



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

El efecto de la diferenciación del producto sobre el mark-up de las firmas del mercado de rutas aéreas nacionales en Colombia

Leidy Johanna Lozano Lavao

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2015

El efecto de la diferenciación del producto sobre el mark-up de las firmas del mercado de rutas aéreas nacionales en Colombia

Leidy Johanna Lozano Lavao

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Económicas

Director:
Francisco Lozano Gerena

Línea de Investigación:
Teoría y Política Económica

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2015

Dedicatoria

Para Ottico, Otto

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento y admiración al profesor Francisco Lozano Gerena, quien a lo largo de estos años ha sabido darnos ejemplo de excelencia, integridad y profesionalismo. Sus aportes fueron muy valiosos tanto para el desarrollo de este trabajo, como para mi formación personal y profesional.

Agradezco también de manera sincera a Isaac Herrera Madrid y a Adriana Guerrero por las múltiples ideas compartidas y por las enseñanzas sobre el sector aéreo que me permitieron dar saltos significativos en esta investigación. Mi gratitud también para todos los funcionarios de la Aerocivil y de los aeropuertos de Medellín, Bucaramanga, Barrancabermeja, Cartagena y Bogotá, que intervinieron en el curso de esta investigación proporcionándome toda la información que necesité.

Por último, este trabajo no hubiera sido posible sin la fe, el amor, la esperanza y el esfuerzo de mi familia y mis seres queridos, quienes me alentaron a continuar y a no desfallecer ante las adversidades. Muchas gracias por la confianza que todos ustedes han depositado en mí.

Resumen

La presente investigación desarrolla un modelo teórico que incorpora los atributos de diferenciación horizontal y vertical dentro de la determinación del nivel de utilidad de los pasajeros de la industria aérea, y posteriormente lo aplica al análisis empírico del *mark-up* de las rutas Medellín-Bucaramanga, Bogotá-Barrancabermeja, Bogotá-Cartagena, entre los meses de septiembre y noviembre del año 2012. El principal objetivo de este documento es analizar desde el punto de vista teórico y empírico el efecto de la diferenciación vertical y horizontal sobre el *mark-up* de las rutas aéreas mencionadas, usando la metodología desarrollada por Berry, Levinson y Pakes (1995), BLP, así como el método de tratamiento espacial del tiempo de Borenstein (1999). Los resultados de esta estimación sugieren que tanto la diferenciación horizontal como la vertical son significativas estadísticamente para explicar el *market share*, pero no son significativas económicamente a la hora de explicar el *mark-up* en las rutas estudiadas. Se evidencia la necesidad de usar un modelo que incorpore interacciones entre la heterogeneidad de los pasajeros, el factor de diferenciación horizontal y los precios.

Palabras clave: Diferenciación del producto, sector de transporte aéreo, mark-up, elección discreta.

Clasificación JEL: L13, L15, L93, D43.

Abstract

This research develops a theoretical model that incorporates vertical and horizontal product differentiation in determining the level of utility of passengers from airline industry, and then applies this model to analyse empirically the markup of the routes Medellín-Bucaramanga, Bogotá-Barrancabermeja, and Bogotá-Cartagena between september and november in 2012. The primary goal from this document is to analyze from both empirical and theoretical point of view, the effect of the horizontal and vertical differentiation over Medellín-Bucaramanga, Bogotá-Barrancabermeja, and Bogotá-Cartagena's markups, by using the technique developed for Berry, Levinson y Pakes (1995), BLP, and the spatial time model of Borenstein (1999). The results suggest that both horizontal and vertical differentiation are statistically significant to explain the market share, but are not economically significant in explaining the mark- up on the routes studied. The need to use a model that incorporates interactions between the heterogeneity of passengers and horizontal differentiation factor and prices is evident.

Keywords: Product differentiation, Airline industry, mark-up, discrete choice

Contenido

Agradecimientos	VII
Resumen	IX
1. Introducción	2
2. Mercado aéreo colombiano de vuelos nacionales	4
2.1. Importancia y consolidación del mercado aéreo colombiano	4
2.2. Estructura del mercado de transporte aéreo de pasajeros nacionales	8
2.2.1. Configuración nodal de la red de transporte aéreo de pasajeros	9
2.2.2. Estructura del mercado de las rutas Bogotá-Barrancabermeja, Bogotá-Cartagena y Medellín-Bucaramanga	10
3. Implicaciones del sistema de Revenue Management sobre la fijación de precios	13
4. La diferenciación del producto en el mercado aéreo: algunos antecedentes empíricos	22
4.1. ¿Qué es la diferenciación del producto en el contexto del sector aéreo?	22
4.2. Algunos antecedentes empíricos	23
5. El modelo	26
5.1. Modelo teórico	26
5.2. Modelo empírico	31
5.2.1. Características de diferenciación horizontal y vertical	32
5.2.2. Función de utilidad, <i>market share</i> y estimación logit multinomial	33
5.2.3. Mercado potencial	36
5.3. Datos	38
6. Resultados del modelo empírico	40
7. Consideraciones finales	48
8. Bibliografía	50
9. Anexos	53

Lista de Tablas

2-1. Ficha técnica de las rutas objeto de estudio	11
5-1. Tamaño de mercado potencial (pasajeros diarios) discriminado por mes y ruta Round Trip	38
6-1. Resultados de la estimación logit multinomial	41
6-2. Muestra del día 25 de septiembre de 2012 de las elasticidades de demanda con respecto a los atributos y el precio	43
6-3. <i>Mark-up</i> promedio de las rutas estudiadas, discriminando entre vuelos empre- sariales y no empresariales	44

Lista de Figuras

2-1. Evolución del PIB per cápita y del tráfico de pasajeros (2006-2014)	5
2-2. Evolución trimestral del HHI en el mercado de rutas aéreas nacionales(2006-2014)	7
6-1. Evolución intra-semanal del <i>mark-up</i> en la ruta Bogotá-Barrancabermeja-Bogotá (promedio septiembre a noviembre de 2012)	45
6-2. Evolución intra-semanal del <i>mark-up</i> en la ruta Bogotá-Cartagena-Bogotá (promedio septiembre a noviembre de 2012)	46

1 Introducción

El mercado de transporte aéreo de pasajeros posee una serie de características que propician la aparición de posiciones dominantes de mercado: barreras de entrada, altos costos, economías de escala, entre otros. En Colombia algunas de estas características, en particular la aparición de economías de escala, se han exacerbado tras una serie de medidas desregulatorias que le han permitido a las aerolíneas optimizar su operación y realizar prácticas de precios discriminatorios. Estas prácticas se han sumado a las características existentes del sector (bajo número de firmas y operación históricamente concentrada), suscitando una seria preocupación por el ejercicio de poder de mercado por parte de las aerolíneas. Dicha preocupación ha generado algunos estudios en los que se intenta determinar el tipo de configuración estratégica del sector y el *mark-up* (es decir, la diferencia sostenida entre el costo marginal y el precio) que tal configuración permite. En Colombia existen dos estudios que tratan de responder estos interrogantes: el primero, realizado por Peña (2001), utiliza la metodología propuesta por Bresnahan y Lau (1982) para determinar la existencia de *mark-up* en cuatro de las principales rutas troncales de Colombia; y el segundo, de Nauffal (2007), utiliza el modelo de Singh y Vives (1984) para caracterizar las funciones de mejor respuesta de Avianca y Aero República y la relación existente entre ambas para determinar si la competencia ejercida en cada una de las rutas (las cuales se consideran como mercados independientes), es por precios (Bertrand) o por cantidades (Cournot). Ambos estudios abordan el problema de la competencia bajo un enfoque que supone la existencia de productos homogéneos y de consumidores cuyas preferencias son idénticas: en otras palabras, se deja a un lado la importancia y el efecto que tiene la diferenciación del producto y la heterogeneidad de los consumidores en el posicionamiento de una aerolínea en el mercado colombiano.

La presente investigación tiene como objetivo incorporar atributos de diferenciación horizontal y vertical del producto dentro de la determinación del nivel de utilidad de los pasajeros, con el fin de determinar su efecto sobre el *mark-up* de las firmas aéreas, partiendo del supuesto de fijación de precios de firmas multiproducto (lo cual agrega a la estimación el efecto de las elasticidades precio-cruzadas de los diferentes vuelos operados por una misma aerolínea).

Para evitar el cálculo excesivo de elasticidades cruzadas se elige un modelo de elección discreta, que lleva el problema de las dimensiones de la estimación al campo de los atributos del producto. Como no se cuenta con información a nivel de individuos, se hace uso de la metodología econométrica propuesta por Berry, Levinson y Pakes (1995), BLP, para calcular

la cuota de mercado de cada vuelo en función de las características relevantes y el precio. Mediante un modelo logit multinomial estimado por GMM (Método de Momentos Generalizado) se estiman e identifican las principales variables que intervienen dentro del cálculo del *mark-up* y se construyen las series de elasticidades de la demanda con respecto a los distintos atributos y el precio. Esta es la principal medida del efecto de la diferenciación del producto sobre la fijación precio-costo de las aerolíneas del sector aéreo usada en la presente investigación.

Debido a la escasez de información relevante relacionada con variables que describan los atributos de los vuelos, la investigación se concentra en tres rutas aéreas nacionales para las cuales el autor cuenta con un importante suministro de datos a nivel de vuelo, durante los meses de septiembre a noviembre del año 2012: Medellín-Bucaramanga, Bogotá-Barrancabermeja y Bogotá-Cartagena. Estas tres rutas son diversas y cuentan con una estructura de oferta oligopólica.

El presente trabajo se divide de la siguiente forma. En el primer capítulo se aborda la situación actual de la estructura del sector aéreo, se hace una breve explicación del sistema nodal de transporte y se realiza una pequeña descripción de la configuración industrial que poseen los mercados objeto de estudio. En el segundo capítulo se explica de manera corta el sistema de *Revenue Management* de fijación de precios, y en el tercer capítulo se realiza una breve descripción de los antecedentes teóricos y empíricos del trabajo. En el cuarto capítulo se describen tanto el modelo teórico como el empírico, y en el quinto y sexto se presentan los resultados y las conclusiones.

2 Mercado aéreo colombiano de vuelos nacionales

2.1. Importancia y consolidación del mercado aéreo colombiano

El desarrollo de la infraestructura aérea en Colombia ha permitido incrementar los niveles de competitividad del país de cara a un mercado globalizante cada vez más exigente, logrando el desarrollo y el dinamismo de múltiples sectores de la economía en torno a un sinnúmero de encadenamientos hacia adelante y hacia atrás¹. Así, sectores como el turístico y el exportador (flores, café y algunas exportaciones no tradicionales) se han visto beneficiados de los avances en materia de infraestructura aérea². Del mismo modo, el comportamiento del Producto Interno Bruto ha marcado el ritmo de crecimiento tanto del número de pasajeros como del nivel de carga transportada.

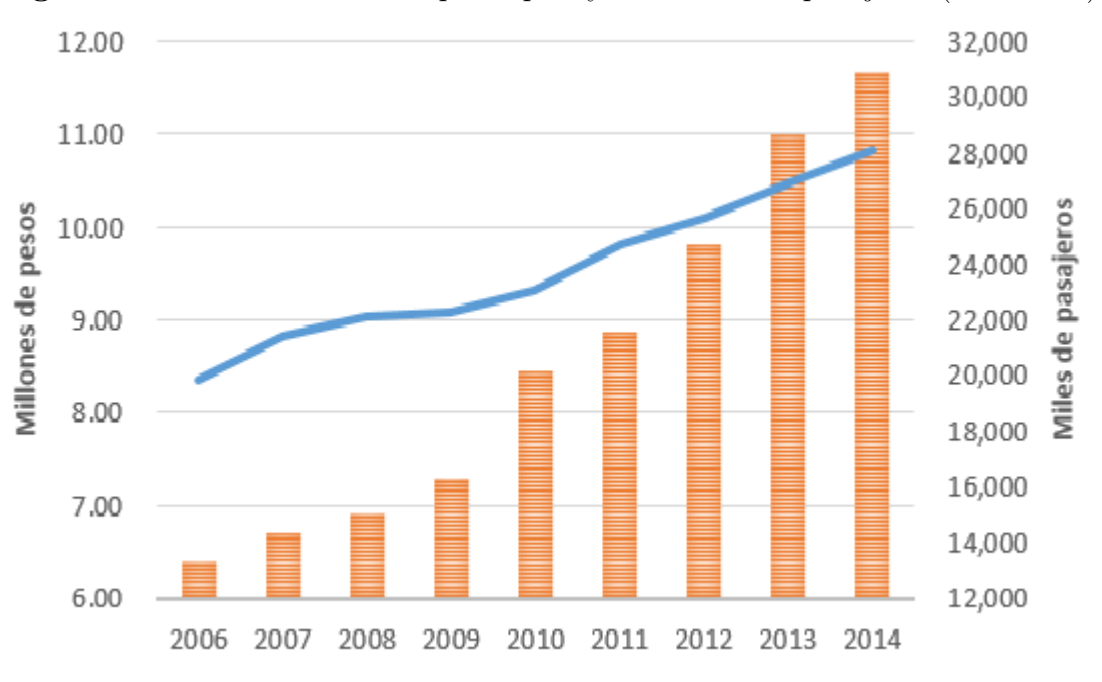
En la figura 2-1 puede apreciarse la evolución del PIB per cápita y del total de pasajeros transportados en Colombia. Allí se puede ver que los movimientos cíclicos del Producto Interno Bruto coinciden con los del número total de pasajeros, aunque la tasa de crecimiento de este último es notablemente más alta. De hecho, en los últimos cuatro años la tasa de crecimiento de pasajeros transportados en Colombia ha sido más alta que la presentada a nivel mundial (entre el 2011 y el 2013 esta tasa alcanzó un promedio de 15.5%), gracias a que el desarrollo institucional de los últimos diez años, orientado hacia la liberalización, ha permitido la intensificación de la competencia a través de la disminución paulatina de los precios del mercado.

Esta relación de mutua determinación³ se ha identificado entre la producción nacional y el aporte de la industria aérea y, por tanto, ha sido estudiada desde diversos puntos de vista,

¹Los encadenamientos se refieren a los efectos multiplicadores propagados hacia adelante y hacia atrás, según sea el caso, generados sobre la producción, el empleo y el ingreso de otros sectores de la economía que hacen las veces de proveedores y clientes del sector aéreo.

²Olivera et al. (2011) describen y miden estos efectos mediante matrices insumo-producto.

³A nivel econométrico, por las razones expuestas anteriormente, existe una doble causalidad o determinación entre el PIB y el número de pasajeros transportados en el país; Olivera et al. (2011) recomiendan por ello tratar ambas variables bajo el supuesto de endogeneidad durante el desarrollo de una estimación.

Figura 2-1: Evolución del PIB per cápita y del tráfico de pasajeros (2006-2014)

*Fuente: elaboración propia con base en Estadísticas operacionales (Aerocivil) y Cuentas Nacionales (DANE)

uno de ellos relacionado con las implicaciones económicas que ha tenido el cambio del marco regulatorio y normativo de la industria. En este sentido, es preciso afirmar que el desarrollo de la industria aérea colombiana estuvo caracterizado por las mismas etapas que se pueden identificar en el fortalecimiento de cualquier industria en el mundo: durante su nacimiento el Estado se aseguró de proteger el sector con barreras a la entrada, luego vino una etapa de liberalización vigilada, y por último un período relativamente reciente de consolidación de la competencia.

