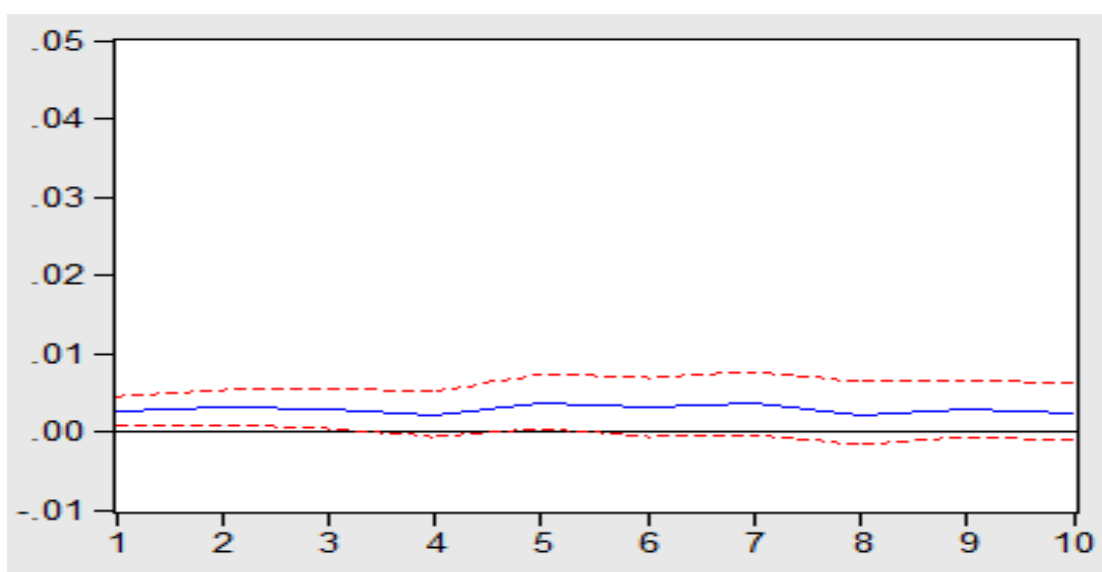
**Ilustración 9. Función impulso-respuesta del  $\ln\text{CAR}$  ante un aumento de 1% en  $\ln\text{ITAEE}$ .**



Fuente: elaboración propia.

Ya que el tamaño de shocks es estandarizado a un punto porcentual, el eje vertical indica el cambio porcentual de la variable que responde ante un cambio de la variable impulso después de  $t$  periodos de tiempo. Por ejemplo, en la Ilustración 9, la reacción de CAR ante un impulso de uno por ciento del ITAEE es muy poco significativa (0.009%), ya que la línea azul ronda el cero por ciento en casi todos los periodos de tiempo (la línea punteada de color rojo refleja el intervalo de confianza).

**Ilustración 10. Función impulso-respuesta del  $\ln$ ITAEE ante un aumento de 1% en  $\ln$ CAR.**



Fuente: elaboración propia.

Por su parte, la Ilustración 10 muestra que la serie de ITAEE reacciona casi de forma inmediata en el primer periodo y permanece hasta el diez. Sin embargo, el efecto es muy cercano a cero (0.002%), por lo que no muestra una relación causal fuerte. Los resultados en general de la estimación del VAR no muestran resultados de vinculación y las funciones respuesta presenta un efecto muy bajo de relación.

Sin embargo, para poder realizar inferencia estadística sobre los resultados y aplicar pruebas robustas de significancia o causalidad como las desarrolladas por Granger, es necesario que las perturbaciones aleatorias del modelo cumplan con los supuestos básicos de MCO. Para ello, se requiere realizar pruebas de diagnóstico en los errores.

La Tabla 11 expresa los resultados de la prueba de normalidad Jarque-Bera para las perturbaciones, mientras que la Tabla 12 muestra la prueba White de homocedasticidad. La prueba Jarque-Bera contrasta la hipótesis nula de normalidad y para aceptarla, la

probabilidad del estadístico requiere ser mayor a 0.05 por ciento en el nivel de significancia. Los resultados de la Tabla 11 indican que las perturbaciones obtenidas a través de las dos regresiones en el VAR presentan problemas de normalidad.

