



¿QUÉ TAN CONECTADO ESTÁ EL CONTINENTE AMERICANO Y EL CARIBE EN  
TÉRMINOS DE VUELOS COMERCIALES? UN ENFOQUE CON REDES.

AUTORES:

JUAN CARLOS GUAMANGA DORADO.

ANDRÉS FELIPE GRANADA ORTEGA.

DIRECTOR DEL PROYECTO:

CRISTIAN CAMILO HOYOS BERMEO.

UNIVERSIDAD ICESI.

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS.

CONTADURÍA PÚBLICA Y FINANZAS INTERNACIONALES.

ECONOMÍA.

SANTIAGO DE CALI.

2019

## TABLA DE CONTENIDO.

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
PALABRAS CLAVES. ....	4
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
KEY WORDS. ....	5
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
OBJETIVO GENERAL. ....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>10</b>
REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
<b>DATOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
DATOS.....	15
METODOLOGÍA. ....	17
TEORÍA DE GRAFOS.....	19
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS Y TABLAS.

Tabla 1. Códigos de la ISO-3166 encontrados en las bases de datos de la OACI. ....	16
Tabla 2. Conexiones aéreas entre los países de América y el Caribe. ....	17
Figura 1. Grafo que muestra los pases de la selección de Croacia en la final de la Copa Mundo de fútbol de la FIFA Rusia 2.018, donde los círculos son los nodos y las líneas las aristas. 18	
Tomado del Breve tutorial para visualizar y calcular métrica de Redes (grafos) en R para Economistas de Alonso & Carabalí. ....	18
Figura 2. Ejemplos de grafo desde la definición geométrica. Tomado de Una breve introducción a la Teoría de Grafos de Menéndez. ....	20
Figura 3. A) Grafos no dirigidos; B) Grafos dirigidos; C) Grafos no ponderados; D) Grafos ponderados. ....	22
Tomado del Breve tutorial para visualizar y calcular métricas de Redes (grafos) en R para Economistas de Alonso & Carabalí. ....	22
Figura 4. Grafos de las conexiones aéreas desde el 2003 al 2018. Elaboración propia con información de la OACI. ....	27
Gráfica 1. Diámetro de la Red. ....	28
Gráfica 2. Densidad de la red. ....	29
Gráfica 3. Transitividad de la red. ....	29
Gráfica 4. Distancia de la red. ....	30
Tabla 3. Grado de Centralidad de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado. ....	34
Tabla 4. Medidas Globales de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado. ....	34
Tabla 5. Métrica Cercanía de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado. ....	35
Tabla 6. Puntaje de Autoridad de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado. ....	36
Tabla 7. Betweenness de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado. Elaboración propia con información de la OACI. ....	36
Tabla 8. Excentricidad de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado. Elaboración propia con información de la OACI. ....	37

## **RESUMEN**

El siguiente proyecto tiene como fin estudiar la conectividad aérea en América y el Caribe, medida en el número de vuelos que existen entre los países de este continente. Esta investigación se hizo a través de la Teoría de Redes Sociales, construyendo una serie de Grafos para cada año, desde el 2003 hasta el 2018. Para esto, se utilizaron datos proveídos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), para el periodo estudiado. Adicional a esto, se calcularon un conjunto de métricas tanto locales, globales como unas agregadas a la red, con el objetivo de describir y caracterizar los grafos de una forma más precisa.

Los resultados más relevantes de la investigación muestran que la aviación comercial ha aumentado en el continente, debido al crecimiento en el número de conexiones y frecuencias entre los países al interior de la red. Así mismo, se encontró que, aunque el crecimiento ha sido similar para todos los países, continúa existiendo una polaridad dentro de la red, en donde unos pocos países concentran el mayor número de conexiones, mientras otros apenas logran conectarse a ella. Estos resultados sugieren que la variación en el transporte aéreo va en el mismo sentido que el proceso de globalización que está viviendo el mundo.

## **PALABRAS CLAVES.**

Aviación comercial – Continente Americano – Grafo – Conexión aérea – Redes.

## **ABSTRACT**

The following project aims to study the air connectivity in America and the Caribbean, measurement in the number of flights made between countries in this continent. this research was conducted through of the Network Theory building a different Graphs for every year, from 2003 to 2018. For this, were used data from International Civil Aviation Organization (ICAO), for the period studied. Additionally, a set of local, global and aggregate metrics were calculated to the network, with the aim of describing and characterizing the graphs in a more precise way.

The results more relevant of the investigation indicate the increase of commercial aviation due to growth of the connections and frequencies between countries inside the network. Moreover, it was found that although the growth has been similar for most countries continues to exist a polarity because few countries concentrate the most flights, while other countries can barely connect to network. These results suggest that the variation in air transportation goes in the same way than globalization process.

## **KEY WORDS.**

Commercial aviation – American continent – Graph – Air connetction – Networks.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado como el actual, donde el comercio internacional ha tomado más protagonismo y las labores y actividades de las personas han generado que el tiempo se convierta en un bien valioso e importante, el transporte aéreo de pasajeros está en permanente expansión. Chi & Baek (2013) encontraron que en el largo plazo la demanda tiende a aumentar con el crecimiento económico y en el corto plazo se ve afectada por los *shocks* de la economía. Por lo tanto, los pasajeros aumentarán gracias al avance económico, ya que se están creando tarifas estratégicas que han generado la posibilidad que tomar un servicio aéreo hoy en día sea más fácilmente que antes. Como lo muestra el Banco Mundial (2017), el transporte aéreo se incrementó 2,4 veces desde el 2003 hasta el 2017. Esto muestra el futuro prometedor del sector, porque la globalización facilita el crecimiento exponencial de la industria.

Entonces, su influencia en la economía mundial es significativa, donde “actualmente aporta el 3,6% de la actividad mundial, generando aproximadamente 65,5 millones de empleos” (Air Transport Action Group [ATAG], 2018, p.6). Estas cifras son evidencias de su impacto en las economías, tomando un rol importante en el avance económico de las naciones. La situación es similar para América y el Caribe, ya que “en el 2014 la aviación contribuyó al PIB con 167 mil millones de dólares, generando 5,2 millones de empleos (...) Además, la conectividad permite el turismo, facilita el comercio, la inclusión social y la promoción del intercambio de conocimientos e ideas” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2017, p.1). Debido a esto, las naciones han reaccionado ante este avance, diseñando políticas públicas para el beneficio mutuo y entrando en la participación del mercado aéreo.

Por lo anterior, cada uno de los países ha decidido entrar en la competencia del transporte aéreo de pasajeros. Y esta participación se ha dado por medio de aerolíneas de propiedad gubernamental, que generalmente dominan el mercado doméstico. Estas empresas se les denomina aerolíneas banderas, y ejemplos de estas podemos mencionar a Aerolíneas Argentinas, Tame (de Ecuador), Iberia (de España), Air China, entre otros.

Y es que la aviación se ha vuelto incluso más importante que el transporte terrestre y marítimo. Es más, según predicciones de la Aeronáutica Civil de Colombia y

Fedesarrollo, por ejemplo, estiman un crecimiento aún mayor para los próximos años, donde crecería la demanda y, con ella, la oferta, la flota de aviones, las aerolíneas y las economías mundiales. Además, por este crecimiento de la demanda de vuelos, han surgido nuevas aerolíneas para satisfacer esta necesidad y, las ya existentes, han introducido nuevas rutas. Es así como en la actualidad se puede escoger entre varios vuelos que conectan a diversas zonas del planeta, incluso a lugares muy remotos donde ni el transporte terrestre ha podido llegar.

La industria ha formado una fuerte conectividad a lo largo y ancho del planeta, buscando transportar a miles de personas. Ese es el objetivo de las aerolíneas, desarrollar nuevas rutas para conectar una determinada ciudad con otra y que, además, sea rentable. Entonces, según Pearce (2007) una conexión aérea es “un resumen del alcance del acceso entre un aeropuerto o país individual y la red global de transporte aéreo y debe tener 4 propiedades: ser realista, intensiva, normalizado y global” (citado en Arvis & Shepherd, 2011, p.7). Y el mundo ya está viviendo esta conexión, por el avance de la industria y sus estrategias para continuar su crecimiento.

Además, como lo afirma la Ministra de Transporte de Colombia, Ángela María Orozco citada por la Aeronáutica Civil de Colombia (2018), “la conectividad aérea fortalece la competitividad y la economía del país (...)”. En otras palabras, la aviación influye en las economías nacionales no solo en el sector transporte, sino también en el turismo, hotelería, comercio, etc.

Po lo tanto, este trabajo analiza la conectividad de los vuelos de América y el Caribe<sup>1</sup> para los años 2003 al 2018, mediante rutas ofrecidas por aerolíneas públicas y/o privadas y cómo, con el transcurrir del tiempo, éstas van aumentando. Por ejemplo, Colombia, hasta hace unos años, “sólo tenía 30 conexiones con otros países (...) pero al cierre del 2017 registraba 60” (Portafolio, 2018). Asimismo, el número de aerolíneas extranjeras que operan en el país han aumentado para estimular estas conexiones, donde “en el 2011 se contaban 28 y al cierre de 2017 Colombia ya sumaba 34” (Portafolio, 2018). Esta situación se refleja con los datos suministrados por OACI (2018), donde Colombia pasó de tener aproximadamente 46976 vuelos en el 2011 con 10 destinos internacionales a tener 92469 vuelos con rumbo a 20 naciones, sólo

---

<sup>1</sup> Vuelos entre países de la región estudiada.

contando los destinos del continente. Algo similar pasa con los otros países americanos quienes, con el transcurrir del tiempo, han aumentado sus operaciones.

Por otro lado, para mostrar de manera gráfica esta conectividad, se hará uso de la Teoría de Grafos, que establece que “un grafo es un conjunto, no vacío, de objetos llamados nodos (...) y aristas que pueden ser orientadas o no (...) representado mediante una serie de puntos conectados por líneas” (Universidad de Pamplona, 2012). Esto se ha convertido en una herramienta muy útil para profesionales de diferentes áreas, como los economistas, porque este “análisis (...) permite evaluar de manera simultánea las relaciones dentro de grupos y las cualidades de cada miembro, permitiendo entender la interdependencia y las conexiones informales y formales dentro de una sociedad” (Alonso & Carabalí, 2019, p.1 y 2). Por esta razón, se usará en el trabajo para mostrar más detalladamente los resultados del proyecto.

Ante este panorama, se hace necesario realizar investigaciones que aporten información sobre el estado de la conectividad. Nos enfocaremos en el continente americano y el Caribe, tomando como base trabajos investigativos que han hablado sobre el tema. Además, se usará del software R para reproducir grafos, mediante nodos y aristas. Finalmente, se realizarán mediciones que nos muestren información adicional que resulte útil para el presente trabajo investigativo. De esta manera, esperamos obtener las conclusiones pertinentes para establecer el grado de conectividad aérea que actualmente existe en América y el Caribe en términos de vuelos comerciales, buscando cumplir nuestro objetivo general.



# OBJETIVOS

## Objetivo general.

Establecer el nivel de conectividad aérea que hay en el continente americano y el Caribe mediante los vuelos comerciales usando un análisis de redes.