Tal y como relata Olivera, et al, (2011), después de la Segunda Guerra Mundial se impusieron importantes barreras a la entrada y a la salida, porque se consideraba que la industria de transporte aéreo de pasajeros era una especie de monopolio natural que no admitía el éxito de múltiples operadores en un contexto competitivo, debido a los altos niveles de inversión y a la inestabilidad del precio del combustible. Esta idea empieza a cambiar durante la década de los setenta bajo la Ley de Desreglamentación de las líneas aéreas de Estados Unidos, que marcó un hito histórico dentro del desarrollo temprano de la competencia⁴. En Colombia, la

⁴Entre otras cosas, la desregulación de precios durante la década de los setenta permitió la entrada al mercado de aerolíneas de bajo costo como PeopleExpress, quienes, al introducir ofertas tan abruptas, obligaron a American Airlines a pensar en un sistema novedoso de reserva que le permitiera mantenerse vigente, competitivo y rentable. Así es como nace el sistema *Revenue Management* sobre el cual se

liberalización paulatina de la industria se da a partir de los años noventa, pues la apertura económica propuesta como modelo de desarrollo así lo exigía.

De esta manera, en un primer momento el gobierno colombiano adoptó un sistema de libertad vigilada, a través del cual permitió que la estructura del sector cambiara del monopolio al oligopolio⁵. Por aquella época (principios de los noventa) desapareció el procedimiento de aprobación tarifario y se implementó un sistema de franjas tarifarias flexibles (Resolución 0291 del 3 de marzo de 1994 de la Aeronáutica Civil), basado en los principios de equidad y suficiencia.

Los acuerdos bilaterales y multilaterales de Cielos Abiertos, firmados por Colombia y países como Venezuela, Ecuador, Panamá y Estados Unidos, significaron otro gran salto en materia de competencia, ya que incrementaron la posibilidad de que los usuarios accedieran a un servicio diversificado y le permitieron a las aerolíneas ostentar un mayor abanico de libertades del aire⁶. Pese a lo anterior, el proceso liberalizador se vio interrumpido brevemente debido a que “la crisis de finales de los 90 conllevó la contracción de los mercados y con ello la quiebra y desaparición de algunas aerolíneas nacionales, así como la disminución de demanda ocasionada por los actos terroristas del 2001 y el aumento del precio del petróleo. Esas circunstancias motivaron que el Gobierno Nacional interviniera el mercado aéreo nacional, definiendo criterios y orientaciones generales respecto a la oferta, estableciendo un número máximo de designaciones por ruta origen-destino y un mayor control de la Aerocivil en el momento de autorizar nuevos proyectos o rutas” (Olivera, 2011, p. 50).

A partir del año 2006 la apertura aérea toma vuelo de nuevo bajo la flexibilización de las frecuencias y el aumento del número de operadores máximo permitido en cada una de las rutas. Desde ese momento y hasta el presente se desarrolla la etapa de consolidación del sector que se caracterizó en un primer instante por la eliminación del piso tarifario (Resolución 03299 de julio de 2007 de la Aeronáutica Civil de Colombia). Más adelante, la entrada de la primera aerolínea de bajo costo del país, VivaColombia, produjo varios cambios a nivel normativo que causaron un gran remezón en los precios de los tiquetes: el desmonte de la sobretasa a la gasolina, que permitió que los precios rompieran el piso de los \$60.000 con impuestos, y la eliminación del número máximo de operadores aéreos dentro de una ruta na-

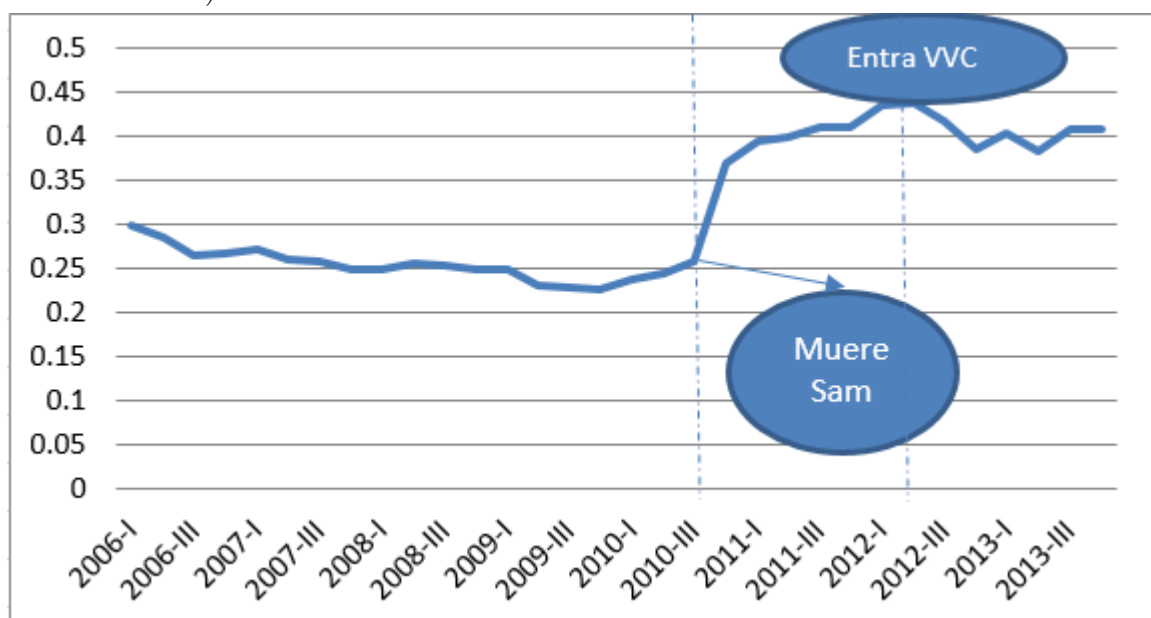
ahondará en el siguiente capítulo.

⁵El sector cuya estructura se menciona en este párrafo es el de los operadores, pues la industria aérea se compone de otros tres elementos: el espacio aéreo, los aeropuertos y los proveedores de combustible. Estos tres elementos operan bajo un rígido sistema monopólico, el primero y el segundo por la naturaleza jurídica del Estado colombiano, y el último por la reglamentación normativa que le ha dado origen.

⁶Las libertades del aire, en total nueve, es un término del Derecho Aeronáutico que se refiere a los derechos de las aerolíneas del mundo de usar el espacio aéreo y aterrizar en territorio extranjero bajo ciertas restricciones, de acuerdo al tipo de libertad.

cional en el año 2012⁷. Los resultados han sido diversos: en primer lugar, el precio promedio pagado por pasajero ha bajado en algunas rutas nacionales, y los índices de concentración del mercado han disminuido, aunque no de una manera tan notable como puede apreciarse en la figura 2-2⁸; y en segundo lugar, se ha observado que la participación global de Avianca en el mercado de rutas nacionales no ha disminuido y que, por el contrario, ha sostenido una posición dominante casi monopólica en algunos mercados, en especial regionales, debido a que su gran músculo financiero le ha permitido sostener precios bajos por largos períodos de tiempo y desalentar a otros operadores como LAN (anteriormente Aires) y Satena.

Figura 2-2: Evolución trimestral del HHI en el mercado de rutas aéreas nacionales(2006-2014)



*Fuente: elaboración propia con base en Estadísticas operacionales (Aerocivil)

De otro lado, desde la entrada de VivaColombia, los precios de los tiquetes aéreos han disminuido a niveles que han permitido que el transporte aéreo se convierta en sustituto perfecto

⁷Actualmente las únicas rutas que mantienen barreras a la entrada generadas directamente por la Aerocivil, son las enmarcadas dentro del régimen especial de servicio pionero, el cual aplica en favor de toda aquella aerolínea que solicite a la Aerocivil la operación de un “servicio regular que conecte de manera directa un origen y un destino en el cual no haya un servicio regular en el año inmediatamente anterior a la fecha en que se efectúa la petición” (Reglamento Aeronáutico Civil, RAC, numeral 3.6.3.4.3.9.1).

⁸En la figura se aprecia la evolución del índice de Herfindahl (HHI), calculado como la sumatoria de las cuotas de mercado de cada aerolínea elevadas al cuadrado. Este índice se usa para medir el grado de concentración en una industria, de tal modo que entre más cercano se encuentre su valor a 1, mayor concentración existe en el mercado; en este caso, el índice muestra una rápida aceleración a partir del año 2010 cuando la aerolínea SAM desaparece, aunque, a decir verdad, ya desde el año 2003 esta aerolínea hacía parte de Avianca en el marco de la Alianza Summa.

del transporte terrestre y que compita directamente por la demanda proveniente de individuos de nivel salarial medio-bajo (un tipo de demanda con elevada elasticidad-precio). De este modo, el servicio de transporte de pasajeros nacionales ha dejado de ser un bien de lujo, y ha penetrado en casi todas las esferas de la sociedad colombiana.

2.2. Estructura del mercado de transporte aéreo de pasajeros nacionales

El mercado aéreo colombiano se clasifica de acuerdo al destino de los pasajeros, en internacional y nacional⁹. Dentro del mercado nacional, la Aeronáutica Civil distingue tres tipos de rutas de acuerdo al número de pasajeros movilizados: troncales, secundarias y regionales. La parte tercera del RAC (Reglamento Aeronáutico Colombiano) en su sección 3.6.3.4.3.2, define las siguientes rutas troncales: Bogotá-Cali, Bogotá-Medellín, Bogotá-Bucaramanga, Bogotá-Pereira, Bogotá-Cartagena, Bogotá-Cúcuta, Bogotá-Santa Marta, Bogotá-Montería y Cali-Medellín. Las rutas secundarias son todas las demás rutas que no se encuentren incluidas en el listado anterior, como por ejemplo, Medellín-Quibdó. Por último, las rutas regionales son todas aquellas que conectan municipios apartados y/o de difícil acceso. Ejemplo de estas últimas es la ruta Bogotá-La Macarena (Meta).

Actualmente los operadores del servicio nacional de transporte aéreo de pasajeros son Avianca, LAN, Copa, ADA, Easyfly, Satena y VivaColombia. Estos siete operadores se encuentran constantemente en el mercado, configurando estructuras industriales algunas veces duopólicas, algunas veces oligopólicas¹⁰. Avianca, LAN y Copa se pueden caracterizar como aerolíneas que se desarrollan bajo un modelo de negocio tradicional, orientadas hacia el servicio de rutas troncales e internacionales, aunque la participación de las dos primeras dentro del mercado secundario es importante¹¹.

VivaColombia, por su parte, es una aerolínea que opera bajo el modelo de negocio Low Cost que mantiene estrechas relaciones con el de su aerolínea hermana, VivaAerobus de México. Su centro de operaciones es el Aeropuerto Internacional José María Córdoba de la ciudad

⁹Existe una clasificación inicial entre transporte aéreo regular y no regular (dentro del que se encuentran los vuelos chárter y las ambulancias aéreas).

¹⁰Existen incluso algunas rutas de carácter monopólico, como es el caso de Bogotá-La Macarena operada por Satena y Medellín-Tolú operado por Ada.

¹¹Recientemente las aerolíneas tradicionales han mostrado interés en algunas rutas secundarias y regionales servidas anteriormente por aerolíneas pequeñas y/o por Satena, ya que ante el aumento del nivel de competencia en precios en rutas troncales como Medellín-Bogotá, han visto a estos nichos de mercado como una oportunidad para aumentar sus márgenes, diversificar su inversión y sostener los largos períodos de precios bajos.

de Medellín, elegido por su bajo costo de operación y su bajo nivel de tráfico aéreo (en comparación con el Aeropuerto Internacional El Dorado). VivaColombia sustenta la viabilidad financiera de sus bajas tarifas mediante la venta de servicios adicionales dentro de los cuales se encuentran: transporte de animales, fila express para documentarse, asignación de silla, kilo adicional de equipaje, seguro médico, equipo deportivo, SMS confirmando reserva, box lunch (servicio gratuito en otras aerolíneas), entre otros.

Las aerolíneas Easyfly y Ada fueron creadas para atender mercados particularmente regionales y secundarios. Los equipos de 19 sillas de Ada de hecho, cumplen los requerimientos impuestos por el RAC para la operación de rutas regionales en cuanto al peso máximo permitido de los equipos utilizados. Easyfly, por su parte, cuenta en la actualidad con una flota mixta de aviones JetStream 41 y ATR-42-500, elegidos por su buen rendimiento en rutas cortas bajo el esquema point-to-point (en la sección 2.2.1 se ampliará el concepto de este esquema de operación). Satena, por último, es la aerolínea estatal cuyo fin netamente social está dirigido a la atención de ciudades apartadas y de difícil acceso. Es la única aerolínea que puede operar la ruta Bogotá-Medellín desde el aeropuerto Enrique Olaya Herrera¹² y cuenta con una variedad de equipos que le permiten aterrizar bajo cualquier condición en la que se encuentre la pista de aterrizaje.

2.2.1. Configuración nodal de la red de transporte aéreo de pasajeros

Una red se compone de dos elementos: los nodos y los enlaces. En el caso del mercado de transporte aéreo de pasajeros, los nodos son las ciudades de origen y destino que serán conectadas mediante los enlaces que, para el caso específico que ocupa esta investigación, no son otra cosa que los itinerarios de viaje. La composición de esta red puede ser de dos tipos: *point-to-point*, conocida también como *fully connected*, o *hub-spoke*. De manera sencilla, la configuración nodal de transporte aéreo *point-to-point* no es otra cosa que toda aquella ruta o itinerario que conecta de forma directa a dos ciudades; mientras que el sistema *hub-spoke* constituye todo aquel itinerario que conecta dos ciudades con una o más escalas. Para ejemplificar un poco, obsérvese el caso de la ruta Bucaramanga-Cartagena. Esta ruta es operada de forma directa por la aerolínea Easyfly (sistema *fully connected*), mientras que Avianca la ofrece con una conexión en la ciudad de Bogotá (*hub-spoke*).

El ejemplo anterior no solo permite visualizar de forma sencilla el significado de la configuración nodal de la red de transporte aéreo, sino que también permite entrever que dicha

¹²Es importante ampliar este punto: el aeropuerto Enrique Olaya Herrera se encuentra ubicado dentro del área urbana de la ciudad de Medellín, mientras que el José María Córdoba, en el que aterrizan las otras aerolíneas que operan esta ruta troncal, queda ubicado en Rionegro; esto sin duda genera una importante ventaja competitiva en términos de la calidad del servicio.

configuración no es única para cada ruta, sino que cada aerolínea puede decidir qué tipo de servicio ofrecerá de acuerdo con su estructura de costos. En otras palabras, “una aerolínea puede elegir la configuración de red más conveniente para enfrentar a sus competidores, dado que las demás aerolíneas en el mercado también elegirán redes para poder operar de la manera más rentable posible” (Gallego y Romano, 2005).