**Tabla 11. Prueba Jarque-Bera de normalidad sobre las perturbaciones**

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	100278.8	2	0.000
2	1517.315	2	0.000

*Fuente: elaboración propia.*

Por su parte, la Tabla 12 muestra los resultados de la prueba de homocedasticidad de White. En este caso se contrasta la probabilidad conjunta del modelo. La hipótesis nula:  $h_0$ : la varianza de los errores presenta homocedasticidad, contra  $h_a$ : la varianza de los errores presenta heteroscedasticidad. Para aceptar la hipótesis nula la probabilidad del estadístico debe ser menor al 0.05 por ciento. La prueba expresa que el modelo desarrolla problemas de heteroscedasticidad.

**Tabla 12. Prueba de White de homocedasticidad sobre las perturbaciones**

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
220.067	180	0.0224

*Fuente: elaboración propia.*

De esta manera, el modelo VAR, el cual busca capturar en este caso la relación entre el tráfico de carga aérea y el crecimiento económico en las entidades federativas de México, no puede utilizar la teoría clásica de MCO, ya que sus parámetros no son consistentes e insesgados, ya que las perturbaciones aleatorias no cumplen los supuestos clásicos de MCO. Por lo tanto, el estudio de la vinculación entre dichas variables a partir de la construcción de un VAR requiere corregir los problemas en las perturbaciones aleatorias, ya sea empleando variables dummy, variables instrumentales, etc.

## CONCLUSIONES

El presente documento tuvo como objeto de estudio proporcionar evidencia empírica sobre la relación causal en el corto y largo plazo entre el crecimiento económico y el tráfico de transporte aéreo (número de pasajeros y volúmenes de carga) para las entidades federativas de México, durante el periodo de 2003-2017. A la par, se planteó particionar la muestra de datos y examinar por separado a los estados con una fuerte concentración de la actividad aeroportuaria (Estados Centrales) y por su parte a estados con una baja participación nacional (Estados No Centrales), con el fin de ilustrar si los mayores niveles de transporte aéreo podrían influir en la vinculación entre variables. Esta separación muestral engloba una gran relevancia, ya que un rasgo característico que se ha presentado en los estudios empíricos sobre el tema es su falta de homogeneidad en los resultados, sugiriendo que la estructura del transporte aéreo o el nivel de desarrollo de las economías locales influyen en la determinación de la direccionalidad causal.

Los resultados empíricos que involucran la muestra para los Estados Centrales (Ciudad de México, Quintana Roo, Jalisco, Nuevo León, Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua, Yucatán y Sonora) sugieren la presencia de una relación causal bidireccional en el sentido de Granger entre el crecimiento económico y el transporte de pasajeros aéreos. Además, la relación causal bilateral persiste tanto en el corto como en el largo plazo, indicando que los efectos de las fluctuaciones del crecimiento económico sobre el movimiento de pasajeros no se dan de forma inmediata, ya que el análisis indica que se requiere del transcurso de un año para que el impacto sobre la demanda de transporte aéreo se presente, mientras que los efectos derivados del aumento del tráfico de pasajeros sobre la dinámica de la actividad económica se incorporan a partir del siguiente trimestre. Estos resultados van en sintonía con los encontrados por (Hakim & Merkert (2016), quienes analizan a algunos países del sur de Asia en expansión. Su relación mostro bidireccionalidad tanto en el corto como en el largo plazo. Algunos otros estudios como el de Chang & 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.

Por lo tanto, para los Estados Centrales se presenta una relación causal circular o en forma de ciclo, ya que, en sintonía con el marco teórico y conceptual del documento, se puede decir que en medida que una economía crece, se crean los recursos y condiciones

necesarias para el desarrollo de infraestructura y servicios de transporte de pasajeros por vía aérea, al mismo tiempo que se incentiva el crecimiento económico. Sin embargo, a pesar de la reciprocidad entre variables no se tiene certeza de que es lo que ocurre primero, ya que teóricamente el desarrollo de infraestructura y oferta de servicios de transporte aéreo pueden mejorar la accesibilidad y competitividad regional por sí sola y producir efectos sobre el crecimiento económico local, iniciando con el ciclo económico entre variables.

Los resultados de causalidad en sentido de Granger para los Estados No Centrales (Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas) demuestran una relación causal unidireccional que se mueve desde el número de pasajeros hacia el crecimiento económica, tanto en el corto como el largo plazo y los efectos se dan casi de forma inmediata después de un trimestre. En este caso, el desarrollo de infraestructura y servicios de transporte han incorporado un plus para el fomento del crecimiento económico local, el cual podía ser generado de forma directa o indirecta.