## Objetivos específicos.

- Explorar la literatura disponible relacionada a la conexión aérea en el continente americano y el Caribe.
- Analizar las bases de datos brindadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, por sus siglas en español; ICAO, por sus siglas en inglés) por medio de visualizaciones de grafos.
- Desarrollar métricas que permitan obtener información sobre el nivel de conectividad aérea de la red de vuelos comerciales para América y el Caribe.
- Examinar los resultados obtenidos y elaborar las conclusiones respectivas.

## MARCO CONCEPTUAL

### Revisión de literatura.

A continuación, se presentan estudios desarrollados por diversos autores enfocados en medir la conectividad aérea a nivel internacional, como también en el continente americano y el Caribe, lugar objetivo de nuestro proyecto de investigación.

Allroggen, Wittman & Malina (2015) en su estudio *How air transport connects the world – A new metric of air connectivity and its evolution between 1990 and 2012*, plantean algunas medidas de centralidad en la conectividad aérea, mediante una “ponderación de calidad” que cubre el comportamiento de los pasajeros, en términos de qué tan dispuesto está el pasajero de viajar en determinada ruta. Este estudio se realizó para el período 1990-2012, tiempo donde transcurrieron los principales cambios en la industria mediante la desregulación y la liberalización en diferentes países, regiones y el surgimiento de alianzas de aerolíneas globales y nuevos modelos de negocios. Para esto, los autores definen tres niveles: el primero. El de Identificación de Enlace, que identifica si existen conexiones regulares entre aeropuertos. Segundo, la Calidad de Enlace, que establece las frecuencias y el grado de directividad y, tercero, el Destino, que tiene en cuenta el nivel económico de una conexión en términos de una interacción potencial.

Para esto utilizan 4 indicadores: el Índice de Conectividad, que mide la calidad y la cantidad de todas las conexiones que están disponibles para los pasajeros en un aeropuerto específico durante un período de tiempo definido. El otro es el Modelo de Itinerario, el cual parametriza la identificación del conjunto de todas las rutas de cada aeropuerto de salida, que están disponibles para los pasajeros, distinguiendo dos tipos de enrutamiento, uno sin escalas y otro con una escala. Ahora, el Índice de Centralidad de Hubs Globales, que mide la calidad y la cantidad de todas las conexiones que están disponibles para los pasajeros y pasan por un aeropuerto de traslado específico durante un período de tiempo definido. Un último indicador es el Modelo de Calidad de Destino, que evalúa el nivel de interacción económica potencial a la que un aeropuerto da acceso, conociendo su área geográfica.

Los resultados desde la perspectiva de centralidad expresan que entre 1990 y 2000, el 93% del GHCI (índice de Hubs globales) se concentraban en Estados Unidos y Europa. Después del año 2000, este índice aumentó constantemente en Europa y en Asia y se mantuvo constante en Estados Unidos. Los principales hubs en Europa fueron Frankfurt, Londres Heathrow y París CDG. En Asia, el mayor aumento se produjo en los aeropuertos de China-Pekín Capital, seguidos por los de Japón-Narita y Corea del Sur-Incheon. En Norteamérica los aeropuertos en donde se concentró el GHCI fueron los aeropuertos de Atlanta, Charlotte, Newark y Filadelfia, cada uno sede principal de una aerolínea diferente. Con respecto al Índice de no-escalas en el periodo 1990-2002, se incrementó en 86,3% y se concentró en Estados Unidos, Europa y Japón, pero con una proporción menor al total global.

Por otro lado, Burghouwt & Redondi (2013) en su proyecto investigativo *Connectivity in air transport networks: an assessment of models and applications*, usaron dos diferentes modelos de conectividad aérea: *Top of the ranking* y el Modelo de Correlación. Éstos fueron aplicados a un panorama de aeropuertos europeos, en vuelos domésticos, internacionales e intercontinentales. “Tuvieron en cuenta 224 aerolíneas, 485 aeropuertos, 5200 rutas, aproximadamente 17000 vuelos, 74000 conexiones y un aproximado de 2,5 millones de sillas por día (Burghouwt & Redondi, 2013, pág.41)”. Con todos estos datos, los autores buscaban mostrar resultados con los dos modelos mencionados anteriormente para demostrar la conectividad aérea.

En el que denominaron Modelo *Top of the ranking*, obtuvieron resultados enfocados al número de conexiones, número de vuelos, número de sillas ofrecidas en los vuelos diarios y el número de rutas. Con esta información obtenida, realizaron un ranking entre los aeropuertos incluidos en la investigación. Además, concluyeron que era un modelo apropiado para evaluar las conexiones, vuelos y aeropuertos. Por ejemplo, el aeródromo Heathrow de Londres quedó como el primero en número de asientos ofrecidos en vuelos diarios, pero segundo en número de vuelos y cuarto en número de destinos. Con base a la situación anterior, usaron otro modelo, el de correlación. Con esto concluyeron que hay una fuerte correlación entre las medidas de centralidad y las variables relacionadas, como lo son el número de sillas, de vuelos y de destinos.

Por otro lado, Arvis & Shepherd (2011) en su libro *The Air Connectivity Index: Measuring Integration in the Global Air Transport Network*, usan el concepto de Nodo

para realizar un modelo de medida de conectividad aérea. Aunque al principio citan a al autor Pearce (2007) aclarando que usaban varios conceptos, términos y estrategias que él usó para su investigación acerca de la Conectividad Aérea, ellos igualmente realizan su trabajo investigativo usando bases de datos suministrados por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA).

Ahora, partieron de la definición de Conectividad Aérea como “un resumen del alcance del acceso entre un aeropuerto o país individual y la red global de transporte aéreo, y que debe tener 4 propiedades: ser realista, intensiva, normalizado y ser global. Posteriormente, exponen el índice que usaron para realizar el estudio de conectividad. Con base a lo anterior, los autores usan los denominados Nodos para poder realizar el estudio, donde cada uno de ellos (representado gráficamente mediante un círculo) representa un país, un aeropuerto, puertos o algún otro concepto relacionado con la aviación.

Ahora bien, para cumplir con el objetivo de la investigación, Arvis & Shepherd usaron los datos suministrados por la base de datos de IATA de vuelos entre 200 países del mes de junio del 2007. Usando aproximaciones econométricas, regresión y gráficas que involucran nodos y redes, se concluyó que para ese mes el país con más conexiones fue Estados Unidos (22%), seguido por Canadá (13%) y Alemania (12%). Además, se evidenció que países asiáticos, americanos y africanos ocuparon la parte media del ranking y las naciones de Oceanía cerraron la tabla de resultados.

Posteriormente, presentaron algunos otros índices como el Tráfico Compartido, el número de conexiones directas, el coeficiente de agrupamiento, el coeficiente de agrupamiento ponderado, entre otros, y los compararon con estadísticas similares de otros proyectos de investigación. Finalmente, sugirieron realizar permanentemente este tipo de estudios para poder realizar políticas públicas adecuadas al respecto, usando información confiable y pertinente. Esto argumentando que la industria de la aviación ha ido tomando tanta importancia para las economías de cada nación como la mundial. Asimismo, porque también otras industrias, como la hotelera y turismo, han crecido y técnicamente dependen de la aviación en gran medida.

Por otro lado, Zanin & Lillo (2013) en su proyecto *Modelling the air transport with complex networks: A short review* buscan explicar cómo la industria puede ser

representada por diversos tipos de redes, así como otros sectores de la economía. Teniendo en cuenta en primera medida que en el sistema de transporte aéreo intervienen muchos y diferentes elementos que interactúan y trabajan juntos, uno de esos sistemas que se puede emplear es en la que intervienen los denominados nodos. Una vez más, estos autores describen a un nodo como “un aeropuerto, puerto, países, etc., y una unión entre dos nodos es originado cuando existe un vuelo directo entre dos aeropuertos asociados con los nodos”.

Para realizar este tipo de red donde se involucra los nodos, los autores plantean una serie de inconvenientes y/o sugerencias, como también aclaraciones necesarias al respecto. Comenzando, ellos esclarecen que existen diversos tipos de redes, como los dirigidos y los no dirigidos. Adicionalmente, sugieren algunas situaciones que pueden generar problemas con la realización del sistema. Uno de ellos, la diferencia de sillas disponibles para pasajeros de un avión tipo ATR y otro tipo Airbus. Asimismo, también para el tema de transbordo de un vuelo a otro. Sin embargo, concluyen que no sería mayor problema, pero que sería conveniente tenerlos en cuenta.

Debido a esto, los autores plantean dificultades en el sistema que ellos plantearon, debido a las diferencias en el tamaño de los aviones y por los transbordos que se pueden presentar en un vuelo. Por un lado, ellos establecen que, debido a los diferentes tamaños de las aeronaves, unas aerolíneas ofrecen más sillas que otras, lo que dificulta al estudio porque es una variable que afecta significativamente, ya que un avión puede realizar varios viajes, pero tener capacidad de sólo algunas sillas, que comprado con otro que también puede realizar la misma cantidad de viajes, pero con más capacidad. Por otro lado, los transbordos también es una variable que afectaría el estudio, según los dos investigadores. El motivo es porque hay algunos vuelos que no realizan paradas técnicas y lleva la misma cantidad de pasajeros hasta su destino, pero los que hacen transbordos pueden terminar al aeropuerto de destino con más o menos pasajeros, presentando un problema a la hora de establecer los grafos de conexiones entre un lugar y otro.

Reggiani, Nijkamp & Cento (2010) en su estudio *Connectivity and concentration in airline networks: a complexity analysis of Lufthansa's network* hacen un estudio de redes enfocados en la información de Lufthansa, principal aerolínea de Alemania y del mundo. Para esto utilizan una batería de indicadores: grados, cercanía,

intermediación, diámetro y coeficiente de agrupamiento. Además, utilizan otros indicadores que son traídos de la teoría económica como el Índice de Gini, para medir la concentración, y el Índice de Freeman para medir la centralidad. Para complementar el análisis, los autores crean 4 redes de estudio, A1 Y A2 para los vuelos Lufthansa en Europa y en el mundo, y B1 Y B2 para los vuelos de Star Alliance (alianza en la cual está incluida Lufthansa).

Como resultado, mostraron que en todas las redes se puede encontrar que los aeropuertos de Frankfurt y Múnich tienen los Grados más altos. Otro indicador para tener en cuenta es el coeficiente de agrupamiento, que mide como se relacionan y enlazan cada uno de los nodos. Los valores para todas las redes presentan variables significativas: para las redes A1 Y A2, Frankfurt y Munich dominan, mientras que para las redes B1 Y B2, son otros aeropuertos emergentes los que aparecen.

Continuando con los resultados obtenidos, explican que el Indicador del diámetro permite observar cómo los patrones influyen en la capacidad de moverse dentro de la red. Tanto A1 como A2 tienen un diámetro de 4, mientras que B1 y B2 tienen un diámetro de 2. Esto se puede justificar solo si no hay diferencia significativa en la configuración geográfica entre A1 y A2, aproximadamente un concentrador y un radio, mientras que B1 y B2 pueden ser una mezcla de concentrador y radio y redes punto a punto. En otras palabras, la integración de Lufthansa en la red de *Star Alliance* reduce la distancia de viaje, ya que los pasajeros pueden beneficiarse de más conexiones y, por tanto, rutas más cortas para viajar entre el origen y el destino. Esto tiene implicaciones importantes en el contexto de nuestro estudio, porque implica que las redes de Lufthansa se reducen, cuando consideramos los vuelos de todos los miembros de *Star Alliance*.