Tradicionalmente, los mercados con más baja densidad de pasajeros se han servido a través de rutas de tipo *hub-spoke*, que permiten dividir los costos fijos de operación entre por los menos dos trayectos, mientras que las rutas con mayor tráfico se han operado mediante vuelos directos. No obstante, esta afirmación generalizada es falsa, ya que existen aerolíneas cuya flota les permite operar rutas cortas y de bajo tráfico de una manera eficiente (como es el caso de Easyfly y Ada). Además, algunas aerolíneas ofrecen a los pasajeros la posibilidad de elegir el tipo de configuración nodal que más les convenga, asumiendo algún costo adicional por una u otra opción. Avianca, por ejemplo, opera la ruta Medellín-Bucaramanga tanto de manera directa, a través de un vuelo diario, como de forma indirecta, realizando una escala en la ciudad de Bogotá, su centro principal de operaciones.

2.2.2. Estructura del mercado de las rutas Bogotá-Barrancabermeja, Bogotá-Cartagena y Medellín-Bucaramanga

Debido a que en Colombia no existe el nivel de desagregación en los datos necesario para realizar un estudio de diferenciación de producto como el que se propone en el presente trabajo ¹³ se han elegido 3 rutas directas (*fully connected*) arbitrarias cuyos datos estaban a disposición del investigador: Medellín-Bucaramanga, Bogotá-Barrancabermeja y Bogotá-Cartagena. Las dos primeras rutas son presumiblemente empresariales y de carácter secundario, mientras que la última es una ruta clasificada como troncal y de carácter turístico. En la tabla 2-1 se presenta una ficha técnica de cada una de estas rutas, en la que se describe el promedio de pasajeros transportados al mes, las aerolíneas que compiten junto con su respectivo porcentaje de ocupación promedio (en el lenguaje del sector aéreo se denomina LF por la expresión inglesa *Load Factor*, y se calcula como el cociente entre el número total de pasajeros transportados y el número total de sillas ofrecidas) y el número de vuelos diarios operados por cada una de ellas.

Es posible apreciar que la ruta Bogotá-Barrancabermeja es altamente concentrada (de acuerdo al promedio del índice de HHI), a pesar de que los dos operadores que se encuentran en

¹³Para realizar un análisis profundo de las implicaciones que tienen, por ejemplo, las diferencias horarias en el precio que ofrecen dos vuelos dentro de la misma ruta, es necesario contar con información de pasajeros, horarios, sillas, precio, a nivel de vuelos y no a nivel de rutas como se encuentra actualmente en las estadísticas que son publicadas por la Aerocivil

Tabla 2-1: Ficha técnica de las rutas objeto de estudio

Ruta	Aerolíneas	Pasajeros men- men- suales promedio	LF men- sual pro- medio	Número de vuelos diarios (prome- dio)	HHI pro- medio**
Bogotá-Barrancabermeja	Avianca	12,901	74 %	5	0.63
	Easyfly	4,204	71 %	4	
Medellín-Bucaramanga	Easyfly	4,847	73 %	3	0.41
	Ada	901	61 %	2	
	VivaColombia	4,888	70 %	1	
Bogotá-Cartagena	Avianca	105,595	84 %	14	0.57
	LAN	22,300	77 %	3	
	Copa	17,134	82 %	3	

*Fuente: Elaboración propia con base en Estadísticas Operacionales de la Aerocivil.

**El HHI mostrado es el promedio del índice de Herfindahl de los últimos dos años.

el mercado (Easyfly y Avianca) tienen un promedio similar de vuelos diarios. Esto se debe a que el tipo de avión usado por Avianca es mucho más grande (tiene mayor número de sillas) que el operado por Easyfly, lo cual conlleva a una limitación en el nivel de *market share* que esta última aerolínea puede alcanzar. La ruta Bogotá-Cartagena, por su parte, presenta un promedio de índice muy similar pero en un contexto oligopólico (y no duopólico como es el caso de Bogotá-Barrancabermeja), lo cual se debe a la gran cantidad de vuelos diarios operados por la aerolínea Avianca.

Estas dos situaciones son bastante interesantes desde el punto de vista del diseño de políticas públicas dirigidas al sector (actualmente inexistentes), pues implican que las limitaciones en cuanto al número máximo de vuelos operados por una aerolínea y el tipo de equipo (avión) utilizado, podrían ser importantes para la disminución de la concentración de la industria, en la medida en que como puede evidenciarse, estos dos factores influyen en el nivel de *market share* que puede llegar a ostentar una aerolínea. Sin embargo, es importante recordar que la concentración del mercado no es un indicador suficiente para evaluar la posición de dominio en una industria, ya que es necesario analizar tanto los efectos explotativos como exclusorios que pudieran llegar a surgir en la interacción de los actores del mercado. Puede suceder, por ejemplo, que la limitación del número de vuelos operados y del tipo de avión utilizado evite altos niveles de concentración, pero que vaya en detrimento del ejercicio de economías de escala por parte de las aerolíneas, quienes ya no podrían elegir directamente el sistema

de operación nodal de su conveniencia (y en este sentido, una disminución en el nivel de concentración del mercado no se reflejaría necesariamente en una mejora en las condiciones de competencia).

3 Implicaciones del sistema de Revenue Management sobre la fijación de precios

En el capítulo anterior se hizo mención a la capacidad de las aerolíneas para decidir sobre la configuración nodal de sus rutas, que en última instancia resulta siendo una decisión estratégica clave para el éxito de su operación al punto de que en la actualidad se dedican grandes recursos tecnológicos para optimizar en tiempo real la asignación de flota entre los distintos destinos. Muy ligada a esta decisión se encuentra sin lugar a dudas la fijación de precios que, como veremos en este capítulo, es un proceso que en la industria aérea resulta tan complejo como dinámico.

Antes de entrar en detalle de lo que significa el *Revenue Management* es importante retomar algunos datos históricos de su aparición que fueron brevemente mencionados en el capítulo anterior. Como se expresó, American Airlines fue quien diseñó y puso en marcha el primer sistema de Revenue hacia finales de la década de los setenta, basada en una fuerte investigación e inversión motivadas por la crítica disminución de precio que experimentó el sector, gracias a la entrada al mercado de la aerolínea PeopleExpress. El sistema tecnológico que diseñó se denominó SABRE (programa que aún existe pero con muchas más funcionalidades), y el programa de cara al cliente al que dio sustento se denominó “*American Super Savers*” (denominado después como “*Ultimate Super Saver Fares*”). Pero ¿cuáles fueron exactamente los problemas que American Airlines intentó resolver a través de esta iniciativa? American necesitaba ofrecer tarifas más bajas sin entrar en un margen de insostenibilidad. Para hacerlo, el equipo analítico de esta aerolínea en cabeza de Robert Crandall se dio cuenta de que el costo marginal de sus sillas dentro de un vuelo era casi nulo, y que muchas veces los vuelos despegaban con algunas (o muchas) sillas vacías. Además, pudieron identificar que la demanda variaba en función del mercado o ruta considerada y que, incluso al interior de cada ruta, algunos vuelos tenían un comportamiento diferencial (algunos con mayor ocupación que otros). Teniendo en cuenta estas consideraciones, desarrollan un DINAMO (*Dynamic Inventory Allocation and Maintenance Optimizer*) que les permitió introducir distintos tipos de tarifas para un mismo vuelo, asignando unas restricciones de compra anticipada y mínimo tiempo de permanencia o estadía (estas restricciones se introdujeron para las clases tarifarias de menor valor, tratando de impedir que los pasajeros de perfil empresarial que casi siempre

compran sus vuelos a última hora, pudieran acceder a precios bajos teniendo en cuenta que su poder adquisitivo es mayor). Adicionalmente, el sistema les permitía fijar unos inventarios o topes máximos y mínimos de venta de cada clase tarifaria al interior de cada vuelo, atendiendo a un riguroso proceso de proyección de demanda y a unos mínimos niveles de generación de ingreso. Los resultados no se hicieron esperar: “American Airlines reportó un incremento en los ingresos de 1,400 millones de dólares en tres años gracias a las nuevas estrategias” (Kruszewski, 2011).

Analizando cuidadosamente el caso de American Airlines que da origen al sistema de *Revenue Management* es posible identificar cuatro características o situaciones que son particulares al comportamiento del mercado y de la industria aérea, y que se convierten automáticamente en puntos críticos de decisión a tener en cuenta para su implementación en otros mercados¹:

*Capacidad de “producción” fija: una aerolínea no puede ofrecer más sillas de las que su flota de aviones le permite, y aun cuando su demanda sobrepase su capacidad, no puede responder tan rápido al cambio como lo podría hacer una empresa que fabrique pizzas. En este sentido, el tema de optimización de la flota existente y de asignación eficiente de cada silla se hace particularmente importante.

*Producto perecedero con horizonte de venta fijo: la silla 3A del vuelo Bogotá-Madrid del día 30 de junio de 2016 a las 8:30 *a.m.* tiene fecha de vencimiento ese día y a esa hora; es tan simple como que no es posible vender una silla de un vuelo que ya ha despegado.

*Incertidumbre en la demanda: la demanda no se comporta de forma determinística sino que responde a diversas circunstancias socio-económicas que modifican la cantidad y el tipo de vuelos comprados para un determinado período. No obstante, algunos patrones de comportamiento permiten pronosticar con cierto nivel de error las cantidades demandadas a cada nivel de precio.

*Comportamientos y hábitos de compra particulares para cada perfil de clientes que permite realizar una segmentación del mercado y clasificarlos entre altamente sensibles y poco sensibles al precio: esto genera una oportunidad para ofrecer diferentes términos contractuales que permitan que los clientes se auto-segmenten eligiendo el plan de condiciones y precios que más se ajuste a sus necesidades.

Atendiendo a estas características, se puede definir el *Revenue Management* como el proceso eficiente (en el sentido de que su objetivo es la maximización de los ingresos) de asignación de precios y condiciones de compra, que se apoya en una proyección de demanda dinámica,

¹En la actualidad el *Revenue Management* se usa con mucho éxito en los hoteles, los teatros, las salas de cine, los parqueaderos, entre otros.

en un sistema riguroso de control de inventarios tarifarios, y en una buena identificación de los segmentos existentes en el mercado. A menudo se le relaciona de forma directa con el software que soporta su gestión, pero es necesario aclarar que no todo proceso de *Revenue* trae consigo necesariamente un programa informático especializado (no obstante, los conceptos de gestión y control que involucra obligan a que se realice un cambio tecnológico en su implementación que, de acuerdo al nivel de inversión, puede llegar a hacer la tarea del *Revenue Manager* más o menos manual).

El problema de asignación de distintos tipos de contratos para una aerolínea puede plantearse teóricamente como un juego con información asimétrica, cuya solución puede hallarse utilizando el principio de revelación de Myerson (1979). Siguiendo el ejercicio planteado por Mas Collé, Whinston y Green (1995), una aerolínea maximizadora del beneficio esperado se enfrenta a dos tipos de pasajeros, los de turismo y los de negocios, cada uno de ellos diferenciado por la disposición a pagar por un boleto de avión. No obstante, la aerolínea no puede diferenciar entre los dos tipos de viajeros (de allí la existencia de información asimétrica) aunque conoce que las funciones de utilidad de un pasajero de turismo y de un pasajero de negocios son²

$$u_T(p, w) = v - \theta_T p - w \quad \text{y} \quad u_B(p, w) = v - \theta_B p - w$$

respectivamente, donde $p \geq 0$ es el precio del ticket, $w \geq 0$ es la cantidad de tiempo en que es comprado el ticket antes de la partida del vuelo y θ_i es un parámetro que representa la sensibilidad de la utilidad del i -ésimo pasajero con respecto al precio. Asumiremos que $\theta_T > \theta_B > 0$. Denotemos por $\lambda \in (0, 1)$ la probabilidad de que el pasajero sea turista. Además, asumamos que la utilidad de reserva de cada viajero es igual a cero y que el costo para la aerolínea de transportar un pasajero es $c > 0$ (y que es suficientemente bajo de tal forma que la aerolínea tenga incentivos para operar).

Para conocer el contrato óptimo que maximiza el beneficio esperado de la aerolínea, es útil empezar por considerar cuál sería el contrato óptimo que la aerolínea le ofrece a cada tipo de pasajero cuando los puede distinguir³. En este caso la aerolínea condiciona el contrato ofrecido al tipo de pasajero que observa. El problema que enfrenta la aerolínea cuando el pasajero es tipo θ_i es

$$\begin{aligned} & \max_{(p_i, w_i) \geq 0} p_i - c \\ & \text{sujeto a } \theta_i p_i + w_i \leq v \end{aligned}$$

²La forma de las funciones de utilidad presentada corresponde al ejercicio propuesto por Mas Collé, Whinston y Green (1995), el cual es desarrollado en este trabajo a modo de ilustración del problema de fijación de contratos óptimos de las aerolíneas.

³Es importante aclarar que aunque el planteamiento del ejercicio es propuesto por Mas Collé, Whinston y Green (1995), la solución descrita de aquí en adelante es propia.

Supongamos que en el contrato óptimo la restricción de participación se satisface como desigualdad. Entonces la aerolínea podría aumentar infinitesimalmente el precio del tiquete sin que esto viole la restricción y de este modo incrementar sus beneficios, lo cual es una contradicción. De acuerdo con esto y con la función objetivo, el contrato óptimo es $(\widehat{p}_i, \widehat{w}_i) = (\frac{v}{\theta_i}, 0)$. Observemos que el pasajero de negocios paga un mayor precio por el tiquete que el pasajero de turismo.

Si existiese asimetría de información en la cual el pasajero conoce el motivo de su viaje, pero la aerolínea no, entonces los contratos $((\widehat{p}_T, \widehat{w}_T), (\widehat{p}_B, \widehat{w}_B))$ no constituyen una acción óptima por parte de la aerolínea. Si esta ofrece estos dos contratos a un pasajero, permitiendo que él decida de forma libre cuál de ellos desea adquirir, el pasajero de turismo escogerá el contrato diseñado para él, pero el pasajero de negocios preferirá el contrato diseñado para el pasajero de turismo: observemos que

$$u_B(\widehat{p}_T, \widehat{w}_T) = v - \theta_B \frac{v}{\theta_T} > v - \theta_B \frac{v}{\theta_B} = u_B(\widehat{p}_B, \widehat{w}_B)$$

Así, la utilidad que obtiene el pasajero de negocios eligiendo el contrato diseñado para el pasajero de turismo es mayor que eligiendo el contrato diseñado para él.

Consideremos ahora el caso en el que la aerolínea no puede diferenciar entre los dos tipos de pasajeros. De acuerdo con el principio de revelación, el problema de la aerolínea es

$$\begin{aligned} & \underset{\substack{(p_T, w_T) \\ (p_B, w_B)}}{\text{máx}} && \lambda p_T + (1 - \lambda) p_B - c \\ \text{sujeto a} && \theta_T p_T + w_T \leq v \end{aligned} \tag{1}$$

$$\theta_B p_B + w_B \leq v \tag{2}$$

$$\theta_T p_T + w_T \leq \theta_T p_B + w_B \tag{3}$$

$$\theta_B p_B + w_B \leq \theta_B p_T + w_T \tag{4}$$

Observemos que:

a) *Las restricciones (1) y (4) implican la restricción (2):* Veamos que $\theta_B p_B + w_B \leq \theta_B p_T + w_T < \theta_T p_T + w_T \leq v$, donde la primera desigualdad se tiene por (4), la segunda por el hecho que $\theta_B < \theta_T$ y la tercera desigualdad por (1).

b) *Todo contrato óptimo satisface $\theta_T p_T + w_T = v$:* Supongamos que existe un contrato óptimo $((p_B, w_B), (p_T, w_T))$ tal que $\theta_T p_T + w_T < v$. Si aumentamos p_T y p_B en un $\varepsilon > 0$ tal que la restricción (1) se siga satisfaciendo, las restricciones (3) y (4) no se violarían. Este contrato le genera un mayor beneficio a la aerolínea que el contrato

original. Así, al pasajero turista le es ofrecido un contrato que le permite obtener una utilidad apenas necesaria para que decida comprar un boleto de avión.