Sin embargo, el crecimiento de la actividad económica no demostró producir efectos sobre la dinámica del tráfico de pasajeros. Se intuye que esto podría ser consecuencia de particularidades espaciales en los Estados No Centrales, dentro de las que se pueden mencionar: 1) La mayoría de los estados contenidos en la muestra presentan una baja aportación a la actividad económica nacional, por lo tanto, el crecimiento económico local en términos absolutos puede tener poco impacto en la demanda de servicios aéreos. 2) Entidades federativas como Coahuila y el Estado de México que presentan economías relativamente grandes, disponen de aeropuertos internacionales con mayor vinculación en estados vecinos como Nuevo León y la Ciudad de México, por lo que la dinámica del crecimiento económico local puede estar generando impactos en el desarrollo del tráfico aéreo de estas entidades, lo cual podría justificar su baja actividad aeroportuaria. 3) Estados como Querétaro, San Luis Potosí y Puebla pueden considerarse como economías en expansión, en donde la dinámica económica aun no concreta una relación con el crecimiento del tráfico aéreo de pasajeros. Los resultados en general para los Estados no centrales se mantienen como lo expuesto por Rodríguez-Brindis, et al. (2015) en su estudio agregado para México y lo desarrollado por Brida, et

al. (2016) para Italia. Aunque como se ha mencionado solo se estudio la relación de largo plazo.

Adicionalmente, se estudió la vinculación entre el crecimiento económico y los movimientos de carga por vía aérea para las entidades federativas de México en el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, en este caso los resultados obtenidos a partir de la especificación metodológica no presentan condiciones estadísticamente admisibles, por lo tanto, carecen de significancia y consistencia.

Retomando los resultados para los Estados Centrales y los propios para los Estados No Centrales que incorporaron al movimiento de pasajeros aéreos y el proxy de crecimiento económico, se confirma que la dirección de la relación causal entre estas dos variables no puede ser considerada como un axioma dentro de la teoría económica, ya que la heterogeneidad entre países y regiones respecto a su estructura económica, características espaciales, culturales y sociales pueden producir resultados diversos entre países. Esto debe promover la investigación de esta relación en diferentes espacios económicos, ya que sus resultados contienen significativas implicaciones para las agendas de desarrollo nacionales, así como para los gobiernos locales, líneas aéreas, aeropuertos, empresas de logística y para la planificación de transporte.

La evidencia empírica para los Estados Centrales y No Centrales mostró causalidad que va del transporte aéreo de pasajeros al crecimiento económico, lo que implica que la actividad aérea regional tiene un impacto sobre la economía local. Por lo tanto, las estrategias de desarrollo deberían garantizar la supervivencia de la dotación de infraestructura y el dinamismo de la actividad aérea, que luego podría impulsar sectores locales como el turismo o la industria. Esta fuerte relación puede justificar el financiamiento y apoyo público en general para el desarrollo de los servicios aéreos, ya que los aeropuertos con poca actividad pueden sufrir problemas de ingresos antes de su consolidación.

Por su parte, sólo los Estados Centrales mostraron una relación causal que se mueve del crecimiento económico al movimiento de pasajeros. Por lo tanto, si se prevé que la dinámica económica puede incrementarse en los próximos años (ingreso per cápita), los responsables de la planificación aeroportuaria deberían ajustar sus perspectivas y modificar su dotación de infraestructura o servicios aéreos.

La industria de la aviación se caracteriza por sus requisitos de grandes cantidades de capital para emprender proyectos, lo que impone un reto a la hora de asegurar la inversión necesaria para responder al aumento de la demanda de transporte. Sin embargo, los resultados indican que los efectos no se dan sino hasta el transcurso de un año, por lo que se cuenta con tiempo de amortiguación para implementar los ajustes de inversión ante el crecimiento de la aviación pronosticado y evitar problemas de capacidad o logística y para beneficiarse del fuerte potencial de crecimiento a largo plazo.