Estos son algunos de los proyectos investigativos encontrados en la búsqueda de literatura, pero no significa que fueron los únicos. Encontramos diversos tipos de trabajos liderados por profesionales y académicos, como también informes de organizaciones reguladoras de la aviación y entidades enfocadas a la investigación. Por ejemplo, de la Aeronáutica Civil de Colombia, Fedesarrollo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), etc. Estos no se incluyeron en el Marco Conceptual, pero se tuvieron en cuenta para el desarrollo del trabajo.

## DATOS Y METODOLOGÍA

### Datos.

Los datos empleados para el presente proyecto son el total de vuelos en un año entre países correspondientes a América y el Caribe. Esta información fue obtenida de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), agencia internacional perteneciente a la Organización de Naciones Unidas (ONU) que regula la aviación civil y comercial. Además, también se encarga de “promover reglamentos en consenso con los 193 países miembros de la Convención y de estimular el desarrollo de la industria” (OACI, 2017). Se recopiló de las bases de datos de dicha entidad, quien tiene la información en permanente actualización sobre diferentes aspectos que afectan a la industria. Por ejemplo, sobre los accidentes e incidentes que se han presentado, sobre indicadores de ubicación, de los códigos asignados a las aerolíneas, las conexiones entre naciones, entre otros. Este último aspecto es el que concierne a la investigación, por lo cual hicimos uso de estos datos.

Por lo tanto, se escudriñó la información de todos los países que han sido reconocidos a nivel mundial como naciones independientes ubicadas en el continente americano y el Caribe. Para esto, se exploró en organizaciones internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA) y de la Organización de Naciones Unidas para establecer cuáles cuentan con este reconocimiento. Se encontró un total de 35 estados independientes reconocidos mundialmente, que hacen parte de estas dos organizaciones internacionales. Ya con esto establecido, se llevó a cabo la búsqueda de las conexiones aéreas, observando que la OACI asigna a cada país una sigla que corresponde a los Códigos de la ISO-3166, pertenecientes a la Organización Internacional de Normalización (ISO). En la Tabla 1, se encuentran dichos códigos.

Posteriormente, los datos fueron transformados en matrices simétricas para los años disponibles, desde el 2003 hasta el 2018, puesto que es el insumo que debe recibir el método de redes. Los países que no tuvieron conexiones con otras naciones fueron imputados con el número cero, ya que partimos del supuesto de que si no está registrado en esta base de datos no existieron vuelos entre estos hubs. Sin embargo, se presentaron dos casos, correspondientes a Puerto Rico y Dominica.

**Tabla 1. Códigos de la ISO-3166 encontrados en las bases de datos de la OACI.**

<b>CÓDIGO.</b>	<b>PAÍS.</b>	<b>CÓDIGO.</b>	<b>PAÍS.</b>
<b>ARG</b>	Argentina.	<b>HND</b>	Honduras.
<b>ATG</b>	Antigua y Barbuda.	<b>HTI</b>	Haití.
<b>BHS</b>	Bahamas.	<b>JAM</b>	Jamaica.
<b>BLZ</b>	Belice.	<b>KNA</b>	San Cristóbal y Nieves.
<b>BOL</b>	Bolivia.	<b>LCA</b>	Santa Lucía.
<b>BRA</b>	Brasil.	<b>MEX</b>	México.
<b>BRB</b>	Barbados.	<b>NIC</b>	Nicaragua.
<b>CAN</b>	Canadá.	<b>PAN</b>	Panamá.
<b>CHL</b>	Chile.	<b>PER</b>	Perú.
<b>COL</b>	Colombia.	<b>PRY</b>	Paraguay.
<b>CRI</b>	Costa Rica.	<b>SLV</b>	El Salvador.
<b>CUB</b>	Cuba.	<b>SUR</b>	Surinam.
<b>DMA</b>	Dominica.	<b>TTO</b>	Trinidad y Tobago.
<b>DOM</b>	República Dominicana.	<b>URY</b>	Uruguay.
<b>ECU</b>	Ecuador.	<b>USA</b>	Estados Unidos de América.
<b>GRD</b>	Granada.	<b>VCT</b>	San Vicente y las Granadinas.
<b>GTM</b>	Guatemala.	<b>VEN</b>	Venezuela.
<b>GUY</b>	Guyana.	<b>PRI</b>	Puerto Rico.

Elaboración propia con información de la OACI. Se muestra los países reconocidos a nivel mundial como independientes y soberanos pertenecientes a América y el Caribe.

Por un lado, Puerto Rico es considerado un estado de Estados Unidos, pero debido a la gran cantidad de información con respecto a las conexiones de este país con otros, se decidió considerarlo, por temas de análisis, como si fuera independiente. Y, por otro lado, no se encontró información en la OACI de las conexiones de la nación caribeña de Dominica, por tal motivo hicimos el proceso inverso. Como se encontraron datos no dirigidos, eso significa que el mismo valor de vuelos corresponde a un país, ya sea como origen y/o destino. Entonces, gracias a esto se estableció la cantidad de conexiones de Dominica con los otros países.

Continuando con el proceso, se encontraron vuelos correspondientes a las Islas Vírgenes y, teniendo en cuenta el número reducido de vuelos con otras naciones, se incluyó a los vuelos de Estados Unidos, ya que estas islas hacen parte de este país del norte de América. Es decir, no fue necesario separarlo como el caso de Puerto Rico, donde las conexiones que se encontraron entre una nación y las islas se sumaron a las de Estados Unidos.



Igualmente, se procesó la información encontrada de los 36 países establecidos que conforman el continente. Teniendo en cuenta esta información, se estableció la variación porcentual de las conexiones aéreas de un año a otro. Por ejemplo, en cuanto a estadísticas descriptivas se puede señalar que el total de vuelos entre países del continente en estudio ha aumentado un 43.4%, lo que en cifras absolutas es un aumento de 481 mil vuelos durante el periodo 2003 al 2018. Además, el crecimiento más significativo se dio en el año 2010, en el cual se produjo un aumento de 9.6%. Asimismo, en 14 de los 16 años estudiados se presentaron variaciones positivas. Sin embargo, solo en los años 2006 y 2009 se presentaron decrecimientos, el mayor de ellos fue de 7.6% en el 2009, causado por la crisis económica del 2008. (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Conexiones aéreas entre los países de América y el Caribe.**

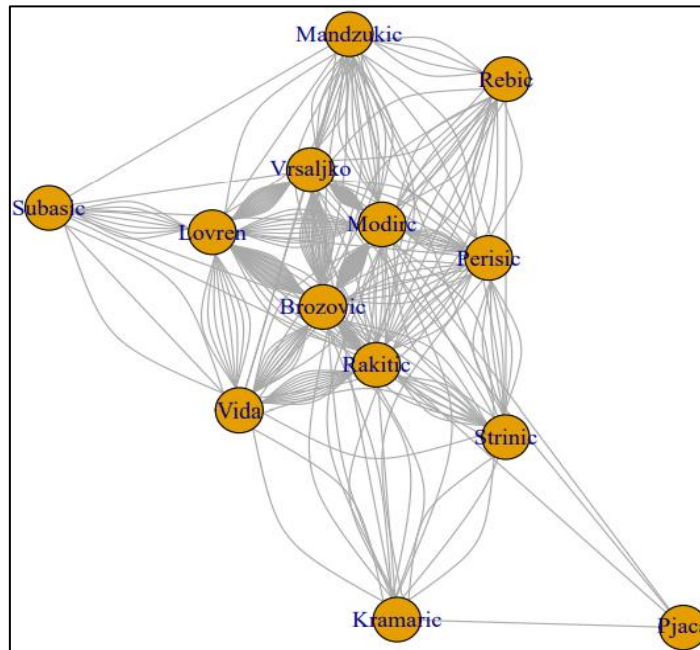
<b>AÑO.</b>	<b>NÚMERO DE VUELOS</b>	<b>VARIACIÓN PORCENTUAL</b>	<b>AÑO</b>	<b>NÚMERO DE VUELOS</b>	<b>VARIACIÓN PORCENTUAL</b>
<b>2003</b>	1.109.417	-----	<b>2011</b>	1.319.670	3.4%
<b>2004</b>	1.179.072	6.3%	<b>2012</b>	1.389.584	5.3%
<b>2005</b>	1.197.472	1.6%	<b>2013</b>	1.407.213	1.3%
<b>2006</b>	1.190.063	-0.6%	<b>2014</b>	1.464.456	4.1%
<b>2007</b>	1.258.401	5.7%	<b>2015</b>	1.484.975	1.4%
<b>2008</b>	1.259.913	0.1%	<b>2016</b>	1.518.484	2.3%
<b>2009</b>	1.164.478	-7.6%	<b>2017</b>	1.546.730	1.9%
<b>2010</b>	1.276.041	9.6%	<b>2018</b>	1.591.077	2.9%

Elaboración propia con información de la OACI. Se muestra el total de vuelos por año y la variación porcentual

### **Metodología.**

La metodología empleada es el análisis de redes o grafos, que se puede obtener de la Teoría de Grafos, que hoy en día es una herramienta muy útil y en creciente uso por los economistas. Además, es conveniente para demostrar gráficamente las conexiones entre los estados del continente americano y el Caribe, porque mediante los nodos y aristas se puede realizar un análisis más profundo. Para este proyecto, es necesario aclarar que los nodos representarán a cada uno de los estados del continente y las aristas serán las conexiones entre ellos en términos de vuelos

comerciales. En la Figura 1 podemos ver un ejemplo de las redes con nodos y aristas, como lo plantea la Teoría de Grafos.



**Figura 1. Grafo que muestra los pases de la selección de Croacia en la final de la Copa Mundo de fútbol de la FIFA Rusia 2.018, donde los círculos son los nodos y las líneas las aristas.**

Tomado del Breve tutorial para visualizar y calcular métrica de Redes (grafos) en R para Economistas de Alonso & Carabali.

Como se dijo anteriormente, los datos referentes a las conexiones aéreas entre los estados de América y del Caribe se procesaron y se transformaron en matrices simétricas, para poder realizar los respectivos grafos. Con base a esta información, el análisis y la visualización se desarrolló en el software R (*R Core Team, 2019*), lenguaje estadístico ampliamente usado en la academia estadística y económica. Entonces, se realizó el respectivo procedimiento mediante un código que se obtuvo con las herramientas que ofrece. Es así como se desarrolló uno y, con base a éste, se hizo el mismo proceso para todos los años, desde 2003 hasta el 2018.

Se aclara que en los grafos también se emplearon las siglas de la ISO-3166 (ver Tabla 1) para los nodos (círculos), porque las vimos convenientes y así aseguramos que los grafos no quedaran desordenados ni aglomerados. Entonces, pudimos evitar ingresar el nombre completo, algunos muy largos, por lo que obtuvimos unos resultados ordenados y comprensibles. No obstante, debido a la información obtenida de las bases de datos de la OACI, la cual no aportó información de los países de origen y de destino dentro de cada una de las conexiones, el resultado son unos grafos no

dirigidos. Es decir, las aristas de las gráficas resultantes no se representarán en forma de flecha sino como rectas sin dirección. Por lo tanto, la cantidad de conexiones entre un país y otro serán la misma entre ellos si se toman cada uno como origen y/o destino. Por ejemplo, en el año 2018 Colombia tuvo 7938 vuelos hacia Ecuador, pero no se informa cuántos de esos viajes tuvo como origen o destino a Ecuador.