- c) *Todo contrato óptimo satisface $\theta_B p_B + w_B = \theta_B p_T + w_T$* : Supongamos ahora que existe un contrato óptimo $((p_B, w_B), (p_T, w_T))$ tal que la restricción (4) no se satisface como igualdad; es decir, $\theta_B p_B + w_B < \theta_B p_T + w_T$. Si aumentamos p_B en un $\varepsilon > 0$ tal que la restricción (4) se siga satisfaciendo, las restricciones (1) y (3) no se violarían. Este nuevo contrato le genera un mayor beneficio a la aerolínea que el contrato original. De acuerdo con este resultado, el pasajero de negocios es indiferente entre el boleto de avión que le es ofrecido a él y el boleto de avión que le es ofrecido al pasajero turista y, por tanto, el excedente que puede recibir es apenas el mínimo necesario para que decida no hacerse pasar por un pasajero turista.

Ahora solucionaremos el problema anterior ignorando la restricción (3). Luego mostraremos que la solución de este nuevo problema también satisface esta restricción. Por tanto, esta solución debe ser una solución del problema original. El nuevo problema, denotado N , es entonces

$$\begin{aligned} & \underset{\substack{(p_T, w_T) \geq 0 \\ (p_B, w_B) \geq 0}}{\text{máx}} && \lambda p_T + (1 - \lambda) p_B - c \\ & \text{sujeto a} && \theta_T p_T + w_T = v && (5) \\ & && \theta_B p_B + w_B = \theta_B p_T + w_T && (6) \end{aligned}$$

Reemplazando las restricciones en la función objetivo, el problema puede escribirse como

$$\underset{(w_T, w_B) \geq 0}{\text{máx}} \quad \frac{v}{\theta_T} + \left[\frac{1 - \lambda}{\theta_B} - \frac{1}{\theta_T} \right] w_T - \frac{(1 - \lambda)}{\theta_B} w_B - c$$

Ya que esta función objetivo es decreciente en w_B , las soluciones del problema N deben satisfacer $w_B = 0$. Además, esta función es lineal en w_T . Por tanto, la solución depende del signo de $\frac{1 - \lambda}{\theta_B} - \frac{1}{\theta_T}$. Observemos que el signo de este término es positivo si y sólo si $\lambda < \frac{\theta_T - \theta_B}{\theta_T}$. Consideremos los siguientes dos casos:

- a) Si $\lambda < \frac{\theta_T - \theta_B}{\theta_T}$, entonces $w_T = v$. A partir de las restricciones (5) y (6) se tiene que $p_T = 0$ y $p_B = \frac{v}{\theta_B}$. Es fácil verificar que esta solución satisface la restricción (3). Este contrato tiene las siguientes características:
- i) La restricción de participación sólo se satisface como igualdad para el pasajero de turismo, mientras que el pasajero de negocios recibe una ganancia informacional; es decir, el pasajero de negocios recibe una utilidad mayor que su utilidad de reserva debido a su información privada.

- ii) Sólo la restricción de compatibilidad de incentivos del pasajero de negocios se satisface como igualdad en el contrato óptimo. La aerolínea sólo debe preocuparse por generar los incentivos adecuados para que este viajero acepte el contrato.
- iii) La condición de primer orden bajo información asimétrica es igual a la condición de eficiencia bajo información simétrica para el pasajero de negocios. Esta propiedad conocida como de *no distorsión en el margen* (*non distortion at the top*) indica que bajo selección adversa el único contrato eficiente es aquel diseñado para el pasajero que está dispuesto a pagar más por un tiquete.

De este modo, si la proporción de pasajeros es relativamente baja, las condiciones del contrato ofrecido incluirían cero tiempo de anticipación en compra para la clase de viajeros de negocios y un tiempo de anticipación igual al nivel de utilidad intrínseca de viajar para el caso de los turistas, así como unos precios en los que solo la restricción de compatibilidad de incentivos del pasajero de negocios se satisface con igualdad.

- b) Si $\lambda > \frac{\theta_T - \theta_B}{\theta_T}$, entonces $w_T = 0$. A partir de las restricciones (5) y (6) se tiene que $p_T = \frac{v}{\theta_T}$ y $p_B = \frac{v}{\theta_T}$. Nuevamente es posible verificar que esta solución satisface la restricción (3). En este caso (en el que la proporción de pasajeros de turismo es suficientemente grande) la aerolínea le ofrece a ambos tipos de pasajeros el mismo contrato. En otras palabras, si la proporción de pasajeros en clase turista es demasiado grande, se tiene que el contrato ofrecido por la aerolínea es tal que ambos tipos de pasajeros deben comprar su tiquete con cero tiempo de anticipación antes del vuelo, de modo que el precio ofrecido para cada uno de ellos es el mismo.
- c) Si $\lambda = \frac{\theta_T - \theta_B}{\theta_T}$, existe un continuo de soluciones: todos aquellos contratos que satisfacen (5) y (6).

Finalmente, veamos que las soluciones que hemos hallado para el problema N satisfacen la restricción (3). Dado que $w_B^* = 0$, esta restricción puede escribirse como

$$\theta_T p_T^* + w_T^* \leq \theta_T p_B^*$$

Todas las soluciones del problema N satisfacen las restricciones (5) y (6); es decir,

$$p_T^* = \frac{v - w_T^*}{\theta_T} \quad \text{y} \quad p_B^* = \left(\frac{1}{\theta_B} - \frac{1}{\theta_T} \right) w_T^* + \frac{v}{\theta_T}$$

Por tanto,

$$\begin{aligned} \theta_T p_T^* + w_T^* &= v \\ &= \theta_T p_B^* + \left(1 - \frac{\theta_T}{\theta_B} \right) w_T^* \\ &\leq \theta_T p_B^* \end{aligned}$$

donde la desigualdad se tiene debido a que $\theta_T > \theta_B > 0$.

En líneas generales, las soluciones del problema de maximización del beneficio esperado anterior dependen fundamentalmente del tamaño de la proporción de pasajeros en clase turista, que, dicho de otra forma, corresponde a la tipificación de la ruta en empresarial o turística. El contrato ofrecido no solo incluye el precio sino también el tiempo de anticipación con el que el boleto es comprado, lo cual termina siendo una estrategia de segmentación que como puede notarse, se parece mucho al principio del *Revenue Management* de fijación de condiciones de compra en términos de límites en el tiempo de estadía y que, como se anotará más adelante en este mismo capítulo, genera sistemas de fijación de precio estacionales demarcados por estrategias de *mark-up* o *mark-down* a lo largo del tiempo⁴.

Es importante señalar que teniendo en cuenta que prácticamente todas las aerolíneas a nivel nacional hacen uso del sistema de *Revenue Management*, sus decisiones de fijación de precios no son estáticas sino que, por el contrario, obedecen a una fuerte dinámica de cambio constante en la configuración de inventarios tarifarios. De este modo, algunas aerolíneas pueden llegar a usar hasta veinte tipos de tarifas distintas para un mismo vuelo, dependiendo de la temporalidad, del comportamiento de la demanda esperada, y de otras variables que son ajustadas mediante el precio. En el caso de Avianca y Lan, por ejemplo, sus sistemas de gestión de reservas e inventarios llegan a tal nivel de sofisticación, que son capaces de parametrizar disminuciones automáticas de tarifas ante el incumplimiento de ciertas metas de demanda o ante la disminución del precio de un vuelo en particular de otra aerolínea, identificado previamente como sustituto directo. Adicionalmente, como cada una de ellas vende usando el canal de la página Web, los pasajeros se enfrentan a un costo de búsqueda casi nulo, lo cual dinamiza aún más el cambio en los precios.

Sin lugar a dudas, el estudio del *mark-up* de las firmas pertenecientes a esta industria plantea un gran reto en torno a esta realidad, ya que un conocimiento completo de las dinámicas de generación de ingreso y rentabilidad debería incluir también las implicaciones de este tipo de fijación de precios tan extremadamente dinámico⁵. En un modelo sencillo de fijación de precios a través del tiempo la aerolínea resuelve el siguiente problema de maximización de sus ingresos esperados:

⁴La estrategia de *mark-up/mark-down* a lo largo del tiempo no debe confundirse con el *mark-up* económico definido en el capítulo cuarto. Aquel se refiere a la práctica de aumentar o disminuir el precio en la medida en que se acerca la fecha del vuelo.

⁵Otra característica muy importante de la fijación de precios en esta industria es que los *Revenue Managers* tienen poca o nula información respecto a los costos; aunque suene paradójico, su función se centra en la generación de ingresos brutos (lo cual trae implícito el supuesto de que las decisiones en torno al inventario tarifario no afecta el nivel de costos y, por tanto, maximizar el ingreso implica necesariamente maximizar el beneficio).

$$\text{Máx } E \left[\int_0^T P_{it} dS_i(t) \right]$$

s.a.

$$C_t = C_o - AS(t) \geq 0 \quad \forall t \in [0, T]$$

$$0 \leq S_i(t) \leq D(t, p, H_t)$$

donde P_{it} corresponde al precio en el tiempo t y el segmento de la demanda i , $S_i(t)$ son las ventas del segmento i en el tiempo t , $AS(t)$ son las ventas acumuladas en el tiempo, C_0 es la capacidad total, C_t es la capacidad remanente, y $D(t, p, H_t)$ es la demanda potencial que depende del tiempo, el precio y la historia de las decisiones y resultados pasados.

Nótense tres cosas: la primera es que en este modelo simple no se está teniendo en cuenta explícitamente el efecto de la segmentación del mercado dentro de la determinación de la demanda. Sin embargo, es necesario aclarar que en el modelo planteado con anterioridad aún falta precisar este aspecto de acuerdo al tipo de modelación que se elija. Segundo, la capacidad es una restricción dinámica que se actualiza cada período de tiempo (en la medida en que se agotan las sillas que la aerolínea tiene disponibles para vender en un determinado vuelo, por ejemplo). Tercero, dependiendo del nivel potencial de ventas acumuladas, la restricción de capacidad puede ser activa o inactiva. Ahondando en este último punto, el manejo de la capacidad disponible es una cuestión bastante interesante por cuanto no se limita al análisis de cómo alcanzar el máximo nivel de ocupación (LF) acorde con un nivel máximo de ingresos, sino que también trata de resolver el problema de los llamados *no-show*⁶. A menudo, las aerolíneas usan la estrategia de sobrevender vuelos que han identificado que tienen probabilidades altas de *no-show*, con el ánimo de maximizar desde todo punto de vista el ingreso de cada vuelo operado (denominado en el sector como *Yield*). Para incluir esta práctica dentro del problema descrito con anterioridad, es necesario agregar como restricción de las ventas la probabilidad de no presentación o cancelación imprevista del itinerario por parte de los pasajeros.

Finalmente, es importante añadir que de acuerdo con la identificación de los hábitos y patrones de compra de los pasajeros, las aerolíneas suelen tener un marcado componente estacional en la fijación de sus tarifas y una política muy bien definida de *mark-up* o *mark-down* a lo largo del tiempo. Dependiendo de las rutas, el itinerario en particular, la competencia y el perfil del mercado, las aerolíneas o bien suelen aumentar sus tarifas entre más cercana esté la fecha de compra en relación con la fecha del vuelo (estrategia muy común que, como se anotó con anterioridad, fue usada por primera vez por American Airlines), o bien pueden disminuirlas en la medida en que la fecha de compra es cercana a la fecha del vuelo.

Del mismo modo, cada itinerario dentro de una ruta tiene una estacionalidad intra-semanal

⁶*No-show* es una expresión que se usa en el sector aéreo para referirse a un pasajero que no aborda el vuelo que ha comprado y que además no realiza previamente un cambio de itinerario.

que consiste en que unos días de la semana suelen ser más costosos que otros porque la aerolínea trata de anticiparse a comportamientos de alta y baja demanda históricos que obedecen a unos procesos sociales, económicos y culturales de migración entre una ciudad origen y una ciudad destino (en el capítulo 6, en el que se presentarán los resultados, se mostrará un pequeño ejercicio de ejemplificación de este comportamiento).

4 La diferenciación del producto en el mercado aéreo: algunos antecedentes empíricos

4.1. ¿Qué es la diferenciación del producto en el contexto del sector aéreo?

Como ya se ha mencionado, el sector aéreo presenta unas características específicas que le han configurado dentro de una estructura industrial oligopólica, en la que los ejercicios de poder y el *mark-up* sobre los precios son variables latentes objeto de debate y medición. También se ha discutido el papel de la intervención del Estado en esta estructura y las implicaciones del *Revenue Management* dentro del proceso de fijación de precios de las aerolíneas. Concluyentemente se ha afirmado que además de los precios, la elección del tipo de servicio de transporte nodal para las rutas y, por consiguiente, el itinerario de cada uno de los vuelos es también una decisión estratégica que puede llegar a afectar la rentabilidad (*mark-up*) de las aerolíneas.

Siguiendo a Borenstein (1999), Fageda (2003) y Berry, Carnall y Spiller (2006), podría pensarse que también la calidad es una variable de elección para las firmas dentro de la industria de pasajeros. En este sentido, es propio afirmar que el producto ofrecido por cada aerolínea no es homogéneo, sino que, por el contrario, presenta un alto componente de heterogeneidad. Además, como pudo concluirse en el capítulo anterior, el ejercicio del *Revenue Management* pone en evidencia la presencia de más de un tipo de consumidor, lo cual quiere decir que la heterogeneidad de la demanda también es una realidad que debe considerarse. Para entender un poco más lo que se acaba de afirmar, es necesario entender qué significaría que el producto ofrecido por las aerolíneas fuera homogéneo. Defínase para estos propósitos a un mercado como la ruta directa (*point-to-point*) entre una ciudad origen y una ciudad destino. Un producto sería entonces un vuelo que se encuentra dentro de este mercado, ofrecido por una aerolínea¹. Los productos que componen un mercado así definido son homogéneos si

¹En un sentido estricto, si definiéramos un producto como aquel que es comprado unitariamente por un consumidor ordinario, el producto dentro del mercado aéreo sería la silla del vuelo y no el vuelo *per se*. No obstante, en el marco de la elección discreta que se profundizará en detalle en los siguientes capítulos,

cada uno de ellos tiene el mismo itinerario (la hora de despegue es exacta), el mismo nivel de cumplimiento, igual servicio a bordo, etc. En otras palabras, los productos son homogéneos si ningún consumidor puede notar diferencia de ningún tipo entre un vuelo y otro. Ahora bien, tomando las anteriores afirmaciones y planteando sus respectivos inversos argumentativos, los productos del mercado aéreo son heterogéneos toda vez que tienen distintos itinerarios, o distintos niveles de cumplimiento, o diferente calidad en el servicio a bordo, entre otros; y, en resumen, un consumidor dentro de ese mercado puede diferenciar un vuelo de otro.