Una posible limitación del análisis depende de la capacidad del sistema aéreo y su probabilidad de presenciar cambios drásticos en los patrones de la aviación futuros, que pueden provocar que su dinámica se modifique en comparación con la actividad económica. Esto puede provocarse por fluctuaciones repentinas y significativas en la formación del precio de los servicios aéreos. Sin embargo, de acuerdo con la ATAG (2014), como resultado del estancamiento del crecimiento económico y por la preocupación de la estabilidad macroeconómica, no se espera que la tendencia del tráfico aéreo se modifique notablemente en el corto plazo.

En estudios futuros se podría tratar de incorporar otras variables en el análisis, por ejemplo, datos sobre la inversión extranjera directa, actividad industrial, actividad turística, empleo, ingreso per cápita o ubicación geográfica, cercanía con mercados grandes, etc. y emplear marcos econométricos multivariados que puedan presentar un panorama más amplio sobre los determinantes de la evolución del tráfico aéreo en las entidades federativas de México.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldonat Beyzatlar, M., Karacal, M. & Yetkiner, H., 2014. Granger-causality between transportation and GDP: A panel. *Transportation Research Part A*, Volumen 63, pp. 43–55.
- Allroggen, F. & Malina, R., 2014. Do the regional growth effects of air transport differ among airports?. *Journal of Air Transport Management*, Volumen 37, pp. 1-4.
- Andalucía, A. E. d., 2001. Capítulo 2. 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. & Kamruzzaman, M., 2015. Regional aviation and economic growth: cointegration and causality. *Journal of Transport Geography*, Volumen 43, pp. 140-150.
- Berndt, E. R. & Hansson, B., 1992. Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden. *Scandinavian Journal of Economics*, Volumen Vol. 94, pp. 51-68.
- Beyzatlar, M. A., Karacal, M. & Yetkinerb, H., 2014. Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volumen Vol. 63, pp. pp. 43-55.
- BM, B. M., 2016. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD>: Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE..
- Breitung, J. & Pesaran, M. H., 2008. *Unit Roots and Cointegration in Panels*.
- Brida, J. G., Bukstein, D. & Zapata-Aguirre, S., 2016. Dynamic relationship between air transport and economic growth in Italy: a time series analysis. *International Journal of Aviation Management*, Vol. 3(No. 1), pp. pp. 52-67.
- Brida, J. G., Rodríguez-Brindis, M. A. & Zapata-Aguirre, S., 2016. Causality between economic growth and air transport expansion: empirical evidence from México. *World Review of Intermodal Transportation Research*, Vol. 6(No. 1), pp. pp. 1-15.
- Burdisso, T. & Sangiácomo, M., 2015. Series de tiempo en panel. Una reseña de la evolución metodológica. *ESTUDIOS BCRA*, Volumen 16, pp. 3-18.
- 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. & Taylor, S., 2000. International air transportation and economic development. *Journal of Air Transport Management*, Volumen 6, pp. 209-222.
- Campo, J. & Sarmiento, V., 2014. Un modelo de corrección de errores para la relación entre el consumo de energía y el PIB en Colombia (1970-2009). *Universidad Católica de Colombia*.
- Campos, J., 2012. Impacto de las patentes sobre el crecimiento económico: Un modelo panel cointegrado. *Industria y comercio*, Issue 2.
- Capdevielle, M., 2005. Procesos de producción global: ¿alternativa para el desarrollo mexicano?. *Comercio Exterior*, Vol. 55(Núm. 7), pp. 561-573.