Por lo anterior, se emplearon los denominados grafos ponderados. Esto quiere decir que las aristas representan la proporción de vuelos del total de la muestra para cada país. Por ejemplo, líneas más delgadas corresponderán a un menor número de vuelos entre un estado y otro, mientras entre más gruesas sean las rectas indicarán un mayor número de conexiones.

Además, con el mismo software se calcularon algunas métricas relacionadas y que darán información adicional sobre las conexiones aéreas. Entre los indicadores que están aquellos que cumplan con el criterio de grafos no dirigidos, por ejemplo, la Centralidad, que a su vez “se puede clasificar en dos grupos: locales y globales” (Alonso & Carabalí, 2019, p.7). Entre las medidas locales se usarán el Grado de Centralidad e Intermediación. Por otro lado, entre las medidas globales se tendrán en cuenta métricas como Cercanía y Puntaje de Autoridad. No obstante, también se incluirán otras como Distancia, Excentricidad, Diámetro, Densidad y Transitividad.

Con estas métricas, la búsqueda de información de literatura, los datos obtenidos de ICAO y la reproducción de los grafos en *R Studio* se espera alcanzar el objetivo de la investigación, el cual es la de establecer el grado de conectividad aérea de América y el Caribe usando un enfoque de redes y grafos.

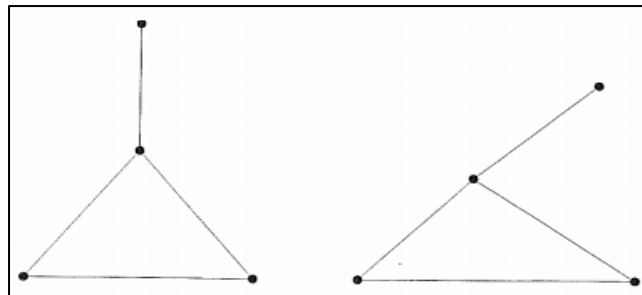
### **Teoría de Grafos.**

La Teoría de Grafos es una rama de la matemática discreta y de las ciencias de la computación que se encarga de evaluar las propiedades de los grafos. Uno de sus principales objetivos es estudiar “la conectividad entre los elementos de un conjunto” (Menéndez, 1998, p.11). Es más, en los últimos años ha ido tomando importancia en profesionales de diversas áreas del conocimiento en sus proyectos. Como lo afirman Alonso & Carabalí (2019), “hasta hace poco tiempo, solamente un pequeño grupo de economistas empleaba la teoría como herramientas para abordar fenómenos económicos (...). Esto ha cambiado, (...) con trabajos en el área de sociología, y

posteriormente la economía, con un gran impacto” (p.1). Entonces, los grafos se han convertido en una herramienta útil para diversos tipos de trabajos investigativos.

La teoría establece que un grafo se puede entender de dos formas. Por un lado, “pueden ser considerados formalmente como diagramas o dibujos (representación diagramática). Por otro lado, de forma algebraica, como un par de conjuntos” (Menéndez, 1998, p.12). Entonces, un grafo puede ser representado gráficamente o mediante una expresión algebraica, que, en este último caso, sería mediante números y variables. Con más detalle:

- **Definición Diagramática o Geométrica.** Geométricamente, se define que un espacio es un lugar en el que existen puntos. Dicho en otras palabras, un punto describe una posición en el espacio. Por lo tanto, aplicado a esta Teoría, un “grafo es un conjunto de puntos en el espacio, algunos de los cuales están unidos entre sí mediante líneas” (Menéndez, 1998, p.12).



**Figura 2. Ejemplos de grafo desde la definición geométrica.** Tomado de Una breve introducción a la Teoría de Grafos de Menéndez.

- **Definición algebraica.** Teniendo en cuenta la definición geométrica, la algebraica hace énfasis a la representación de las gráficas en términos de números y variables. Por lo tanto, al igual que la definición general de punto en geometría, en esta Teoría se define al grafo como un par ordenado. Por ejemplo, según Menéndez (1998):

$$G = (V, E) = (V(G), E(G))$$

Donde  $V$  es un conjunto no vacío de puntos del espacio topológico, también conocido como vértice o nodos, y  $E$  es un conjunto de pares no ordenados de elementos distintos de  $V$ , denominados lados, líneas o aristas.

Nos enfocamos ahora en los componentes de un grafo. Estos son: los nodos y las aristas. Por un lado, los nodos “representan a los agentes del fenómeno que se esté analizando” (Alonso & Carabalí, 2019, p.7). Es decir, son los objetos principales de la investigación. Gráficamente, los nodos son mostrados mediante círculos, y de acuerdo al tema de investigación pueden representar átomos, ciudades, personas, entre otros. Para este caso, los nodos son los países de América y el Caribe.

Por otro lado, “las aristas simbolizan las conexiones entre los nodos” (Alonso & Carabalí, 2019, p.7) y, gráficamente están representados mediante unas líneas rectas. Según la información disponible, pueden ser flechas o, por el contrario, líneas sin dirección. En nuestro trabajo, éstas representan los vuelos entre un estado y otro.

Algebraicamente, un nodo y una arista se pueden representar con una expresión que incluya palabras, números y/o variables, teniendo en cuenta los datos a procesar. Por ejemplo, Alonso & Carabalí (2019) plantean el caso de los pases realizados por las selecciones de Francia y Croacia en la final de la Copa Mundial de Fútbol Rusia 2018. Primero, parte de la transformación de los datos obtenidos de la UEFA en una matriz simétrica, la cual se puede representar algebraicamente.

Con base a lo anterior, “los nodos son representados por la letras  $i, j$  y  $v$ ; mientras que el conjunto de nodos será por la letra mayúscula  $V$ , y el número de aristas que partan del nodo  $i$  y lleguen al nodo  $j$  será representado por  $A(i,j)$ ” Alonso & Carabalí (2019). En este ejemplo los nodos son los países y las aristas las conexiones, y si se muestra un vuelo en la dirección Colombia-Argentina y viceversa, la notación es la siguiente manera:

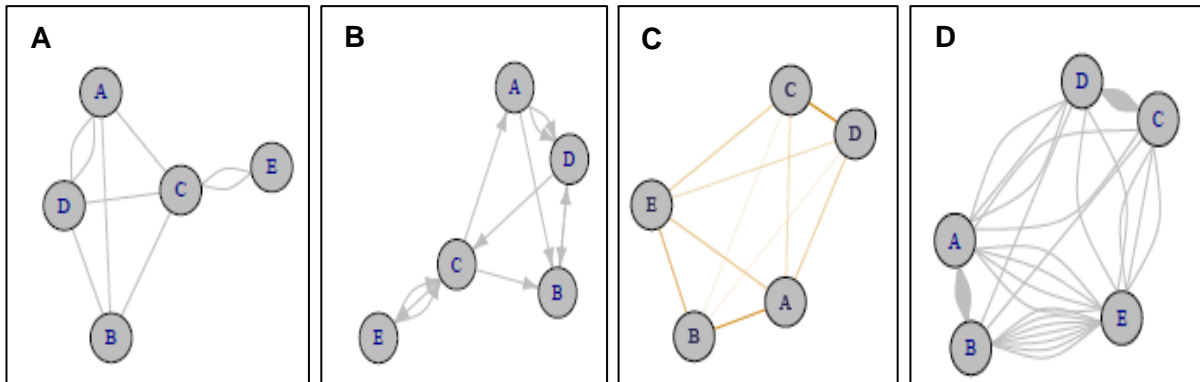
$$V = \{Argentina, Antigua y Barbuda, \dots, Venezuela, Puerto Rico\}$$

$$A(Colombia, Argentina) = 1 \quad A(Argentina, Colombia) = 3$$

En el par ordenado  $A$ , nos muestra que el Colombia es el origen de un vuelo hacia Argentina y, en el sentido contrario, de Argentina sale 3 vuelos hacia Colombia.

Por otro lado, los grafos se pueden dividir en Grafos Dirigidos y Grafos No Dirigidos. Éste último se presenta cuando las aristas no indican si la conexión entre un par de nodos parte del primero o del segundo. Por lo tanto, se representan gráficamente

mediante unas líneas rectas. Ahora, los Grafos Dirigidos son aquellos donde las conexiones mediante las aristas me informan cuál de los nodos es el punto de partida y cuál el de llegada. En este caso, las aristas estarían representadas mediante flechas. Con base a esto, el trabajo está enfocado al uso de los Grafos No Dirigidos.



**Figura 3. A) Grafos no dirigidos; B) Grafos dirigidos; C) Grafos no ponderados; D) Grafos ponderados.**

Tomado del Breve tutorial para visualizar y calcular métricas de Redes (grafos) en R para Economistas de Alonso & Carabalí.

Por otro lado, los grafos también se dividen en Grafos Ponderados, los cuales son, “independientemente del número de enlaces que existen entre un par de nodos, estos están conectados por medio de una sola arista, y ésta tiene asociada una etiqueta o algo que revele el número de conexiones que unen ese par de nodos” (Alonso & Carabalí, 2019, p.5). Entre más gruesa o sea la arista indica un mayor número de conexiones y/o recurrencias entre un par de nodos, de lo contrario, muestra un número menor (ver Imagen 3). En nuestro trabajo usaremos los Grafos Ponderados.

Las gráficas mediante nodos y aristas muestran mucha información para un proyecto investigativo, sin embargo, podemos hacer uso de las métricas y/o estadísticas descriptivas contempladas dentro de la Teoría de Grafos. Éstas nos brindan datos complementarios para un mayor análisis. Existen diversas métricas de acuerdo al tipo de grafos empleados, y para propósitos de nuestro trabajo, haremos uso solamente de aquellos que cumplan con el criterio de Grafos No Dirigidos y Grafos Ponderados.

Tenemos la Centralidad, la cual muestra cuál o cuáles son los nodos más importantes y/o representativos dentro de la red. Como lo afirman Alonso & Carabalí (2019), esta medida “refleja la dependencia de la red o prominencia de un individuo (o un sub-grupo pequeño con relación al tamaño del equipo) en la red” (p.7). Por lo tanto, usando esta métrica en el presente trabajo, descubriremos cuáles son los estados del

continente en términos de conexiones aéreas comerciales. La Centralidad se divide en dos grupos:

**1. Medidas locales.** Estas están enfocadas a mostrar la influencia de ciertos nodos con los más cercanos a él (por eso se denomina Local), y “resaltan aquellos que se pueden conectar rápidamente con la red más amplia” (Alonso & Carabalí, 2019, p.7). Dentro de este grupo están:

**1.1. Grado de centralidad.** Muestra el grado de “importancia” de un nodo dentro de la red con los otro más cercanos. Como lo afirman Alonso & Carabalí (2019), “basta con contar el número de enlaces relacionados con cada nodo (tanto los entrantes como los salientes de cada nodo)” (p.7). Entonces, entre mayor sea su valor, mayor la importancia del nodo en la red. Sin embargo, algunas variantes sólo tienen en cuenta los enlaces de salida (*out-degree*) o sólo los de entrada (*in-degree*).