Por otro lado, existe homogeneidad en las preferencias si las características y los parámetros que definen la función de utilidad de los consumidores del mercado son exactamente las mismas para todos y cada uno de ellos. No existen, por tanto, segmentaciones de mercado relevantes y tampoco existe incertidumbre en el corto plazo acerca del comportamiento de la demanda. Si lo anterior se cumpliera en el mercado aéreo, no tendría sentido asignar distintos tipos de tarifa, cosa que no sucede en la realidad. El mercado aéreo, por consiguiente, es un mercado cuyos productos y preferencias son heterogéneos².

4.2. Algunos antecedentes empíricos

En el campo empírico, los estudios orientados hacia la modelación del comportamiento de las firmas en un mercado oligopólico con diferenciación del producto (incluidos los orientados hacia el mercado de transporte aéreo) se pueden clasificar en dos vertientes de acuerdo con el concepto de diferenciación subyacente: en la primera se encuentran todos aquellos que utilizan la diferenciación horizontal³ como explicación de diferentes fenómenos que caracterizan la estructura del mercado analizado, y en la segunda están todos aquellos trabajos que adoptan el concepto de diferenciación vertical⁴. Recientemente han surgido otros trabajos que escapan a estas dos grandes clasificaciones, ya que combinan ambos tipos de diferenciación incluyendo un patrón de medición de las asimetrías en la información (ver Gabszewicz y Resende, 2011).

el consumidor termina eligiendo un vuelo y no una silla.

²La heterogeneidad de productos y preferencias implica que no es posible garantizar que en un juego de Bertrand de una sola etapa las firmas alcancen un equilibrio en el que los precios fijados sean iguales a los costos marginales (*mark-up* igual a cero).

³La diferenciación horizontal se basa en los modelos espaciales desarrollados por Hotelling (1929) y Salop (1979), que suponen que los consumidores se encuentran ubicados en diferentes posiciones dentro de un espacio (lineal para el caso de Hotelling, circular según el modelo de Salop) que no es necesariamente físico. Esta suposición no es otra cosa que la declaración de existencia de cierto tipo de heterogeneidad de la demanda.

⁴La diferenciación vertical, por su parte, discute las implicaciones de la calidad del producto en la elección de los precios por parte de las firmas, asumiendo que todos los consumidores valoran de la misma manera el nivel de calidad dentro de un mercado.

La mayoría de trabajos encontrados en la literatura, que de una u otra forma se enmarcan dentro de la clasificación anterior, adoptan un modelo de elección discreta para describir las preferencias de los consumidores y asumen ciertas propiedades acerca de las variables que determinan la función de utilidad que las representa. Berry (1994), por ejemplo, plantea que a pesar de que cada individuo tiene perfecto conocimiento acerca de las características de los productos y de las preferencias de los consumidores en el mercado en el que están interactuando, la no-observabilidad de ciertas características relacionadas con la demanda por parte del investigador, obliga a incorporar una serie de variables que las recojan y las modelen de manera aleatoria. De este modo se plantea una especificación de coeficientes aleatorios para la función de utilidad, cuyo objetivo primordial es la modelación de la heterogeneidad de las preferencias dentro de la estimación. Además, Berry (1994) propone un método de estimación basado en la invertibilidad de la ecuación de cuota de mercado, a través del cual es posible estimar las ecuaciones estructurales de oferta y demanda del mercado mediante la técnica tradicional de variables instrumentales.

Los trabajos de Berry (1990) y Berry, Levinsohn y Pakes (1995) son desarrollados también usando el enfoque de elección discreta. Estos últimos encontraron que la concentración de las operaciones de una aerolínea en un aeropuerto es una fuente importante de diferenciación del producto que permite a las aerolíneas incrementar el *mark-up* a través de la disminución de costos proveniente de las economías de densidad⁵ Este resultado también fue encontrado por Borenstein (1989), Borenstein (1990) y Berry (1996). Todos estos trabajos se pueden clasificar dentro de la vertiente de diferenciación horizontal o espacial, puesto que asumen que las características de los productos son observables (la calidad, por ejemplo) pero que la heterogeneidad de las preferencias de los consumidores debe ser modelada mediante una especificación aleatoria.

Gayle (2004), en un estudio acerca de la importancia de las variables relacionadas con el precio y aquellas que no lo están dentro de la elección de los consumidores en un contexto de productos diferenciados, incluye una especificación de la función de utilidad que, a diferencia de Berry (1990), permite que la heterogeneidad del consumidor varíe de acuerdo a cierta información demográfica. Gayle concluye que, en promedio, los precios no son una variable explicativa significativa de la elección de los pasajeros; por el contrario, son las características que no están relacionadas con los precios, como los programas de pasajero frecuente, la calidad del servicio abordo, la conveniencia de los horarios de vuelo, entre otros, los que explican gran parte de estas decisiones.

⁵Existen economías de densidad cuando el costo medio disminuye en la medida en que los pasajeros transportados no se encuentran dispersos en distintos aeropuertos de origen, sino concentrados en ciudades de alta densidad poblacional.

Fageda (2003) concluye lo mismo para el mercado de transporte aéreo español haciendo uso de un modelo teórico de diferenciación vertical. Los resultados de la estimación por variables instrumentales muestran que las características de la competencia difieren en cada segmento del mercado. Por ejemplo, en aquellos segmentos caracterizados por bajas elasticidades-precio de la demanda, los consumidores están dispuestos a pagar por obtener un producto con mayor calidad, en cuyo caso las firmas adoptan un sistema de precios más alto mediante el cual tratan de mandar una señal al mercado acerca de la calidad de su producto.

En Colombia existen dos estudios que tratan de analizar la relación entre el tipo de configuración estratégico del sector y el *mark-up*: el primero, realizado por Peña (2001), utiliza la metodología propuesta por Bresnahan y Lau (1982) para determinar la existencia de *mark-up* en cuatro de las principales rutas troncales de Colombia; y el segundo, de Nauffal (2007), utiliza el modelo de Singh y Vives (1984) para caracterizar las funciones de mejor respuesta de Avianca y Aero República y la relación existente entre ambas para determinar si la competencia ejercida en cada una de las rutas (las cuales se consideran como mercados independientes) es por precios (Bertrand) o por cantidades (Cournot). Ambos estudios abordan el problema de la competencia bajo un enfoque que supone la existencia de productos homogéneos y de consumidores cuyas preferencias son idénticas: en otras palabras, se deja a un lado el efecto que tiene la diferenciación del producto y la heterogeneidad de los consumidores en el posicionamiento de una aerolínea en el mercado colombiano (lo anterior ocurre porque no existe disponibilidad de información a nivel de microdato que permita medir los aspectos más relevantes de la heterogeneidad).

5 El modelo

En el presente capítulo se describe el modelo teórico que da sustento al ejercicio empírico desarrollado en el presente trabajo y sobre cuya metodología también se profundiza. Además, se definen las variables de interés en la estimación, junto con sus respectivas fuentes.

5.1. Modelo teórico

Sean $N = \sum_{i=1}^N i$ y $J = \sum_{j=1}^J j$ el número de consumidores y productores, respectivamente. Los consumidores serán indexados por la letra i y los productores por la letra j . El j -ésimo productor produce m_j marcas o clases de bienes, por lo que el número de productos a disposición de los consumidores es igual a $M = \sum_{j=1}^J m_j$. Notemos que el número de productos no es necesariamente igual al número de firmas, de la misma manera en que este último no es necesariamente igual al número de consumidores. A cada uno de los $m \in M$ bienes del mercado se encuentran asociados tres parámetros: s_m al que llamaremos calidad del producto, θ_m que determina la ubicación del bien dentro de una circunferencia o reloj de 24 horas (cuya longitud es igual a 1440 si se expresa un día en términos del número de minutos que tiene), y p_m que es el precio. Cada una de las firmas debe elegir el nivel de estos tres parámetros para cada una de sus marcas.

Cada consumidor que interactúa en este mercado tiene las mismas preferencias representadas a través de la siguiente función de utilidad¹:

$$U_{im}(s, \theta, p) = \beta s_m - p_m - t_i(x_i - \theta_m) \quad (5-1)$$

¹Nótese que, en la función planteada, la utilidad no depende del consumo de bienes sino de las preferencias especificadas sobre los atributos del producto. En este sentido, se asume implícitamente que el individuo se enfrenta a un problema de elección discreta, en el que debe elegir uno y sólo uno de los productos disponibles (no elige cantidades, como en el caso de maximización de la utilidad tradicional). La introducción de este supuesto se realiza con el ánimo de disminuir el número de parámetros a estimar (elasticidades cruzadas, sobretodo) para obtener el nivel de demanda, siguiendo la metodología planteada por Berry (1994).

donde U_{im} es la utilidad que obtiene el consumidor i al comprar el bien m , β es un parámetro que captura la preferencia media por calidad, x_i es la ubicación del consumidor dentro de un círculo temporal de 24 horas y t_i puede ser interpretado como el valor que le otorga el consumidor a su tiempo y que se distribuye de manera uniforme en el intervalo $[0, 1]$.

Tal y como se observa en (5-1), se asume que la utilidad de los individuos disminuye ante un incremento en los precios y ante un aumento en la diferencia entre su preferencia temporal y la ubicación en el espacio-tiempo del producto. Además, se asume que los individuos tienen preferencias monótonas con respecto a la calidad del producto y que, por lo tanto, este parámetro puede ser ordenado de mayor a menor, de modo que cuando $s_m > s_n$, la calidad del bien m es mejor que la calidad del bien n . Notemos que si $p_n = p_m$ y $s_m > s_n$, entonces no necesariamente $u_{im}(s, \theta, p) > u_{in}(s, \theta, p)$ como ocurre en el modelo de diferenciación vertical puro.

El modelo descrito se desarrolla como un juego secuencial en cuya primera etapa las firmas deciden la ubicación, el nivel de precios y la calidad para cada uno de sus productos; y en la segunda etapa, cuando el consumidor ha observado estos parámetros, decide qué producto demandar. Cada consumidor, mediante un proceso de decisión racional, decide entre adquirir una unidad de determinado bien o no comprar ninguno de los bienes disponibles. Por tanto, la elección del bien m por parte del i -ésimo consumidor excluye la posibilidad de que compre el bien n en un período de tiempo determinado. Utilicemos el método de inducción hacia atrás y resolvamos primero el problema del consumidor.

Observemos que existe una disociación entre la calidad preferida por el consumidor y la distancia a la que se encuentra ubicado un determinado producto, en la medida en que no necesariamente el producto de mayor calidad es cercano temporalmente al individuo². Si la firma j elige para su producto m una tripla (p_m, θ_m, s_m) , un consumidor situado a una distancia $d_i = x_i - \theta_m$ con $d_i \in (0, \frac{1440}{m})$ elige el producto m sobre cualquier otro si se cumple la siguiente condición:

$$\beta s_m - p_m - t_i(x_i - \theta_m) \geq \max \{ \beta s_q - p_q - t_i(x_i - \theta_q) \}$$

para todo $q = 1, \dots, M$. Notemos que el producto que proporciona la utilidad máxima entre todos los q bienes es, de hecho, el producto más cercano en términos de utilidad al producto

²La mayoría de trabajos que se han realizado en el campo asumen competencia localizada a través de la construcción de un indicador ponderado de diferenciación que ubica el problema en un plano multidimensional, en el que las firmas tienen que elegir entre sólo dos opciones de diferenciación vertical y horizontal: calidad alta y baja, y ubicación 0 y 1. Otros trabajos, por su parte, asumen máxima diferenciación horizontal y se concentran en analizar los efectos que la calidad como variable estratégica tiene sobre los precios y la concentración del mercado.

m . Asumiendo que la calidad y la ubicación espacio-temporal son conocimiento común, es preciso suponer que el consumidor no elegirá entre todo el rango de productos del mercado, sino que llevará a cabo su elección de manera localizada³.

De este modo, podemos simplificar el proceso de decisión adoptando la elección binaria entre los dos “mejores” productos para el consumidor⁴. Por tanto,

$$\beta(s_m - s) > (p_m - p) + t_i [(x_i - \theta_m) - (x_i - \theta)] \quad (5-2)$$

donde los parámetros s , p y θ corresponden al producto que proporciona una utilidad tal que $\beta s - p - t_i(x_i - \theta) = \max \{\beta s_q - p_q - t_i(x_i - \theta_q)\}$ para todo $q = 1, \dots, M$.

A partir de (5.2) se tiene que

$$t_i > \left(\frac{\Delta p - \beta \Delta s}{\Delta \theta} \right) \quad (5-3)$$

donde $\Delta \theta = \theta_m - \theta$, $\Delta p = p_m - p$ y $\Delta s = s_m - s$.

De (5.3) se deduce que la demanda por el bien m es

$$q_m(p_m, p, s_m, s, \theta, \theta_m) = N \left[Prob \left[t_i > \left(\frac{\Delta p - \beta \Delta s}{\Delta \theta} \right) \right] \right] \quad (5-4)$$

Ya que la distribución de t_i es uniforme sobre el intervalo $[0, 1]$,

$$q_m(p_m, p, s_m, s) = N \left\{ 1 - \left[\frac{\Delta p - \beta \Delta s}{\Delta \theta} \right] \right\} \quad (5-5)$$

Así, entre mayor es la diferenciación de calidad de determinado producto, mayor es su demanda. De igual modo, un mayor distanciamiento horizontal produce una mayor proporción de consumidores dispuestos a demandar, lo cual va en línea con la idea de monopolio local (tal y como sucede en los modelos de Hotelling y Salop).

Recordemos que hemos asumido que en el mercado existen más de una marca o tipo de bien producido por una firma, es decir, que el problema de maximización de beneficios se extiende

³Neven y Thise (1990) abordan el problema usando el concepto de competencia localizada y definen dos regímenes de dominancia: uno en el que domina la característica horizontal, es decir, en el que los productos son más cercanos horizontalmente que verticalmente, y otro, en el que quien domina es la característica vertical.

⁴Notemos que este supuesto predice que el consumidor toma decisiones por etapas acorde con lo planteado por el modelo de elección discreta *Nesting Logit*.

en el espacio multiproducto. Este tipo de elección agrega una complicación porque la firma no sólo debe considerar el efecto del precio de uno de sus productos sobre los productos de las otras firmas, sino que también debe considerar el efecto sobre sus otros productos.

Asumamos que la función de producción de las firmas posee rendimientos constantes a escala y que, por tanto, el costo de producción, denotado como c , es constante tanto en las cantidades como en los atributos diferenciadores del producto⁵. La función de beneficios de la firma es entonces la siguiente:

$$\pi_j = \sum_{k=1}^{m_j} (p_k - c) q_k \quad (5-6)$$

donde p_k y q_k es el precio y la cantidad producida del bien k , respectivamente.