- Cattaneo, M., Malighetti, P., Paleari, S. & Redondi, R., 2016. The role of the air transport service in interregional long-distance students' mobility in Italy. *Transportation Research Part A* , Volumen 93, p. 66–82.
- Chang, Y.-H. & Chang, Y.-W., 2009. Air cargo expansion and economic growth: Finding the empirical link. *Journal of Air Transport Management*, Volumen 15 , p. 264–265.
- Chica, R., Rivera, C., Reyes Posad, E. & Garzon, R., 1994. *Preguntas acerca del modelo neoliberal de desarrollo*. Primera edición ed. Bogotá: CEJA.
- Chi, J. & Baek, J., 2013. Dynamic relationship between air transport demand and economic growth in the United States: A new look. *Transport Policy*, Volumen 29, pp. 257-260.
- Cidell, J., 2010. Concentration and decentralization: The new geography of freight distribution in US metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, Volume 18(3), pp. 363-371.
- Comunian, R., Faggian, A. & Jewell, S., 2016. Talent on the move: creative human migration patterns in UK. *R. Comunian and A. Gilmore*, Volumen Higher Education and the Creative Economy: Beyond the campus, Routledge, pp. 102-122.
- Cruz, I. J., 2017. Impactos económicos de la salida del mercado de Mexicana de Aviación. En: Primera edición ed. Saltillo: Universidad Autónoma de Coahuila, pp. 13-14.
- Dargay, J. M. & Clark, S., 2012. The determinants of long distance travel in Great Britain. *Transportation Research Part A* , Volumen 46, p. 576–587.
- De Rus, G., Campos, J. & Nombela, G., 2003. Principios de economía de transporte. En: A. Bosch, ed. *Economía del Transporte*. Barcelona: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pp. 1-19.
- De Rus, G. & León, C., 1997. Economía del turismo. *Revista de Economía Aplicada*, Vol. 5(No. 15), pp. 71-109.
- Díaz Fernández, M., Llorente Marrón, M. d. M. & Méndez Rodríguez, P., 2014. Un modelo vectorial autorregresivo (var) aplicado a la fecundidad y nupcialidad en España. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, Volumen Vol. 15., pp. 99 a 109..
- Dobruszkes, F., Lennert, M. & Van Hamme, G., 2011. An analysis of the determinants of air traffic volume for European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, Volumen Vol. 19, p. 755–762.
- Dokmeci, V. & Betul, I., 1998. Spatial analysis of air passengers with respect to population and employment. *European Regional Science Association* .
- Dorta González, P., 2013. Aspectos básicos del transporte internaciona. En: *Transporte y Logística Internacional*. s.l.:Universidad de Las Palmas de Gran Canaria , pp. 4-18.
- Duch Brown, N., 2005. *La teoría de la localización*. Universidad de Barcelona.
- Duffy-Deno, K. T. & Randall, E., 1991. Public infrastructure and regional economic development: A simultaneous equations approach. *Journal of Urban Economics*, Vol. 30(3), pp. 329-343 .
- Eichengreen, B. & Gupta, P., 2009. *The Two Waves of Service-Sector Growth*: Indian council for research on international economic relations .

- Engle, R. & Granger, C., 2004. Econometría de las series de tiempo, cointegración y heteroscedasticidad condicional autoregresiva. *Cuestiones Económicas Vol. 20, No 2:3,2004*, Vol.20(2), pp. 85-119.
- Faggian, A., Comunian, R. & CherLi, Q., 2014. Interregional migration of human creative capital: The case of “Bohemian graduates”. *Geoforum*, Volumen 55, pp. 33-42.
- Fernandes, E. & Rodrigues-Pacheco, R., 2010. The causal relationship between GDP and domestic air passenger traffic in Brazil. *Transportation Planning and Technology*, 33(7), pp. 569-581.
- Franco, R. & Di Filippo, A., 1999. Globalización y regionalización: dimensiones sociales . En: *las dimensiones sociales de la integración regional en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL, pp. 19-49.
- Fujita, M., Krugman, P. & Venables, A. J., 1999. *The Spatial Economy Cities, Regions, and International Trade*. London, England : The MIT Press Cambridge, Massachusetts .
- García Shiaffin, Y., 2012. Capítulo 1. Aeropuertos. En: *Impacto ambiental de los aeropuertos*. México: UNAM, pp. 1-30.
- Goetz, A. R., 1992. Air Passenger Transportation and Growth in the U.S. Urban System, 1950–1987. *Growth and Change*, Volume 23(2), pp. 217-238.
- Granger, C. & Lee, T. H., 1989. Investigation of Production, Sales and Inventory Relationships Using Multicointegration and Non-symmetric Error Correction Models. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 4(5145-159).
- Gujarati, D. & Porter, D., 2010. Modelos econométricos dinámicos: modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos. En: J. M. Chacón, ed. *Econometría*. Quinta edición ed. México: Mc Graw Hill, pp. 617-669.
- Hakim, M. M. & Merkert, R., 2016. The causal relationship between air transport and economic growth: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography*, Volumen 56, p. 120–127.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W. & Rosen, H., 1988. Estimating Vector Autoregressions with Panel Data. *Econometrica*, Vol. 56(No. 6), pp. 1371-1395 .
- Hurlin, C. & Dumitrescu, E., 2012. *Testing for Granger Non-causality in Heterogeneous Panels*, <halshs-00224434v2>.
- Hu, Y. y otros, 2015. Domestic air passenger traffic and economic growth in China: Evidence from heterogeneous panel models. *Journal of Air Transport Management*, Volumen Vol. 42, pp. pp. 95-100.
- IATA, 2009. Economic benefits from air transport in Mexico. Recuperado de <https://www.iata.org/policy/Documents/Benefits-of-Aviation-Mexico-2011.pdf>
- Ima, K. S., Pesaran, M. H. & Shinc, Y., 2003. Testingfor unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics* , Volumen 115, pp. 53-74.
- INEGI, 2016. *Cuentas nacionales*. , México: Instituto nacional de estadística y geografía.
- INEGI, 2017. *Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal*, México: PIB y Cuentas Nacionales.