**1.2. Intermediación.** Es la medida que muestra el número de veces que un nodo actúa como “puente” de la conexión entre dos nodos diferentes, en la ruta de menor longitud. Entre más alto sea su valor, indica que el nodo es más propenso a que lo usen como “puente”. Su fórmula es:

$$Intermediación(v) = \sum_{i \neq v \in V} \sum_{j \neq v \in V} \delta_{ij} \quad , \text{ donde, } \quad \delta_{ij}(v) = \frac{\sigma_{ij}(v)}{\sigma_{ij}}$$

Esta métrica toma valores entre 0 y N, que representa el número de parejas que puede haber en la red, excluyendo al nodo al que se está haciendo el cálculo. Entonces N es,

$$\frac{(N - 1)!}{2! * ((N - 1) - 2)!}$$

**2. Medidas globales.** Estas medidas están enfocadas al nivel de influencia de algunos nodos en toda la red global de la manera más rápida posible. Son:

**2.1. Cercanía.** Mide los pasos que se deben realizar para conectarse a cada uno de los nodos desde uno determinado. En palabras de Alonso &

Carabalí (2019), “es una medida de cuánto tarda en llegar la información” (p.8). Su valor está entre 0 y 1. Se calcula con la fórmula:

$$Cercanía(v) = \frac{1}{\sum_{i \in V} dist(v, i)}$$

Entre más cercano a 1, mayor grado de centralidad y el nodo están más cercano a la red global influyendo significativamente.

- 2.2. Puntaje de Autoridad.** “Mide la importancia relativa de cada nodo y está definida como el respectivo elemento del vector propio principal de la matriz  $A^T A$ , donde  $A$  es la matriz de adyacencia” (Alonso & Carabalí, 2019, p.9). En otras palabras, mide el nivel de importancia del nodo dentro de la red global y, con base a esto, se establece el tamaño del nodo. Entre más importante, mayor el tamaño del círculo.

**3. Otras medidas.** Otras medidas igualmente importantes son:

- 3.1. Distancia.** Esta métrica “mide la cantidad de aristas en la ruta más corta que conecta un par de nodos” (Alonso & Carabalí, 2019, p.9). Dentro de la Teoría, esta ruta corta regularmente se le denomina geodésica. Entonces, si un camino que une a los nodos  $i$  y  $j$  pasa por los nodos  $v_1, v_2, \dots$  y  $v_k$ , entonces, su longitud estará dada por:

$$Longitud(i, j) = \sum_{h=1}^k (1) = k$$

La distancia entre  $i$  y  $j$  estará dada por el camino de menor longitud que los una, es decir:

$$dist(i, j) = \min [Longitud(i, j)]$$

- 3.2. Excentricidad.** Es la distancia de un nodo particular (nodo  $i$ ), al nodo más lejano de  $i$ .

$$Excentricidad(i) = \max[dist(i, j)] \quad , \quad \forall j$$



3.3. **Diámetro.** Mide la máxima excentricidad. Se calcula con la fórmula:

$$Diametro = \max[Excentricidad(i)] , \forall i$$

3.4. **Densidad.** Con esta métrica se puede analizar si un grafo es totalmente conexo, es decir, que todos los nodos se conectan entre sí de forma directa. Toma valores entre 0 y 1. La fórmula es:

$$D = \frac{E}{\frac{1}{2}n(n-1)}$$

- $n$  es el número total de nodos.
- $E$  es el número de pares conectados en la red.

3.5. **Transitividad.** Es una medida de la ocurrencia de pequeñas subredes de tres jugadores totalmente conexas. Se calcula mediante:

$$T = \frac{A}{\Delta}$$

- $A$  es el número de triadas transitivas.
- $\Delta$  es el número de potenciales triadas transitivas.

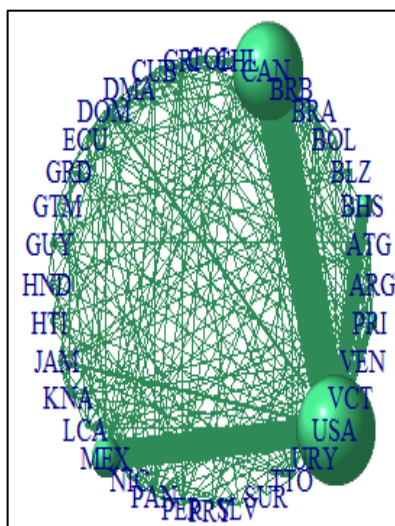
Entonces, estas métricas serán usadas para obtener información adicional sobre las conexiones aéreas en términos de vuelos comerciales en América y el Caribe, ya que adicional a los gráficos, también resultan muy importantes. Esto porque nos brinda más información que nos permite profundizar el análisis del objeto de estudio, en este caso de la conectividad aérea. Cabe aclarar que la métrica de Reciprocidad fue excluida del presente trabajo, porque ésta corresponde a grafos dirigidos, por lo tanto, no tiene sentido usarla para este proyecto investigativo porque nuestros grafos resultantes son no dirigidos, debido a la información que tuvimos disponible.

## RESULTADOS

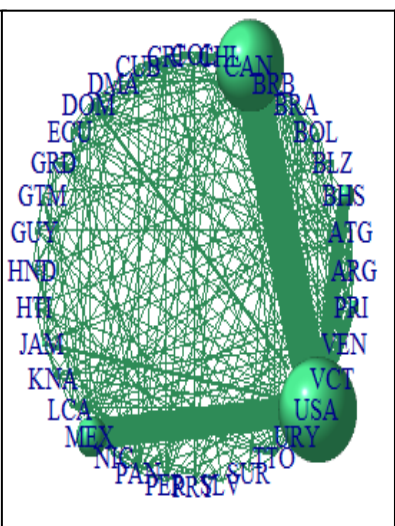
Con base en la información encontrada en diversas fuentes, como en las bases de datos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a vuelos entre países de América y el Caribe se trata.

Se presentan los grafos correspondientes a la conectividad aérea entre los países de América y el Caribe, reconocidos como independientes y soberanos. Éstas representan el número de vuelos entre ellos, donde las aristas muestran el total de vuelos entre ellos de acuerdo a su nivel de grosor (grafo ponderado) y no se especifica cuál fue la nación de origen ni el de llegada (grafo no dirigido).