Incorporando (5-5) en la función de beneficios anterior se tiene que

$$\begin{aligned} \pi_j &= \sum_{k=1}^{m_j} (p_k - c) N \left\{ 1 - \left[\frac{\Delta p - \beta \Delta s}{\Delta \theta} \right] \right\} \\ &= \sum_{k=1}^{m_j} (p_k - c) N s_k \end{aligned}$$

donde la última igualdad se obtiene de la definición de *market share* del producto k :

$$s_k = 1 - \left[\frac{\Delta p - \beta \Delta s}{\Delta \theta} \right] \quad (5-7)$$

Cada una de las m_j condiciones de primer orden (derivando con respecto a p_l) asociadas con este problema se pueden escribir de la siguiente forma:

$$s_k + \sum_{k=1}^{L_j} (p_k - c) \frac{\partial s_k}{\partial p_l} = 0$$

⁵La discusión alrededor del tipo de función de producción que tendría una aerolínea es amplia y compleja, y en la mayor parte de los trabajos empíricos se parte no de la función como tal sino del principio de invertibilidad de la cuota de mercado a través del cual es posible hallar las condiciones de maximización de beneficio. Es importante mencionar, sin embargo, que los costos de producción de una silla aérea son constantes por vuelo hasta que se sobrepasan las capacidades físicas del avión y/o las condiciones de infraestructura aérea de los aeropuertos de origen y destino de la ruta. Por tanto, en el problema de maximización del beneficio restringido al rango de capacidad instalada del avión, el supuesto de costos constantes es bastante plausible.

Para obtener un equilibrio a partir de las condiciones de primer orden descritas con anterioridad es necesario realizar un proceso iterativo donde se calcula primero el valor numérico de la matriz de derivadas cruzadas del *market share* asociado al vector de precios, y luego se invierte y se evalúa si dicho vector constituye el equilibrio de mercado en cada iteración⁶ Por tal motivo, la miopía de las firmas en el problema multi-producto es un supuesto bastante común en la estimación empírica, ya que considerar el problema general trae consigo múltiples complicaciones computacionales.

Veamos lo que sucede precisamente cuando la firma es miope. En este caso se tiene que los precios de cada uno de los productos son elegidos de manera independiente, lo cual implica que $\frac{\partial s_k}{\partial p_l} = 0$ para todo $k \neq l$. Por tanto,

$$s_k + (p_k - c) \frac{\partial s_k}{\partial p_k} = 0$$

Reemplazando (5-7) en esta condición se obtiene lo siguiente:

$$\left[1 - \left[\frac{(p_k - p) - \beta(s_k - s)}{\theta_k - \theta} \right] - \frac{(p_k - c)}{\Delta\theta} \right] = 0$$

Esta condición se puede reescribir como

$$\Delta\theta - 2p_k + p + \beta\Delta s + c = 0$$

Por tanto, el precio p_k que fija la firma j es

$$p_k = \frac{c + p + \beta\Delta s + \Delta\theta}{2}$$

En un equilibrio simétrico se tiene que $p_k = p$. Por tanto,

$$c = 2p - p - \beta\Delta s - \Delta\theta$$

es decir,

$$p - c = \beta\Delta s + \Delta\theta \tag{5-8}$$

⁶Algunos autores como Anderson y De Palma (1991) revisan las condiciones existentes de un equilibrio de Nash-Bertrand en firmas multiproducto, utilizando modelos de elección discreta nested logit multinomiales. Este tipo de modelo no sólo es interesante desde el punto de vista del problema multiproducto sino también desde el problema de la introducción de la heterogeneidad de las preferencias de los consumidores.

Por consiguiente, el *mark-up* de la firma definido en la ecuación anterior como $p - c$, está determinado por la diferenciación vertical y horizontal, y por el costo del tiempo de los consumidores. Así, cuando $\beta \rightarrow 0$, el impacto de la diferenciación vertical es nulo y sólo importa la cercanía espacio-temporal de la firma.

5.2. Modelo empírico

El modelo teórico descrito en la sección anterior se desarrolló con el fin de tener una aproximación a las posibles relaciones que pudieran llegar a existir entre las variables que determinan la diferenciación horizontal y vertical del producto y el *mark-up* de las firmas aéreas. Sin embargo, el objeto de este trabajo no es validar empíricamente los resultados de este modelo, sino encontrar las suficientes herramientas analíticas que permitan analizar, como ya se ha mencionado de forma reiterada, los efectos de la diferenciación sobre el *mark-up*. En ese orden de ideas, se plantea a continuación un modelo empírico que si bien se inspira en el teórico, tiene una serie de precisiones que facilitan su estimación econométrica y lo aterrizan de una forma más notoria a las realidades propias del sector aéreo colombiano.

Empecemos definiendo como en el capítulo anterior a un mercado como la ruta directa (*point-to-point*) entre una ciudad origen y una ciudad destino, operada durante una fecha específica⁷. Ahora bien, un producto dentro de ese mercado es para nuestro análisis un vuelo, el cual definiremos como una única combinación aerolínea-itinerario (entendiéndose este último como el horario de salida del aeropuerto).

Cada aerolínea tiene uno o más vuelos (productos) dentro de un mismo mercado. Cada uno de estos productos (vuelos) tiene una serie de características que son observables por los consumidores al momento de la compra y otras que no lo son. Aquellas que son observables son por ejemplo el precio y el itinerario del vuelo. El cumplimiento del vuelo es una de las variables desconocidas, hasta por la propia aerolínea, que permanece bajo incertidumbre hasta el momento de su operación. Debido a factores incontrolables, tanto los consumidores como las aerolíneas tienen el mismo desconocimiento de lo que sería el cumplimiento de un determinado vuelo; por esta razón, no se considera la existencia de información asimétrica. Adicionalmente, algunas características son observables por el consumidor pero inobservables para el investigador, como por ejemplo, el nivel y calidad del servicio a bordo, el posicionamiento de la marca de la aerolínea, entre otros.

⁷Esta definición de mercado es bastante restrictiva e implica no solo que la ruta Bogotá-Yopal es un mercado diferente al de Yopal-Bogotá, por ejemplo, sino que también los vuelos operados en la ruta Bogotá-Yopal del día 21 de septiembre pertenecen a un mercado distinto a los vuelos que operan esta misma ruta pero 3 días después; no obstante, la definición de mercado potencial sobre la que se define el *market share* es más amplia y se discutirá en la siguiente sección.

5.2.1. Características de diferenciación horizontal y vertical

Para el propósito de esta investigación es necesario distinguir entre las características que actúan como diferenciadores horizontales y verticales (observables tanto por el consumidor como por el investigador). Dentro de las primeras se encuentra el itinerario del vuelo, dado que los individuos tienen distintas preferencias alrededor de la hora a la que despegan un determinado vuelo. El cumplimiento, por su parte, puede clasificarse como un factor de diferenciación vertical, en la medida en que mide la calidad del producto (por lo tanto, los consumidores tienen preferencias siempre monótonas respecto a esa característica). Respecto al precio, es importante recordar que las aerolíneas en el mundo maximizan sus beneficios mediante un sistema de *Revenue Management*, el cual permite realizar una discriminación tarifaria dentro de un mismo vuelo. Un estudio completo de diferenciación del producto debería tener en cuenta este aspecto, pero ello implicaría conocer el número de pasajeros que volaron en cada clase tarifaria. Como esta información es de uso reservado de cada aerolínea, en este trabajo se usa como *proxy* de esta variable el precio mínimo ofrecido en cada vuelo.

La variable *proxy* para medir la respuesta de los individuos respecto a la ubicación temporal de las aerolíneas dentro de una ruta es el índice de diferenciación espacial utilizado por primera vez por Borenstein (1999). Este índice es el cociente entre el promedio de diferenciación espacial y el máximo nivel de diferenciación posible (entre más cercano a 1 se encuentre este índice, mayor es la diferenciación espacial de un producto):

$$lindice_m = \ln \left(\frac{promdif_m}{maxdiff} \right) \quad (5-9)$$

La diferenciación espacial promedio no es otra cosa que el promedio de la distancia absoluta entre el itinerario de salida de cualquier par de vuelos de una ruta (se presume entonces que, espacialmente, todos y cada uno de los vuelos pueden llegar a competir entre sí), calculado de la siguiente forma:

$$promdif_m = \frac{2}{V(V-1)} \sum_{m=1}^M |\theta_m - \theta_{m'}|$$

donde V es el número de vuelos totales existentes en el mercado (en la ruta) y θ_m es el horario de salida del vuelo.

Para poder obtener las diferencias absolutas entre los horarios de salida de los vuelos, se calculan las horas en términos de minutos contados desde las 12:00 *a.m.*, siguiendo la metodología de Borenstein (1999). Así, las 5:00 *a.m.* se expresa en el modelo con el número de 300 (minutos), por ejemplo.

El índice de diferenciación espacial, como ya se comentó con anterioridad, calcula la relación existente entre el promedio de las diferencias absolutas de los itinerarios de los vuelos de una ruta y la máxima diferencia posible, la cual se obtiene dividiendo el número de horas totales durante las cuales está en funcionamiento el aeropuerto (Ato) entre el número de vuelos totales existentes en la ruta (V), tal y como se muestra en la siguiente expresión:

$$maxdiff = \frac{Ato}{V}$$

La variable *proxy* elegida para medir la calidad del producto por su parte (característica de diferenciación vertical) es el índice de demora de largo plazo del vuelo. Este índice es el promedio de demora del vuelo de los últimos dos meses (que se calcula como la diferencia absoluta entre la hora de salida planeada del vuelo y la hora real), multiplicada por el nivel de cumplimiento global de la compañía para el mes en cuestión.

5.2.2. Función de utilidad, market share y estimación logit multinomial

En algunos de los mercados definidos en este estudio existen más de 20 productos a disposición de cada individuo. Esto implica grandes complicaciones a la hora de calcular y analizar un modelo lineal de demanda, puesto que es necesario determinar las elasticidades cruzadas sobre una gran cantidad de parámetros. Por ello, siguiendo los desarrollos teóricos en la materia en los últimos años, se estima un modelo de elección discreta de demanda, el cual elimina el problema de la dimensionalidad al reflejar la estimación sobre un campo de características del producto y no sobre las elasticidades cruzadas.

Siguiendo la metodología de Berry, Levinsohn y Pakes (1995), se estimó el *market share* de cada producto invirtiendo su utilidad media (que como se verá a continuación depende de los precios de equilibrio y de las características diferenciadoras de producto) y, a partir de este, se calculó el *mark-up* a partir de la condición de equilibrio en precios para firmas multiproducto. Posteriormente, como se puede apreciar en el siguiente capítulo, se calculó el nivel de asociación entre el *mark-up* calculado y los distintos factores de diferenciación de producto (cumplimiento e itinerario).

Recordemos que en el modelo teórico se definió a la función de utilidad como una representación de las preferencias de los individuos sobre el precio, la calidad y la ubicación espacio-temporal del producto a través de (5-1), en la cual se puede observar que los individuos prefieren productos con mayor calidad, menor precio y una mejor ubicación temporal respecto de sus preferencias. Definamos a x_m como el conjunto de características de cada vuelo (que se definirá con mayor detalle más adelante) que incluye tanto la calidad como la ubicación temporal. Asumamos también que β es el vector que contiene a los coeficientes β y θ incluidos en la expresión (5-1). Si separamos en la función de utilidad los componentes medios (iguales para todos los individuos) de los choques idiosincráticos (originados a partir de las características de diferenciación horizontal del producto), se tiene que la utilidad que obtiene el individuo i cuando consume el producto m es

$$U_{im} = x_m\beta - \alpha p_m + \xi_m + \epsilon_{im} \quad (5-10)$$

donde p_m es la tarifa mínima ofrecida en el vuelo, que usaremos como proxy del precio, ξ_m recoge las características propias del producto que no son observadas por el econometrista tales como el servicio a bordo, la existencia de un programa de fidelización (las millas de Avianca y LAN son algunos ejemplos), entre otras⁸, y ϵ_{im} es un choque idiosincrático distinto para cada consumidor y cada producto. Como ya se había indicado con anterioridad, cada individuo decide si comprar un tiquete en cierto vuelo (producto) o no volar.

Un individuo i elige el producto m si y sólo si la utilidad que le proporciona es mayor o igual que la de cualquier otro producto. Por tanto, el conjunto de parámetros que sustenta la elección de este producto se puede expresar de la siguiente forma:

$$E_m = \{(\alpha, \beta, \epsilon_{im}) \mid U_{im} \geq U_{im'}, \forall m' \neq m\} \quad (5-11)$$

Aplicando la regla de Bayes sobre (5-11), puede definirse el *market share*, denotado como Ms_m , de la siguiente forma:

$$Ms_m = \int_{E_m} dP(\alpha)dP(\beta)dP(\epsilon_{im}) \quad (5-12)$$

Asumiendo que ϵ_{im} se distribuye idéntica e independientemente (iid) valor extremo tipo I, la cuota de mercado asociada al bien m puede expresarse como

$$Ms_m(x_m, p_m, \xi_m) = \frac{e^{(x_m\beta - \alpha p_m + \xi_m)}}{1 + \sum_{m=1}^M e^{(x_m\beta - \alpha p_m + \xi_{jm})}} \quad (5-13)$$

⁸En el modelo se controlan estos efectos haciendo uso de dummies por aerolíneas.

Si la utilidad del bien externo⁹ es igual a cero, la ecuación en forma estructural a estimar econométricamente sería la siguiente:

$$\ln(Ms_m) - \ln(Ms_o) = x_m\beta - \alpha p_m + \xi_m \quad (5-14)$$

Las elasticidades precio-propia y precio-cruzada calculadas a partir de la anterior especificación de *market share*, se pueden expresar de la siguiente forma:

$$\xi_{mm} = \alpha (1 - Ms_m) Ms_m \quad (5-15)$$

$$\xi_{ml} = \alpha Ms_m Ms_l \quad (5-16)$$

donde ξ_{mm} es la elasticidad precio-propia que depende del coeficiente de precio del bien m , α , y del *market share* Ms_m ; y ξ_{ml} es la elasticidad cruzada que también depende de α y del *market share* propio y del bien l .

De acuerdo con los planteamientos de BLP (1995), la ecuación (5-14) se puede estimar mediante una regresión lineal GMM usando instrumentos para los precios (dada su endogeneidad). Por otro lado, es posible reescribir esta ecuación, definiendo $x_m\beta = lindice_m\beta_1 + ldemora_m\beta_2 + lsillas_m\beta_3$, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \ln(Ms_m) - \ln(Ms_o) = & lindice_m\beta_1 + ldemora_m\beta_2 + lsillas_m\beta_3 \\ & - \alpha p_m (lf, empr, *dummiesdd, *dummiesaero, nvuelos) + \xi_m \end{aligned}$$

donde

1. Ms_o es el *market share* del bien externo definido como $Ms_o = 1 - \sum_{m=1}^M Ms_m$.

2. $lindice_m$ es el logaritmo natural del índice de diferencial espacial

3. $ldemora_m$ es el logaritmo natural del índice de demora de largo plazo del vuelo m

4. $lsillas_m$ es el logaritmo natural del número de sillas del equipo en el que es operado el vuelo m .