- Kiboi, J. W., Katuse, P. & Mosoti, Z., 2017. Macroeconomic determinants of demand for air passenger transport among selected airlines. *Journal of Business and Strategic Management*, Vol. 2(Num. 3), pp. 101-118.
- Kooa, T. T., Limc, C. & Dobruszkesb, F., 2017. Causality in direct air services and tourism demand. *Annals of Tourism Research*, Volumen 67, pp. 67-77.
- Krugman, P., 1991. Increasing Returns and Economic Geography. *Political Economy*, 99(3), pp. 483-499.
- Krugman, P., 1996. How the Economy Organizes Itself in Space: A Survey of the New Economic Geography. *Santa Fe institute*, Volumen 96-04-021, pp. 1-32.
- Krugman, P., 1998. Space: The final frontier. *Journal of economic perspectives*, Volumen 12, pp. 161-174.
- Küçükönala, H. & Sedefoğlua, G., 2017. The Causality Analysis of Air Transport and Socio-economics Factors: The Case of OECD Countries. *Transportation Research Procedia*, Volumen Vol. 28, p. 16–26.
- Lara, F. & López Guzmán, T. J., 2004. El turismo como motor de desarrollo económico en ciudades patrimonio Cultural de la humanidad. *Turismo y Patrimonio Cultural*, 2(2), pp. 243-256.
- Lindsey, C. y otros, 2014. Regional logistics hubs, freight activity and industrial space demand: Econometric analysis. *Research in Transportation Business & Management*, Volumen 11, pp. 98-104.
- Loría, E. G. & Sánchez, F. S. E., 2016. Effect of international tourist arrivals over unemployment and economic growth in Mexico, 2000.2-2015.2. *Universidad Nacional Autónoma de México.*, pp. 1-40.
- Lusthaus, C. y otros, 2002. El entorno institucional y el desempeño organizacional. En: *Evaluación organizacional: Marco para mejorar el desempeño*. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, pp. 25-41.
- Lütkepohl, H., 1991. Stable Vector Autoregressive Processes. En: *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Berlin: 3, pp. 13-66.
- Mabit, S. L., Rich, J., Burge, P. & Potoglou, D., 2013. Valuation of travel time for international long-distance travel – results from the Fehmarn Belt stated choice experiment. *Journal of Transport Geography*, Volumen 33, pp. 153–161.
- 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*. Instiuto L.R. Klein.
- Marazzo, M., Scherre, R. & Fernandes, E., 2010. Air transport demand and economic growth in Brazil: A time series analysis. *Transportation Research Part E*, Volumen 46, p. 261–269.
- Marshall, A., 2013 (1890). Industrial Organization, continued. The Concentration of the Specialized Industries in Particular Localities. En: *Principles of Economics*. ed. New York: Palgrave and Macmillan, pp. 222-232.
- Montero, R., 2013. *Test de Causalidad*, España : Universidad de Granada. .
- Mukkala, K. & Tervo, H., 2013. Air transportation and regional growth: which way does the causality run?. *Environment and Planning*, 45(6), pp. 1508-1520.