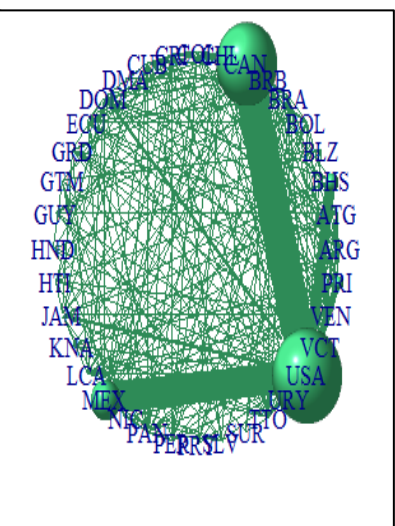
**Año 2003**



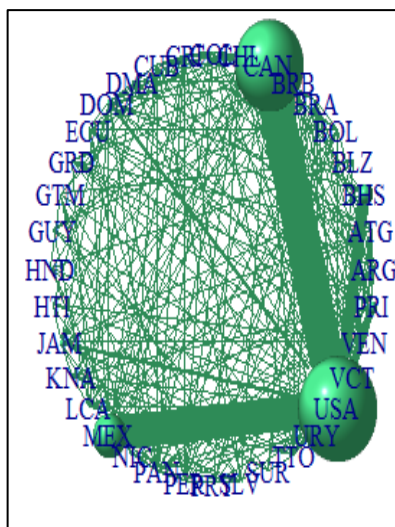
**Año 2004**



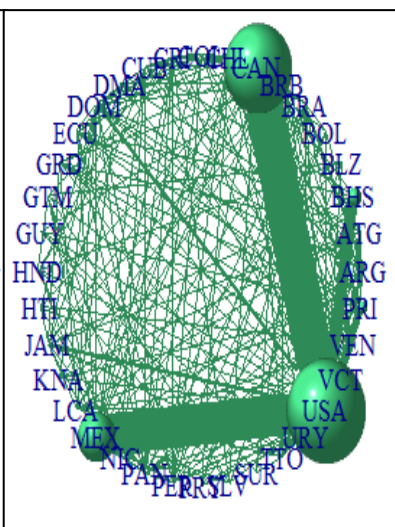
**Año 2005**



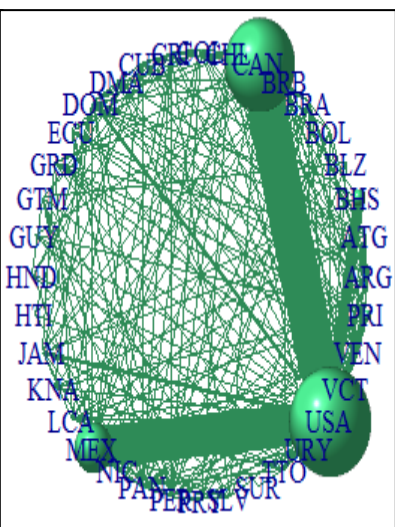
**Año 2006**



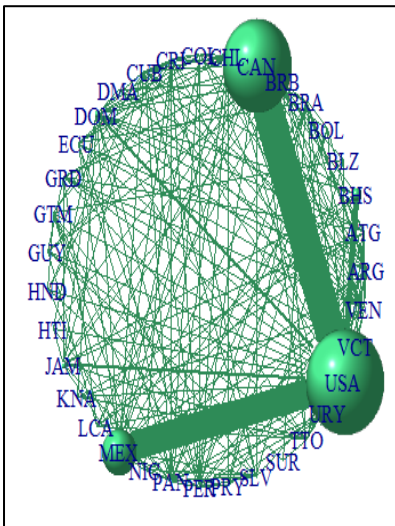
**Año 2007**



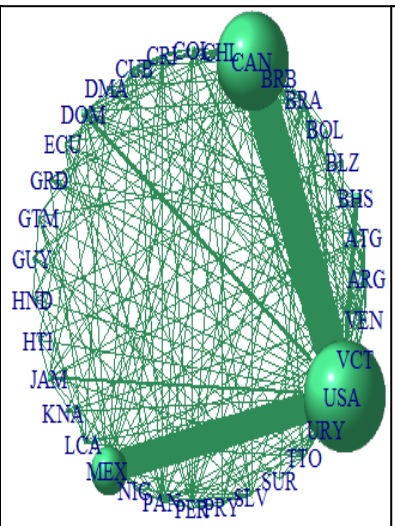
**Año 2008**



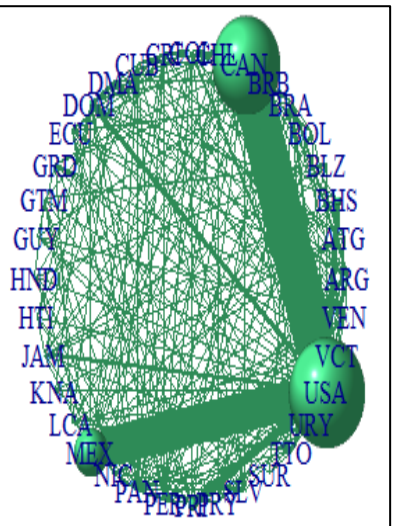
**Año 2009**



**Año 2010**



**Año 2011**



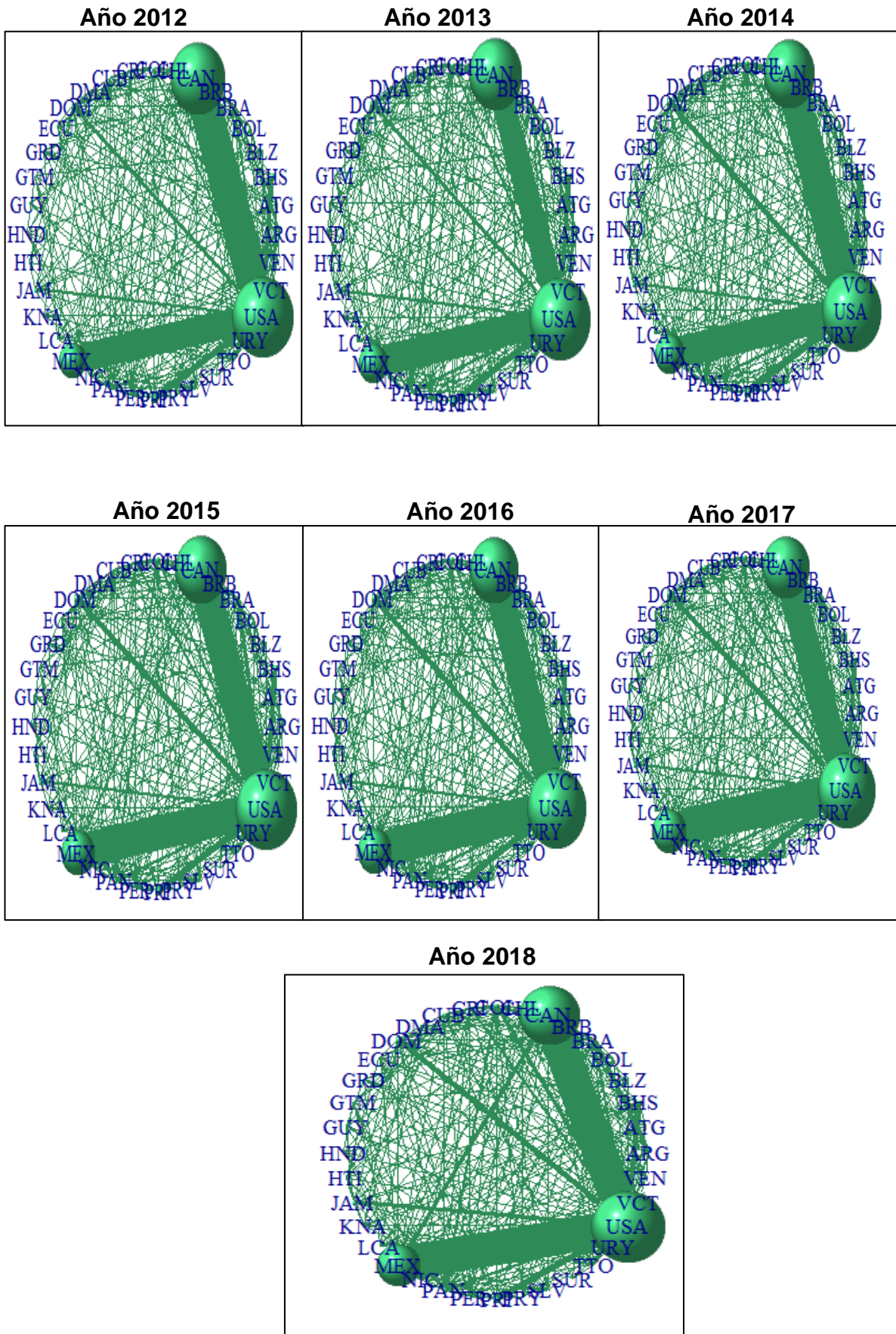
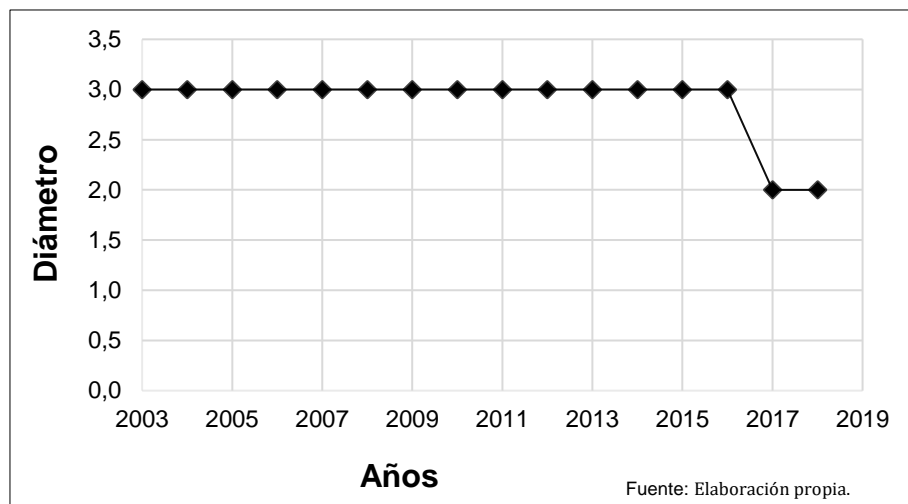


Figura 4. Grafos de las conexiones aéreas desde el 2003 al 2018. Elaboración propia con información de la OACI.

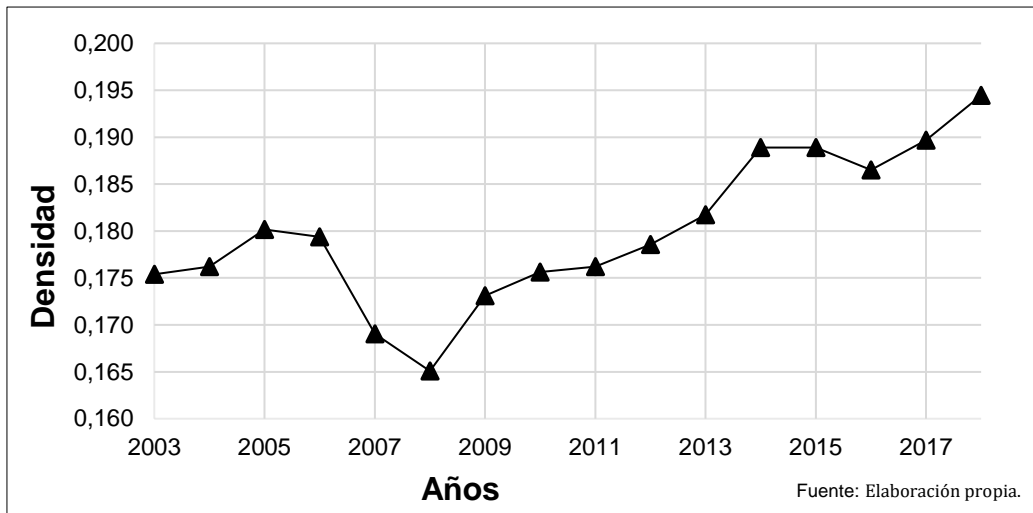
En el análisis gráfico se puede notar que la conexión más transitada durante el periodo 2003-2014 fue la de EE. UU.-Canadá, seguida por la conexión EE. UU.-México. Sin embargo, para el periodo 2015-2018 esta relación se invierte y la red con México se convierte en la principal en la región. Esto muestra la importancia que tiene Estados Unidos, además por ser la principal potencia económica del mundo. Entonces, al estar en este continente, su efecto de potencia mundial también recae en la industria de la aviación, aportando grandes conexiones aéreas. Después de haber realizado los grafos y el conjunto de métricas se pueden obtener algunos puntos a resaltar que, en general, van ligados al hecho que la conectividad aérea ha mejorado en el continente.

De las medidas agregadas de la red se pueden destacar cuatro ítems. El primero el Diámetro, que durante los primeros 14 periodos se mantuvo constante en 3, lo que significa que el par de países más alejados en la red se podían conectar por medio de tres conexiones. Esto cambió en 2017 en adelante cuando solo se necesitaron 2 conexiones para interconectar a los países más alejados.



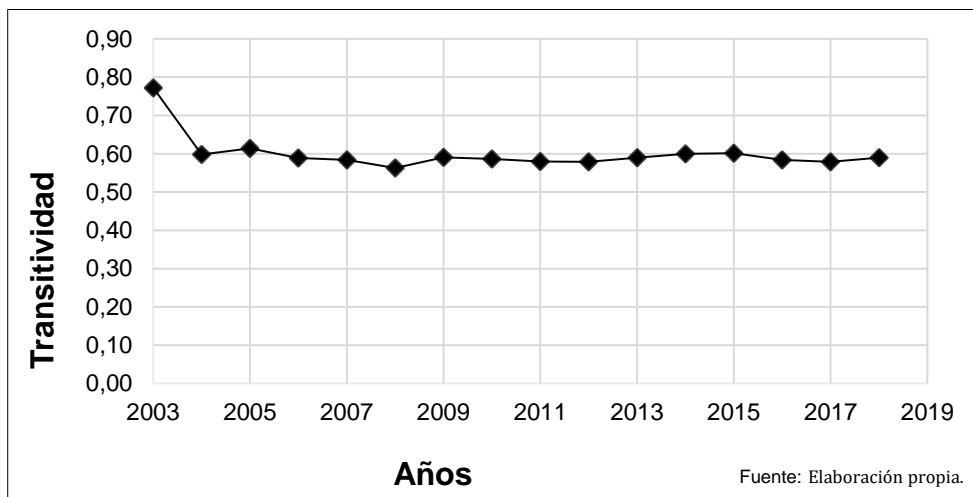
**Gráfica 1. Diámetro de la Red.**

En cuanto a Densidad, en el 2003 era del 17.53%, después presenta una disminución en el 2006 hasta el 2008 cuando tuvo su nivel más bajo con 16.5%. A partir de ahí presenta una tendencia creciente siendo su pico en el 2008 con 19.4%, Esta medida nos muestra que, durante el último año, de todas las conexiones posibles entre par de nodos, un 19.4% efectivamente estaban conectados. Esto representa un grado bajo de conectividad, mostrando que no todos los países están conectados entre sí, sino que debe hacer conexiones con otras naciones para llegar a su destino final.



**Gráfica 2. Densidad de la red.**

La Transitividad presentó una disminución durante el periodo del 2003 al 2004 y a partir de ahí se mantuvo relativamente constante, terminando en 58.9%. Esto indica que la proporción de ocurrencias de triadas transitivas fue aproximadamente de 58.9%. Dicho de otra manera, del total de posibles triadas (3 países) que estuviesen conexos, cerca del 59% realmente cumplían con esta condición.

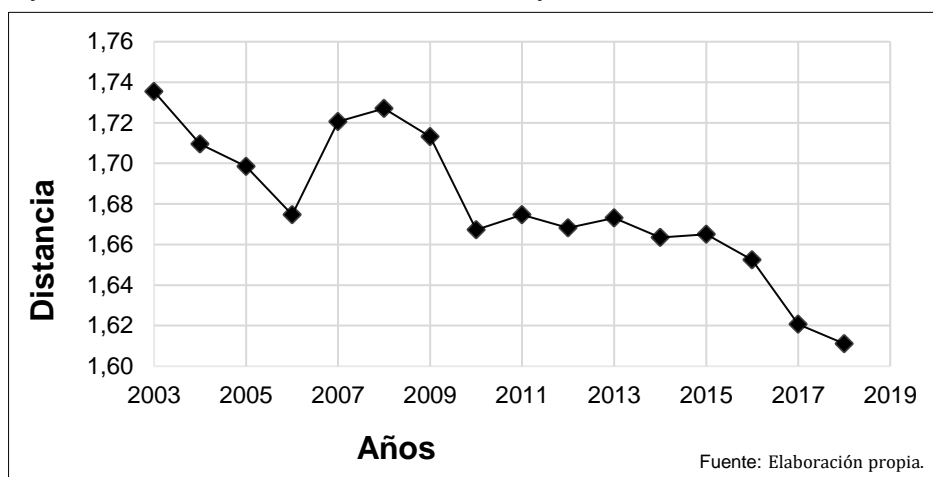


**Gráfica 3. Transitividad de la red.**

La Distancia tuvo un comportamiento decreciente del 2003 al 2006, así como un tramo creciente presentando un máximo en el 2008 (1.73), para posteriormente tener un tramo decreciente del 2009 al 2018. En el último año, la Distancia de la red fue de 1.6, lo que quiere decir que en promedio para conectar un par de estados se necesitan mínimo 2 conexiones (ver **Gráfica 4**).