⁹El bien externo se define en la elección binaria como la *tercera opción*, y no es otra cosa que el supuesto de que cuando un individuo decide consumir cero unidades de los bienes del mercado, implícitamente está eligiendo consumir una unidad de un bien que actúa como sustituto y que pertenece a un mercado diferente. Este supuesto permite que el consumo de los bienes del mercado analizado no sea estacionario, sino que crezca acercándose al tamaño de demanda o mercado potencial que será definido más adelante en este mismo capítulo.

5. p_m es el precio mínimo del vuelo observado 15 días antes de su operación. Debido al ejercicio del *Revenue Management*, existen variables que afectan el precio y que le hacen endógeno, motivo por el cual se usan como instrumentos para su estimación el nivel de ocupación del vuelo de los últimos 2 meses (lf), la variable dummy *empresarial* que toma valor 1 cuando la hora de salida del vuelo se encuentra en la franja de 5 *a.m.* a 8 *a.m.* y de 4 *p.m.* a 7 *p.m.*, dos variables dummy que identifican el día de la semana, el número de vuelos que opera la aerolínea durante ese día en el mercado analizado, y un conjunto de variables dummy que identifican a las aerolíneas que compiten en el mercado.

A partir del *market share* calculado usando la especificación econométrica descrita con anterioridad, se estimó el *mark-up* a partir de las condiciones de equilibrio en precio de una firma multiproducto estudiadas en el modelo teórico, que pueden expresarse matricialmente de la siguiente forma:

$$Ms - \Delta [p - mc] = 0 \quad (5-17)$$

Donde Ms es el vector de *market share* de vuelos operados por la aerolínea j , Δ es la matriz de m por m que contiene las derivadas parciales de los *market share* con respecto a los precios del conjunto de vuelos operados por la aerolínea j , y $[p - mc]$ es el vector de *markups*.

Resolviendo por el vector de *markups* se tiene que

$$p - mc = \Delta^{-1}s \quad (5-18)$$

De donde se puede concluir que el *mark-up* de las firmas ($p - mc$) depende de las derivadas parciales de los *market share* con respecto a los precios, las cuales, de acuerdo al modelo teórico, dependen de las características de diferenciación horizontal y vertical.

5.2.3. Mercado potencial

La definición del mercado es uno de los aspectos más importantes dentro del estudio competitivo de una industria, ya que una definición demasiado restrictiva tendería a sobreestimar el poder de mercado de las firmas (y, por consiguiente, el *mark-up*) y una demasiado amplia haría justamente lo contrario. Como se pudo observar en la subsección anterior, el modelo aplicado en esta investigación considera la existencia de un bien externo que, en este caso particular, corresponde a todos los modos de transporte alternos al aéreo. Esto implica que el mercado potencial no es igual a la simple suma de los pasajeros totales transportados mensualmente en cada una de las rutas, sino que incluye la cuantificación del número de viajes realizados a través de otros modos de transporte como el terrestre. No intentaremos entrar a debatir el nivel de sustitución existente entre un modo de transporte y otro, ya que

sobrepasa los alcances de este estudio. Valga aclarar simplemente que partiremos del supuesto de que un individuo se enfrenta siempre a la posibilidad de viajar en cualquiera de los medios que están a su alcance. Por otra parte, la adopción del concepto de mercado potencial y no del mercado relevante, tiene el objeto de evitar un comportamiento estacionario en las estimaciones de la demanda, derivado de una definición demasiado restrictiva del mercado, que impide un crecimiento potencial de las cuotas de mercado por la vía de la sustitución del bien externo por alguno de los productos ofertados en cada una de las rutas estudiadas. No obstante, sería interesante estudiar en futuras investigaciones las implicaciones dentro de la definición del *mark-up* que tendría una definición de mercado menos amplia que diferenciaría, por ejemplo, entre rutas directas y rutas con escala, y entre operadores aéreos (seguramente podría limitarse el concepto de competencia sólo al transporte aéreo, sin tener en cuenta la existencia de otros tipos de transporte alternativos, lo cual incrementaría los *market-share* de cada aerolínea analizada).

Teniendo en cuenta la definición de mercado adoptada, necesitaremos una medida que cuantifique el número de pasajeros mensuales transportados entre cada una de las ciudades que componen las rutas analizadas en este estudio. Para conseguirlo, combinaremos dos enfoques de cuantificación con el propósito de llegar a un nivel de estimación confiable: la proyección del número total de pasajeros a través de la relación estadística de los pasajeros del sector aéreo versus los pasajeros del sector terrestre, y la cuantificación indirecta vía tamaño de la población y su correspondiente propensión a viajar¹⁰.

Respecto al primero, las estadísticas del Anuario de Transporte del Gobierno Nacional indican que el transporte aéreo de pasajeros representa cerca del 10% del transporte terrestre. Esta es una proporción que se confirma en algunas investigaciones como la del Gasto de Turismo Interno realizada por el DANE entre los años 2012 y 2013¹¹ en las 13 principales ciudades del país dentro de las que se cuentan 5 de las 6 ciudades de interés de nuestra investigación. En ella se concluye que el 15.2% de la población mayor a 10 años viaja hacia destinos dentro del país y que en promedio realizan 1.3 viajes de manera mensual.

En este sentido, una forma de hallar el nivel potencial de demanda de las rutas en estudio sería entonces calculando la media geométrica poblacional de las ciudades origen-destino y aplicando sobre ella la propensión marginal a viajar calculada por el DANE para las ciudades de interés. Esta, sin embargo, sería una cuantificación que posiblemente sobreestimaría el tamaño del mercado, ya que está basada en el supuesto de que más del 80% de los destinos de los viajes implicados en la propensión conectan a las ciudades origen-destino estudiadas

¹⁰Berry, Carnall y Spiller (2006) hacen uso de la media geométrica entre las ciudades origen-destino de su investigación como una de las variables que calculan el mercado potencial.

¹¹La encuesta fue realizada entre abril de 2012 y marzo de 2013, período que coincide con los datos de referencia de esta investigación.

(para la ruta Bogotá-Barrancabermeja, por ejemplo, es bastante improbable pensar que un porcentaje tan alto de los viajes originados en la ciudad de Bogotá tenga como destino a la ciudad de Barrancabermeja).

Para evitar estos excesos, en el presente estudio se definirá al mercado potencial como una función creciente del multiplicador de la propensión a viajar calculada sobre la media geométrica poblacional origen-destino, y de la proyección del número total de pasajeros transportados sobre la base de que el sector aéreo representa el 10 % del mercado de transporte terrestre. Además, se consideró la existencia de vuelos por conexión hacia las ciudades destino, para ajustar hacia arriba o hacia abajo la estimación¹². Los tamaños de mercado potencial así calculados se presentan en la siguiente tabla¹³:

Tabla 5-1: Tamaño de mercado potencial (pasajeros diarios) discriminado por mes y ruta Round Trip

Mes	Bogotá-Barrancabermeja-Bogotá	Medellín-Bucaramanga-Medellín	Bogotá-Cartagena-Bogotá
Septiembre	2,072	3,084	14,062
Octubre	2,023	3,005	13,609
Noviembre	2,072	3,084	14,062

*Fuente: Elaboración propia con base en Estadísticas Operacionales (Aerocivil).

5.3. Datos

Las tarifas, los itinerarios, el tipo de equipo (con sus características particulares) y la duración de cada uno de los vuelos ofrecidos en las tres rutas objeto de estudio se recolectaron mediante observación y recolección diaria de la información publicada en las páginas web de todas las aerolíneas, desde el 1 de septiembre hasta el 30 de noviembre del 2012. El número de pasajeros transportados en cada vuelo, fue suministrado por los aeropuertos de cada una de las ciudades involucradas, mientras que los niveles de cumplimiento se construyeron con base

¹²En el caso de la ruta Medellín-Bucaramanga existe un grueso de pasajeros que viajan haciendo conexión en la ciudad de Bogotá (esta ruta es operada por las aerolíneas tradicionales bajo el modelo *Hub-Spoke* explicado con anterioridad); mientras que en las rutas Bogotá-Barrancabermeja y Bogotá-Cartagena los pasajeros se movilizan *point-to-point* debido a que, en el primer caso, la oferta es escasa, y en el segundo, el tamaño de la ruta permite ejercer economías de escala bajo este modo de operación.

¹³Es necesario aclarar que el tamaño de mercado potencial para cada uno de los mercados origen-destino se define como el 50 % del valor señalado en esta matriz. La ruta Bogotá-Barrancabermeja, por ejemplo, que como bien se sabe es diferente a Barrancabermeja-Bogotá para efectos de esta investigación, tendría un mercado de 1176 pasajeros diarios para el mes de septiembre de 2012.

en los datos que usa la Aeronáutica Civil para calcular los indicadores de servicio mensuales. El precio del combustible se toma de la serie de precios Jet A-1 de Ecopetrol, tomando como referencia las ciudades cercanas a los aeropuertos de origen y destino de las rutas estudiadas (la estructura de costos de este tipo de combustible para aquella época se basaba en unos cargos por transporte para algunas ciudades tomadas como referente). Por último, la distancia entre ciudades se calcula a través de un georeferenciador aéreo.

6 Resultados del modelo empírico

Antes de iniciar la exposición de los hallazgos encontrados, es necesario anotar que el tamaño de la muestra, la representatividad de las rutas seleccionadas y el período estudiado impiden que los resultados discutidos en el presente capítulo puedan generalizarse a todo el mercado aéreo de rutas nacionales. No obstante, dado que las estimaciones se encuentran basadas en expresiones estructurales de un modelo teórico propuesto en este trabajo, los hallazgos pueden dar luces sobre lo que puede ocurrir al interior de cada uno de los mercados. Adicionalmente, los resultados que se describirán a continuación ilustran una metodología de estimación que hasta ahora no se había utilizado en la industria aérea colombiana a causa de la inexistencia de información necesaria para validar la heterogeneidad del producto. Por tanto, este trabajo debe interpretarse como un primer acercamiento hacia la validación empírica del supuesto de heterogeneidad en productos y en consumidores.

Dicho esto, se deduce de la ecuación 5-18 del capítulo anterior que el *mark-up* depende de manera positiva del *market share*, y de manera negativa de las derivadas parciales propias y cruzadas del *market share* con respecto al precio. Luego para analizar el efecto de los factores diferenciadores del producto sobre el *mark-up* de las aerolíneas, es necesario calcular su impacto tanto sobre el *market share* como sobre las elasticidades precio de la demanda.

Respecto al primer punto, el impacto de la diferenciación del producto sobre el *market share* se puede calcular a través de la elasticidad de la demanda con respecto a los atributos. En este caso específico, los atributos evaluados son el índice de diferenciación horizontal y el índice de demora de largo plazo. Para realizar este cálculo es importante realizar primero la estimación del modelo de cuota de mercado planteado en el capítulo anterior y, con base en los coeficientes, obtener el nivel de elasticidad con respecto a cada una de estas características.

En la tabla 6-1 se pueden observar los resultados de la estimación del modelo logit multinomial. Todos los coeficientes tienen los signos esperados y son significativos al 95 % (entre paréntesis se encuentran las desviaciones estándar asociadas). Tal y como puede apreciarse, tanto un mayor precio como un mayor índice de demora de largo plazo de los vuelos se asocian con un menor nivel de utilidad de acuerdo a los resultados de la estimación. De igual forma, los vuelos operados con equipos más grandes (variable medida a través del número de sillas), y que guardan una mayor diferenciación espacial respecto a los otros vuelos, proporcionan en promedio una mayor utilidad para los individuos (a excepción de la ruta

Bogotá-Cartagena en donde el coeficiente del índice de diferenciación espacial presenta signo negativo).

Tabla 6-1: Resultados de la estimación logit multinomial

Variable	Bogotá- Barrancabermeja	Bogotá- Cartagena	Medellín- Bucaramanga
Precio	-1.245 (0.061)	-1.311 (0.146)	-0.438 (0.009)
Índice de diferenciación espacial	0.412 (0.153)	-4.949 (0.69)	0.224 (0.045)
Índice de demora de largo plazo	-0.065 (0.056)	-0.102 (0.026)	-0.116 (0.016)
Sillas	1.089 (0.521)	1.833 (0.288)	0.498 (0.023)

En este sentido, los resultados de la estimación de los diferentes modelos logit coinciden con los resultados del modelo teórico, ya que el *market share* de los vuelos operados en las rutas objeto de estudio aumenta cuando se presenta una disminución en sus niveles de demora absoluta (es decir, una mejora en la calidad), y un incremento en el número de sillas ofrecidas. De la misma manera, una disminución del nivel de precios mínimos ofrecidos o un incremento en la diferenciación espacial, traen consigo un mayor nivel de proporción de consumidores dispuestos a volar en este itinerario específico (este último aspecto se relaciona de forma directa con el concepto de monopolio local).

Sin embargo, es necesario admitir que de las variables de diferenciación del producto mencionadas la única que puede sufrir cambios en el corto y mediano plazo es el precio mínimo. La mejora en la calidad descrita como la disminución en los niveles de demora absoluta está sujeta a restricciones operativas de la aerolínea y a factores incontrolables relacionados con la estructura de los aeropuertos, el clima, entre otros. El cambio en el número de sillas depende de la inversión que pueda llegar a realizar la aerolínea en procura de una flota más amplia (esto último, sin embargo, puede no ser atractivo desde el punto de vista de los costos, de acuerdo a lo mencionado en el primer capítulo). El incremento en la diferenciación espacio-temporal de los vuelos, por su parte, no siempre es posible, debido a que los itinerarios dependen de los *slots* asignados por la Aerocivil a cada una de las aerolíneas¹.

¹El *slot* se define como la franja horaria específica asignada a una aerolínea para el carreteo, el despegue y

La elasticidad de la demanda con respecto al factor de calidad, evaluado a través del índice de demora de largo plazo, en general no supera el 4% (en relación a un cambio de la demora del 10%). Esta elasticidad guarda una relación monotónica con el nivel de demora de largo plazo presentado por el vuelo específico², de acuerdo a lo que puede observarse en la tabla 6-2, en la cual se presentan los niveles de las variables en la parte superior de la celda y la elasticidad en la parte inferior. Lo anterior implica que entre mayor demora de largo plazo presenten los vuelos de una aerolínea, mayor es la disminución en la demanda por un incremento adicional en la demora absoluta (en otras palabras, cuando un vuelo presenta retrasos de manera recurrente, los pasajeros estarán más interesados en encontrar otro vuelo con menor nivel de incumplimiento). Es importante notar que el modelo predice que, para el caso de la ruta Bogotá-Barrancabermeja, cuando un vuelo ha presentado cero retrasos en los últimos 2 meses, un incremento del 10% en su demora hará que pierda el 1.4% de su demanda.

En el caso específico de la diferenciación horizontal se puede apreciar en la muestra que figura en la tabla 6-2 que en las rutas Medellín-Bucaramanga y Bogotá-Cartagena, las elasticidades tienden a disminuir cuando los niveles de dispersión temporal se incrementan. Esto puede deberse a que un mayor índice puede ser sinónimo de horarios demasiado extremos (vuelos de media noche, por ejemplo). También es posible que esta relación negativa refleje la tendencia de la demanda a concentrarse en ciertas franjas horarias, como por ejemplo de 6 *a.m.* a 8 *a.m.*, de tal manera que si algún vuelo se sale de esta franja encontraría una menor demanda que cubrir, aunque su itinerario se encuentre bastante alejado temporalmente de los otros. En el caso de la ruta Bogotá-Barrancabermeja, sin embargo, sucede lo contrario, pues una mayor distancia entre un vuelo y otro incrementa la respuesta de la demanda ante un posible aumento en el índice de dispersión temporal. Estos resultados implican la necesidad de introducir un modelo de estimación que tome en cuenta la heterogeneidad de los pasajeros en la elección de las franjas horarias de sus vuelos, de acuerdo al valor que otorgan a su tiempo.