- Nicholson, W. & Snyder, C., 2010. Capítulo 7. Costos. En: *Microeconomía intermedia y su aplicación*. México: Cengage Learning, pp. 243-271.
- Novales, A., 2014. *Modelos vectoriales autoregresivos (VAR)*: Universidad Complutense.
- Pazos Casado, M. L., 2006. La infraestructura del transporte aéreo. En: M. C. Martos, ed. *Análisis económica de la liberalización del transporte aéreo: efecto sobre el sistema aeroportuario de Andalucía (1986-2001)*. Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 46-90.
- Percoco, M., 2010. Airport Activity and Local Development: Evidence from Italy. *Urban Studies*, 47(11), pp. 2427-2443.
- Profillidis, V. & Botzoris, G., 2015. Air passenger transport and economic activity. *Journal of Air Transport Management*, Volumen 49, pp. 23-27.
- Ramírez Velázquez, B. R., 2009. *Alcances y dimensiones de la movilidad: aclarando conceptos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (México). Departamento de Teoría y Análisis, CyAD.
- Ramos, I., 2011. El transporte como factor de desarrollo económico. En: *Transporte Y Desarrollo económico: un análisis para Bolivia, Colombia y Venezuela (1990 – 2005)*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, pp. 64-79.
- Rehman Khan, S. A. y otros, 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*, Volumen 58, pp. 125-134.
- Rodríguez-Brindis, M. A., Mejía-Alzate, M. L. & 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), pp. 127-144.
- Ruiz Fuensanta, M. J., 2010. Análisis del impacto de la I+D pública sobre la intensidad energética en la UE-15. *Universidad de Castilla-La Mancha*, Issue Num. 16, pp. 381-399.
- Sanabria Gomez, A., 2008. El papel del transporte en el crecimiento económico colombiano en la. *Apuntes del CENES*, Vol. 26 (No. 46), pp. 141 – 182.
- SCT, 2015. *Manual estadístico del sector transporte 2015*, México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte .
- Selva Sevilla, C., 2004. La inversión en capital humano y crecimiento económico: un enfoque desde la óptica del análisis regional. En: *El capital humano y su contribución al crecimiento económico*. España: Universidad de Castilla-La Mancha, pp. 65-108.
- Sims, C. A., 1980. Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, Vol. 48(No. 1), pp. 1-48.
- Sosnovskikh, S., 2017. Industrial clusters in Russia: The development of special economic zones and industrial parks. *Russian Journal of Economics*, Volumen 3, pp. 174-199.
- Toda, H. & Phillips, P., 1993. Vector Autoregressions and Causality. *Econometrica*, Vol. 61(No. 6), pp. 1367-1393.
- Van De Vijver, E., Derudder, B. & Wltlox, F., 2016. Air passenger transport and regional development: cause and effect in Europe. *Transport and Sustainable Development*, 28(2), pp. 143-154.

- Vázquez Barquero, A., 2009. Desarrollo Local, Una estrategia para tiempos de crisis.  
*Universitas Forum*, 1(2), pp. 1-11.
- Wooldridge, J. M., 2010. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. 4a edición  
ed. México.

## ANEXOS

**Tabla 13. Estimación del VAR para las series de ITAEE y CAR**

Explanatory factors	lnCAR	lnITAEE
1-trimestre lag of lnCAR	<b>0.7059***</b>	0.0031
2-trimestre lag of lnCAR	<b>0.1759***</b>	-0.0013
3-trimestre lag of lnCAR	0.0475	-0.0025
4-trimestre lag of lnCAR	<b>0.0798***</b>	0.0013
5-trimestre lag of lnCAR	0.0325	-0.0012
6-trimestre lag of lnCAR	<b>0.0747**</b>	0.0036
7-trimestre lag of lnCAR	<b>-0.0948**</b>	-0.0024
8-trimestre lag of lnCAR	0.0376	-0.0006
1-trimestre lag of lnITAEE	0.0366	<b>0.7304***</b>
2-trimestre lag of lnITAEE	0.3524	<b>0.1188***</b>
3-trimestre lag of lnITAEE	-0.5863	0.0312
4-trimestre lag of lnITAEE	0.4887	<b>0.5793***</b>
5-trimestre lag of lnITAEE	-0.356	<b>-0.5776***</b>
6-trimestre lag of lnITAEE	-0.2151	<b>-0.0746***</b>
7-trimestre lag of lnITAEE	0.3674	-0.0455
8-trimestre lag of lnITAEE	-0.0013	<b>0.1794***</b>
Constant	-0.3228	<b>0.2791***</b>
R-squared	0.9739	0.9142
Adjusted R-squared	0.9736	0.9133
Log likelihood	-612.59	2963.63
F-statistic	3486.01	993.76

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