En los resultados individuales se puede destacar que, según el Grado de Centralidad, los países que estuvieron más conectados con la red al inicio del periodo de estudio

(2003) fueron EE. UU. con 31 conexiones (la influencia de su economía), seguido de Panamá (20), República Dominicana (20), Cuba (19) México y Brasil (ambos con 18). Mientras los menos activos en conexiones aéreas fueron Uruguay (4), Surinam (4), San Vicente y las Granadinas con 4 conexiones y Dominica con tan solo 3.



**Gráfica 4. Distancia de la red.**

Para el 2018 el panorama es similar, pero con mayores conexiones en todos los países. Por un lado, el país con mayor Grado de Centralidad sigue siendo EE. UU., pero en esta ocasión con 35 conexiones, seguido de Panamá (28), Canadá (27), República Dominicana (21) y Colombia (20), todos ellos con un grado de centralidad en el intervalo de 20 a 30. Los menos conectados en este último año fueron Surinam, Dominica y San Vicente y las Granadinas con menos de 6 conexiones cada uno. Un dato que resaltamos es que en este periodo de tiempo el país que más creció en su Grado de Centralidad fue Uruguay, que pasó de tener 4 conexiones a 8, lo que quiere decir que duplicó (50%) su medida.

Con respecto a Intermediación (Betweenness), se puede decir que para el año 2003 San Cristóbal y Nieves, Canadá, Barbados y República Dominicana eran los países más propensos a actuar como “puentes” para conectar a las diferentes naciones, con un valor superior a 200. En contraposición, hay 18 países que no actuaron de “puente” para dicho año. Para el 2018, los más propensos a actuar de puente fueron Venezuela y Bahamas, presentando valores superiores a 300 puntos. En otras palabras, otras naciones del continente usaron a Venezuela y a Bahamas como lugares de transbordo para llegar al país de destino.

Otra medida importante es la Cercanía. En ésta, los países que registraron un nivel más alto en el 2003 fue San Cristóbal y Nieves, siendo este el más cercano a toda la red. En contraposición tenemos a Estados Unidos, que fue el país más alejado de la red, a pesar de ser el más importante en él. Para el 2018, la situación cambió, ya que el estado más alejado de la red fue Uruguay y el más cercano fue Venezuela.

Por último, en cuanto al Puntaje de Autoridad, EE. UU., Canadá y México son los más relevantes dentro de la red, mientras que Surinam y la mayoría de las islas del caribe son las que tienen menor Puntaje de Autoridad a lo largo del periodo. Esto muestra el nivel de importancia de los tres estados norteamericanos, ya que en ellos son los que más influyen en la economía de la región. Además, que la población total de los tres también tiene una importancia significativa en el uso del transporte aéreo. Sin embargo, en los primeros años Uruguay era el que tenía la mayor relevancia en la red, cayendo hasta la posición 32, disminuyendo su participación aérea de la región.

Con respecto a Colombia, presenta un Grado de Centralidad inestable a lo largo de los 16 años de estudios, presentando un inicio de 15 puntos (con un máximo de 31 en la red), a terminar el 2018 con 20 puntos, con unas disminuciones y aumentos en algunos otros años. Sin embargo, desde el 2014 presenta una centralidad constante. Esto demuestra que Colombia está aumentando su participación en la red, tomando poco a poco una relevancia en las operaciones aéreas de la región.

Por otro lado, el país ha presentado un comportamiento de alzas y bajas en su medida de Intermediación. En algunos años, tuvo valores menores de 100 y en otros superiores, mostrando que Colombia fue usada como “puente” por aerolíneas para llegar a otra nación. Sin embargo, en 2018 presentó un valor de 0, evidenciado el aumento de vuelos directos no sólo a Colombia, sino a todos los países, aumentando la eficiencia y el ahorro del tiempo. Asimismo, Colombia ha ido mejorando sus operaciones, hasta tal punto que ha ido aumentando su Cercanía a la red.

En contraposición, Colombia no ha aumentado significativamente su relevancia en la región en términos de vuelos comerciales, pese a sus incrementos de operaciones aéreas. Finalmente, la Excentricidad muestra el avance de la aviación colombiana, ya que pasó de necesitarse tres conexiones para llegar a esta nación a solamente 2 vuelos para viajar de algún país de América y del Caribe a Colombia.

## CONCLUSIONES

En el presente proyecto se estudió el nivel de conectividad aérea entre los países de América y el Caribe, mediante el uso de la Teoría de Redes con la construcción de grafos y el análisis de sus respectivas métricas. Con la información recopilada, obtuvimos las conexiones aéreas tanto gráficamente como estadísticamente, mostrando el crecimiento de la aviación en la región en el periodo estudiado.

Pudimos constatar que la Teoría de Grafos es una herramienta útil para representar gráficamente algunos procesos que afectan las economías mundiales, en este caso la aviación comercial. Además, que pueden explicar de una manera más concisa algunas dinámicas que las herramientas tradicionales, realizando un análisis simultáneo de varios actores. Mediante gráficas y estadísticas, permiten profundizar el estudio de un tema, como es el del presente trabajo, alcanzando conclusiones para poder obtener un panorama más comprensible.

Con base en los resultados, se pudieron evidenciar cuatro aspectos. Por un lado, se encontró que el número de conexiones aéreas entre los estados americanos y del Caribe aumentaron considerablemente en el periodo estudiado. En segundo lugar, se constató que Estados Unidos concentra un gran nivel de centralidad dentro de la red, debido a su influencia de ser la potencia económica mundial. En tercera medida, este crecimiento ha sido relevante para todos los nodos, logrando que naciones que antes no estaban conectados en la red, hoy lo estén, como se evidencia en la mediada de Densidad y Diámetro. Finalmente, se encontró que han aumentado los vuelos directos entre cada dos nodos, evitando así la necesidad de utilizar a países como “puentes”, aumentando la eficiencia operativa. Sin embargo, se resalta que, a pesar de todos estos avances, el continente sigue presentando una baja conectividad aérea.

Con lo anterior, podemos afirmar que la conectividad en la zona ha mejorado, influenciado gracias al avance tecnológico, económico, político y social originado por la globalización. Finalmente, es importante resaltar el potencial de herramientas como la Teoría de Redes sobre aplicaciones económicas. Como en este caso sobre la conectividad aérea, la cual es un importante medio de transporte que tiene gran influencia sobre elementos económicos como principales pilares de las economías mundiales, aportando un porcentaje significativo en los PIB de cada nación.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aeronáutica Civil de Colombia. (31 de 12 de 2018). *Aeronáutica Civil de Colombia*. Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/prensa/noticias/Pages/Gobierno-fortalece-conectividad-a%C3%A9rea-en-Colombia.aspx>
- Air Transport Action Group (ATAG). (2018). *Aviation benefits beyond borders*. Ginebra.
- Allroggen, F., Wittman, M., & Malina, R. (2015). How air transport connects the world – A new metric of air connectivity and its evolution between 1990 and 2012. *Transportation Research*.
- Alonso, J. C., & Carabali, J. A. (7 de Febrero de 2019). Breve tutorial para visualizar y calcular métricas de Redes (grafos) en R (para Economistas). Cali, Valle del Cauca, Colombia: Departamento de Economía - Universidad Icesi.
- Arvis, J.-F., & Shepherd, B. (Junio de 2011). *Banco Mundial*. Obtenido de The Air Connectivity Index. Measuring Integration in the Global Air Transport Network: <http://documents.worldbank.org/curated/en/859151468161649899/pdf/WPS5722.pdf>
- Banco Mundial. (10 de 28 de 2017). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/is.air.psg>
- Burghouwt, G., & Redondi, R. (2013). Connectivity in Air Transport Networks. An Assessment of Models and Applications. *Journal of Transport Economics and Policy*, 1-19.
- Chi, J., & Baek, J. (2013). Dynamic relationship between air transport demand and economic. *Transport Policy*, 257-260.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2017). *Transporte aéreo como motor del desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: retos y propuestas de política*. Santiago de Chile.
- International Civil Aviation Organization. (2017). *International Civil Aviation Organization*. Obtenido de <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- Menéndez Velásquez, A. (1998). Una breve introducción a la Teoría de Grafos. *SUMA*, 11-26.
- OACI. (2018). *Organización de Aviación Civil Internacional*. Obtenido de <https://www.icao.int/safety/istars/pages/api-data-service.aspx>
- Portafolio. (28 de Febrero de 2018). *Portafolio*. Obtenido de Portafolio: <https://m.portafolio.co/negocios/en-10-anos-colombia-duplico-su-conexion-aerea-con-el-mundo-514765>
- Reggiani, A., Nijkamp, P., & Cento, A. (2010). Connectivity and concentration in airline networks: A complexity analysis of Lufthansa's network. *European Journal of Information Systems*.
- Universidad de Pamplona. (2012). *Universidad de Pamplona*. Obtenido de [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_23/recursos/general/11072012/graf03.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_23/recursos/general/11072012/graf03.pdf)
- Zanin, M., & Lillo, F. (2013). Modelling the air transport with complex networks: A short review. *The European Physical Journal. Special Topics*.

## ANEXOS

Se presentan las tablas de las métricas usadas en el presente trabajo.

**Tabla 3. Grado de Centralidad de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado.**

<b>País/Años.</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
ARG	14	15	15	15	13	14	15	14	14	14	14	14	14	14	14	15
ATG	12	13	14	14	13	13	13	13	11	12	13	11	11	10	10	11
BHS	7	7	7	7	8	7	5	8	7	8	8	12	8	9	10	13
BLZ	6	5	5	5	5	5	4	6	6	7	6	6	7	8	9	8
BOL	10	10	11	11	10	7	8	8	8	9	9	10	11	11	9	9
BRA	18	18	18	18	16	13	12	16	15	16	18	17	18	19	19	17
BRB	16	16	15	15	15	15	14	14	12	12	12	14	14	14	13	12
CAN	16	21	23	23	22	20	15	23	22	24	24	23	23	24	25	27
CHL	16	17	16	16	16	16	16	15	15	14	15	14	14	13	16	15
COL	15	16	15	15	17	13	13	15	16	16	17	20	20	20	20	20
CRI	15	14	14	14	15	14	14	14	14	14	14	13	14	13	13	13
CUB	19	16	18	18	15	14	13	15	16	17	18	18	20	18	19	20
DMA	3	3	3	3	5	4	6	5	7	6	5	6	5	5	6	5
DOM	20	19	18	18	18	19	17	18	19	20	20	21	21	22	20	21
ECU	14	13	14	14	12	12	10	11	11	12	14	15	15	13	12	13
GRD	12	11	11	11	9	10	10	9	9	9	8	7	8	9	6	8
GTM	10	9	9	9	9	8	10	9	8	8	9	10	10	9	10	10
GUY	9	8	7	7	7	5	5	6	6	5	7	9	8	8	8	8
HND	7	8	6	6	7	8	6	7	7	9	10	9	9	9	8	9
HTI	9	8	8	8	6	6	4	7	7	6	6	8	8	8	11	11
JAM	12	13	14	14	15	13	12	11	12	11	13	13	11	12	13	12
KNA	10	7	5	5	9	5	6	5	5	6	6	8	9	9	8	10
LCA	12	12	13	13	11	11	10	10	9	9	8	8	8	7	8	10
MEX	18	19	19	19	19	19	18	19	18	16	17	18	19	20	19	19
NIC	7	6	7	7	7	8	6	5	6	8	8	8	10	10	9	8
PAN	20	18	19	19	20	19	21	20	25	25	25	26	27	27	27	28
PER	12	13	12	12	15	15	18	17	17	17	17	18	18	18	18	18
PRI	15	15	17	17	16	15	17	14	15	13	12	11	11	10	10	11
PRY	5	6	5	5	5	6	7	7	8	8	8	9	9	9	9	9
SLV	8	7	10	10	11	8	10	12	13	13	13	13	13	13	14	13
SUR	4	5	4	4	6	4	2	4	4	4	5	5	5	4	6	6
TTO	16	16	18	18	17	13	14	15	15	15	15	16	15	15	16	16
URY	4	4	4	4	5	7	7	8	7	7	7	9	9	8	8	8
USA	31	32	32	32	33	32	33	33	33	33	33	33	33	34	35	35
VCT	4	4	6	6	5	8	7	8	8	8	7	5	4	4	5	6
VEN	16	20	22	22	20	20	18	21	19	19	17	19	17	14	15	16

**Tabla 4. Medidas Globales de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado.**

<b>Años/Medida.</b>	<b>Densidad</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Distancia</b>	<b>Transitividad</b>
<b>2003</b>	17,54%	3,0	1,74	77,23%
<b>2004</b>	17,62%	3,0	1,71	59,77%
<b>2005</b>	18,02%	3,0	1,70	61,42%
<b>2006</b>	17,94%	3,0	1,67	58,88%
<b>2007</b>	16,90%	3,0	1,72	58,40%
<b>2008</b>	16,51%	3,0	1,73	56,27%
<b>2009</b>	17,31%	3,0	1,71	59,06%
<b>2010</b>	17,56%	3,0	1,67	58,65%
<b>2011</b>	17,62%	3,0	1,67	58,00%
<b>2012</b>	17,86%	3,0	1,67	57,87%
<b>2013</b>	18,17%	3,0	1,67	58,97%
<b>2014</b>	18,89%	3,0	1,66	59,97%
<b>2015</b>	18,89%	3,0	1,67	60,12%
<b>2016</b>	18,65%	3,0	1,65	58,36%
<b>2017</b>	18,97%	2,0	1,62	57,92%
<b>2018</b>	19,44%	2,0	1,61	58,97%

Elaboración propia con información de la OACI.

**Tabla 5. Métrica Cercanía de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado.**

Pais/Años.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ARG	0,00019	0,00013	0,00014	0,00009	0,00011	0,00013	0,00012	0,00009	0,00010	0,00009	0,00009	0,00013	0,00015	0,00008	0,00016	0,00013
ATG	0,00029	0,00014	0,00013	0,00019	0,00012	0,00011	0,00013	0,00011	0,00007	0,00010	0,00012	0,00025	0,00017	0,00010	0,00013	0,00026
BHS	0,00030	0,00013	0,00013	0,00025	0,00016	0,00016	0,00017	0,00012	0,00015	0,00014	0,00014	0,00025	0,00024	0,00018	0,00030	0,00028
BLZ	0,00012	0,00009	0,00010	0,00012	0,00010	0,00010	0,00016	0,00012	0,00014	0,00013	0,00011	0,00018	0,00022	0,00015	0,00028	0,00024
BOL	0,00009	0,00007	0,00009	0,00020	0,00003	0,00013	0,00004	0,00004	0,00005	0,00011	0,00010	0,00023	0,00025	0,00017	0,00029	0,00019
BRA	0,00024	0,00013	0,00014	0,00024	0,00008	0,00003	0,00007	0,00012	0,00007	0,00011	0,00013	0,00013	0,00022	0,00018	0,00028	0,00024
BRB	0,00030	0,00014	0,00015	0,00025	0,00016	0,00016	0,00016	0,00012	0,00009	0,00008	0,00010	0,00024	0,00023	0,00017	0,00031	0,00026
CAN	0,00030	0,00015	0,00014	0,00024	0,00010	0,00012	0,00017	0,00012	0,00015	0,00014	0,00014	0,00019	0,00024	0,00015	0,00021	0,00020
CHL	0,00024	0,00013	0,00010	0,00013	0,00011	0,00011	0,00011	0,00010	0,00011	0,00009	0,00013	0,00014	0,00018	0,00010	0,00025	0,00015
COL	0,00028	0,00010	0,00010	0,00025	0,00016	0,00008	0,00014	0,00010	0,00006	0,00004	0,00005	0,00014	0,00016	0,00008	0,00010	0,00010
CRI	0,00023	0,00009	0,00011	0,00024	0,00005	0,00006	0,00007	0,00005	0,00007	0,00006	0,00009	0,00018	0,00022	0,00018	0,00015	0,00014
CUB	0,00023	0,00014	0,00013	0,00015	0,00011	0,00009	0,00011	0,00009	0,00011	0,00013	0,00014	0,00023	0,00022	0,00015	0,00027	0,00025
DMA	0,00029	0,00002	0,00001	0,00017	0,00009	0,00014	0,00015	0,00011	0,00014	0,00012	0,00011	0,00021	0,00022	0,00016	0,00031	0,00015
DOM	0,00028	0,00014	0,00014	0,00025	0,00017	0,00016	0,00017	0,00012	0,00015	0,00014	0,00013	0,00026	0,00024	0,00017	0,00029	0,00027
ECU	0,00026	0,00014	0,00014	0,00024	0,00016	0,00013	0,00010	0,00009	0,00013	0,00013	0,00014	0,00023	0,00025	0,00017	0,00018	0,00026
GRD	0,00030	0,00014	0,00014	0,00020	0,00010	0,00011	0,00015	0,00011	0,00013	0,00009	0,00011	0,00013	0,00015	0,00018	0,00019	0,00022
GTM	0,00023	0,00008	0,00005	0,00006	0,00002	0,00009	0,00011	0,00007	0,00005	0,00009	0,00004	0,00011	0,00024	0,00003	0,00022	0,00019
GUY	0,00029	0,00014	0,00013	0,00019	0,00012	0,00010	0,00016	0,00012	0,00013	0,00013	0,00013	0,00023	0,00022	0,00017	0,00029	0,00019
HND	0,00012	0,00013	0,00005	0,00017	0,00010	0,00008	0,00011	0,00007	0,00003	0,00013	0,00014	0,00023	0,00017	0,00015	0,00006	0,00016
HTI	0,00028	0,00015	0,00014	0,00021	0,00014	0,00008	0,00015	0,00012	0,00015	0,00009	0,00012	0,00025	0,00022	0,00017	0,00030	0,00025
JAM	0,00030	0,00015	0,00015	0,00026	0,00015	0,00013	0,00016	0,00012	0,00015	0,00011	0,00014	0,00022	0,00019	0,00018	0,00031	0,00025
KNA	0,00031	0,00015	0,00015	0,00026	0,00015	0,00015	0,00017	0,00012	0,00015	0,00014	0,00014	0,00025	0,00024	0,00016	0,00026	0,00027
LCA	0,00026	0,00013	0,00013	0,00019	0,00014	0,00010	0,00017	0,00010	0,00011	0,00006	0,00006	0,00005	0,00021	0,00005	0,00023	0,00028
MEX	0,00024	0,00013	0,00014	0,00021	0,00016	0,00016	0,00017	0,00012	0,00015	0,00013	0,00014	0,00023	0,00021	0,00017	0,00027	0,00024
NIC	0,00013	0,00004	0,00009	0,00010	0,00011	0,00005	0,00008	0,00002	0,00008	0,00014	0,00014	0,00022	0,00024	0,00015	0,00019	0,00013
PAN	0,00014	0,00010	0,00010	0,00010	0,00008	0,00007	0,00007	0,00007	0,00009	0,00005	0,00005	0,00013	0,00020	0,00007	0,00009	0,00014
PER	0,00014	0,00012	0,00006	0,00025	0,00016	0,00014	0,00008	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00011	0,00013	0,00018	0,00007	0,00012
PRI	0,00008	0,00010	0,00005	0,00010	0,00012	0,00014	0,00005	0,00007	0,00015	0,00012	0,00013	0,00011	0,00016	0,00013	0,00027	0,00027
PRY	0,00011	0,00003	0,00009	0,00008	0,00005	0,00005	0,00010	0,00006	0,00008	0,00005	0,00006	0,00010	0,00009	0,00012	0,00011	0,00014
SLV	0,00026	0,00014	0,00012	0,00025	0,00016	0,00006	0,00008	0,00007	0,00008	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00022	0,00004
SUR	0,00029	0,00015	0,00015	0,00025	0,00016	0,00014	0,00017	0,00009	0,00008	0,00006	0,00010	0,00017	0,00019	0,00010	0,00029	0,00027
TTO	0,00008	0,00005	0,00004	0,00008	0,00012	0,00007	0,00004	0,00012	0,00014	0,00014	0,00014	0,00025	0,00023	0,00015	0,00029	0,00025
URY	0,00011	0,00006	0,00006	0,00015	0,00008	0,00012	0,00004	0,00004	0,00003	0,00003	0,00003	0,00022	0,00024	0,00006	0,00004	0,00003
USA	0,00003	0,00002	0,00004	0,00003	0,00010	0,00009	0,00012	0,00007	0,00008	0,00005	0,00006	0,00021	0,00013	0,00014	0,00025	0,00019
VCT	0,00030	0,00014	0,00014	0,00023	0,00015	0,00013	0,00016	0,00011	0,00013	0,00012	0,00012	0,00008	0,00005	0,00004	0,00021	0,00016
VEN	0,00023	0,00014	0,00014	0,00022	0,00013	0,00014		0,00012	0,00013	0,00012	0,00010	0,00024	0,00025	0,00015	0,00029	0,00028

Elaboración propia con información de la OACI.



**Tabla 8. Excentricidad de los 36 estados de América y el Caribe en el periodo estudiado.**

Pais/Años.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ARG	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
ATG	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BHS	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
BLZ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
BOL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2
BRA	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BRB	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CAN	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CHL	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2
COL	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CRI	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	2	2
CUB	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	2	2
DMA	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
DOM	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ECU	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
GRD	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GTM	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
GUY	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2
HND	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
HTI	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2
JAM	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
KNA	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LCA	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MEX	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
NIC	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
PAN	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PER	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
PRI	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2
PRY	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
SLV	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
SUR	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2
TTO	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
URY	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
USA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
VCT	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2
VEN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Elaboración propia con información de la OACI.