En torno a la relación entre el *mark-up* y las franjas horarias en las que operan los vuelos es posible afirmar, de acuerdo con lo observado en la tabla 6-3, que los vuelos cuya hora de salida se encuentra en la franja de 5 *a.m.* a 8 *a.m.* o de 4 *p.m.* a 7 *p.m.* (que en adelante denominaremos como vuelos empresariales) tienen un mayor nivel de *mark-up* que aquellos con cualquier otro itinerario. Aunque la diferencia entre vuelos empresariales y no empresariales sea muy pequeña para las rutas Bogotá-Cartagena y Medellín-Bucaramanga (en comparación con la ruta Bogotá-Barrancabermeja), es importante señalar que se evidencia de forma

posterior aterrizaje de una aeronave específica.

²De igual modo puede observarse que la elasticidad precio-propia de la demanda se relaciona de manera positiva con el nivel de precios.

Tabla 6-2: Muestra del día 25 de septiembre de 2012 de las elasticidades de demanda con respecto a los atributos y el precio

Ruta	Vuelo	Elasticidad con respecto a			Precio
		Índice de diferenciación temporal	Índice de demora de largo plazo		
Bogotá-Barrancabermeja	8998	0.78	39	261,388	
		0.31	0.211	1.204	
	8999	0.72	7	137,448	
		0.267	0.146	1.126	
	8580	0.74	0	229,220	
		0.246	0.142	1.010	
	9000	0.59	7	390,148	
		0.241	0.181	1.221	
Medellín-Bucaramanga	7922	0.60	15.00	120,000	
		0.11	0.31	2.071	
	9078	0.82	33.50	140,748	
		0.04	0.40	2.115	
	8028	0.57	6.00	54,420	
		0.11	0.19	1.592	
Bogotá-Cartagena	9540	0.44	10.75	464,700	
		4.72	0.23	1.251	
	9758	0.36	19.00	247,780	
		4.70	0.28	1.246	
	8548	0.53	5.25	516,900	
		4.72	0.16	1.252	
	9548	0.37	13.00	247,780	
		4.70	0.25	1.246	
	9542	0.40	16.75	201,380	
		4.72	0.27	1.250	
9756	0.55	7.75	733,120		
	4.79	0.20	1.269		

latente la existencia de dos tipos de pasajeros, típicamente estudiados en las investigaciones aplicadas a la industria: turistas y de negocios. Estos pasajeros, de acuerdo con lo que se puede observar en los resultados, podrían identificarse a partir del itinerario que eligen (y no solo a través del tiempo de anticipación con el que compran sus boletos, como se ha supuesto históricamente), puesto que toda vez que ciertas franjas horarias tienen un mayor *mark-up*, se presume que quienes las eligen tienen una menor sensibilidad al precio (esto va en concordancia con lo mostrado en el modelo teórico de asignación de contratos óptimos entre pasajeros, desarrollado en el capítulo tres).

Tabla 6-3: *Mark-up* promedio de las rutas estudiadas, discriminando entre vuelos empresariales y no empresariales

	Bogotá- Barrancabermeja	Bogotá- Cartagena	Medellín- Bucaramanga
No empresarial	190,565	81,691	203,449
Empresarial	228,097	84,502	207,796
General	217,131	83,568	205,271

Es importante mencionar que, a pesar de lo expuesto anteriormente, los coeficientes observados en la tabla 6-1 permiten concluir que las variables elegidas como proxy de los atributos de diferenciación horizontal y vertical son menos significativos a nivel económico que los precios y el número de sillas a la hora de explicar las variaciones en el *market share*, en el sentido de que un cambio en estas dos características afecta en mayor proporción el nivel de utilidad de los individuos. Pareciera entonces que en los mercados analizados, es más importante el precio que los atributos verticales y horizontales en la determinación del nivel de utilidad.

Ahora bien, es posible afirmar a partir de las ecuaciones (5-13) y (5-14) que describen las elasticidades precio de la demanda, que la variación del *market share* respecto a las características de diferenciación vertical y horizontal permite no solo entender la dinámica de la demanda como tal, sino también identificar los posibles impactos sobre las elasticidades precio (que son importantes para la determinación del *mark-up*, tal y como se mencionó al inicio de este capítulo). Por consiguiente, en el modelo planteado en la presente investigación las dinámicas del *market share* permiten explicar la mayor parte del efecto de la heterogeneidad de los productos sobre el *mark-up*.

A continuación se presentan algunos resultados del *mark-up* de las aerolíneas a nivel de las rutas analizadas. Es importante recordar que en la estimación realizada la mayor fuente de explicación de las cuotas de mercado de los productos proviene de la diferencia en precios

y en el número de sillas. Por lo tanto, al analizar los promedios de *mark-up* de cada ruta y relacionarlos con las medias simples de las variables proxy de diferenciación horizontal y vertical, es posible encontrar que los hallazgos no son concluyentes.

Bogotá-Barrancabermeja

Los resultados de la estimación sugieren que en esta ruta el promedio de *mark-up* es mayor en los días en los cuales o bien el promedio de demora es menor a la presentada en la ruta durante el mes, o bien en los que la dispersión es mayor. Como puede apreciarse en la figura 6-1, el *mark-up* promedio diario presenta un comportamiento estacional que coincide con la programación del *Revenue Management* de las dos aerolíneas que compiten entre sí y con la presión de la demanda originada a partir de una costumbre socio-demográfica de viajar de una ciudad a otra en ciertos días de la semana. En el caso de la ruta Bogotá-Barrancabermeja (línea azul), como puede apreciarse, los pasajeros al parecer prefieren viajar entre los días lunes y miércoles en los que se sostiene un *mark-up* mayor, y disminuyen su demanda por boletos a partir del día jueves; es muy interesante notar que en la ruta Barrancabermeja-Bogotá (línea anaranjada) sucede exactamente lo contrario.

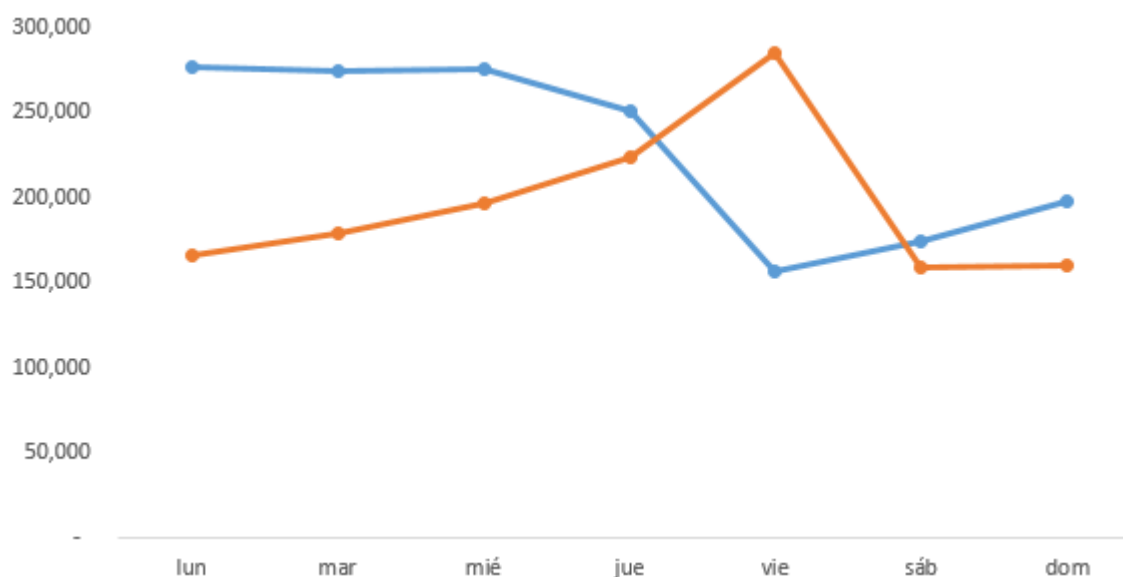


Figura 6-1: Evolución intra-semanal del *mark-up* en la ruta Bogotá-Barrancabermeja-Bogotá (promedio septiembre a noviembre de 2012)

Bogotá-Cartagena

En esta ruta, la aerolínea Avianca, que presenta un menor nivel de incumplimiento durante el período analizado, tiene un mayor nivel de *mark-up*. Seguido se encuentra Copa Airli-

nes y en último lugar Lan, cuyo nivel de demora absoluta promedio de sus vuelos para el período analizado fue de 36 minutos (con un *mark-up* \$26.000 más bajo que Avianca). Es importante anotar que el índice de dispersión espacial para esta ruta es notablemente más bajo en comparación con las otras rutas analizadas (no supera el 49%), toda vez que el número total de vuelos ofrecidos es mucho más alto, lo cual es jalonado por los veinte vuelos diarios ofrecidos por Avianca (Lan y Copa suman juntos un promedio de diez vuelos diarios).

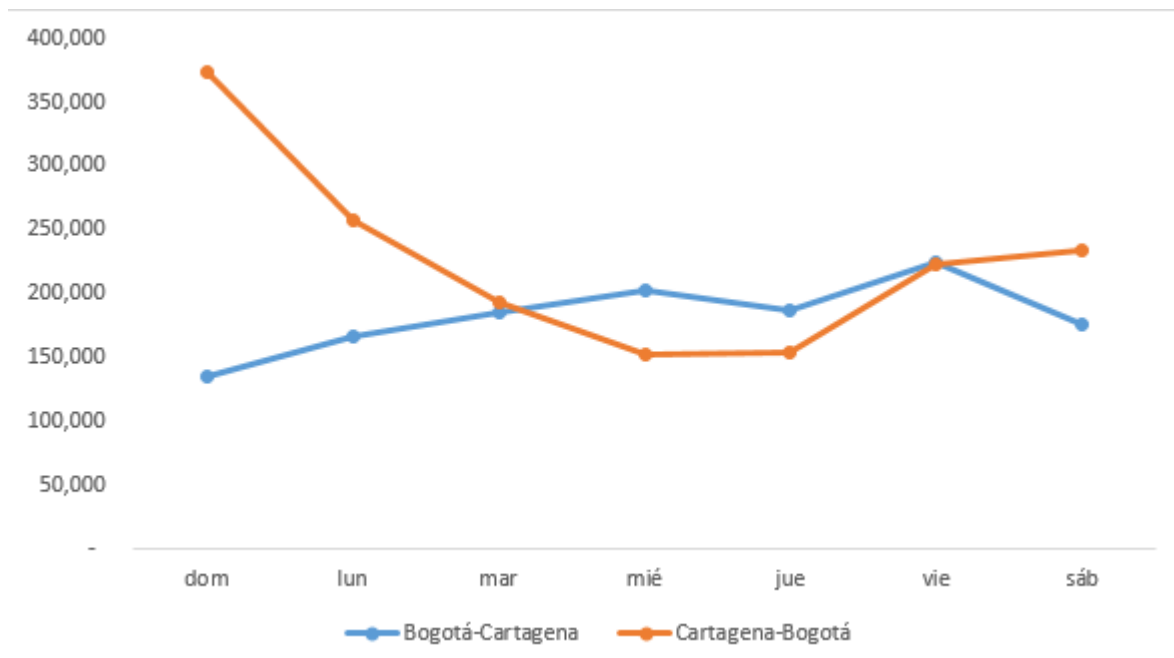


Figura 6-2: Evolución intra-semanal del *mark-up* en la ruta Bogotá-Cartagena-Bogotá (promedio septiembre a noviembre de 2012)

En la figura 6-2 puede apreciarse una vez más la bonita evolución parabólica del *mark-up* a lo largo de la semana. Los días domingo son los que presentan un mayor *mark-up* en la ruta Cartagena-Bogotá, mientras que en el trayecto contrario, ese día es el de menor nivel y va incrementándose hasta llegar al día viernes.

Medellín-Bucaramanga

A diferencia de lo presentado en las dos rutas anteriores, el *mark-up* de la ruta Medellín-Bucaramanga se encuentra determinado en mayor medida por la variable de dispersión temporal. De esta forma, Easyfly, aunque tiene un promedio de demora de largo plazo mayor, presenta un promedio de *mark-up* más alto acompañado de un mayor índice de dispersión.

Para finalizar, es importante señalar que estos resultados indican que la segmentación del

mercado en esta ruta es más pronunciado y que probablemente la probabilidad de encontrar pasajeros que pertenezcan al segmento empresarial sea más alto que en las otras rutas. Sin embargo, el modelo usado para la estimación de la demanda en esta investigación no alcanza a recoger la heterogeneidad de los pasajeros. Esta heterogeneidad es de singular importancia para corregir el promedio de utilidad proporcionado por las características tanto de diferenciación horizontal como vertical.

7 Consideraciones finales

Los resultados encontrados en la presente investigación ilustran una metodología de estimación que hasta ahora no se había utilizado en la industria aérea colombiana a causa de la inexistencia de información necesaria para validar la heterogeneidad del producto. Dado que las estimaciones se encuentran basadas en expresiones estructurales de un modelo teórico propuesto en este trabajo, los hallazgos pueden dar luces sobre lo que puede ocurrir al interior de cada uno de los mercados. Por tanto, este trabajo debe interpretarse como un primer acercamiento hacia la validación empírica del supuesto de heterogeneidad en productos y en consumidores en la industria aérea colombiana.

Las estimaciones realizadas en las rutas analizadas sugieren que la cuota de mercado y, por tanto, el *mark-up*, son explicados en mayor medida por la diferenciación en los precios. Las variables proxy que aproximan la heterogeneidad del producto, aunque son significativas estadísticamente, no son muy relevantes a nivel económico, en el sentido que sus coeficientes son muy bajos en comparación con los coeficientes estimados de los precios y de la cantidad de sillas¹. Estos resultados indican que es fundamental la estimación de un modelo de demanda que agregue interacciones entre la heterogeneidad de los pasajeros, el factor de diferenciación horizontal y los precios. El ejercicio de utilidad aleatoria planteado por BLP (1995) puede ser un buen marco metodológico (también lo es el análisis de variables latentes, que resulta ser una modificación del modelo de utilidad aleatoria).

Sin embargo, pese a lo anterior, el ejercicio econométrico aplicado a las rutas en estudio arrojó que la utilidad de los pasajeros proporcionada por los vuelos se incrementa cada vez que los niveles de calidad aumentan. Es decir que un incremento en el nivel de cumplimiento de los itinerarios eleva el bienestar de los pasajeros. Además, las elasticidades del *market share* con respecto a los atributos del producto son monótonicas respecto al nivel de demora para el caso de los relacionados con la diferenciación vertical, e inversas en relación con la concentración temporal, en el caso de la diferenciación horizontal. La ruta Bogotá-Cartagena es la única excepción a este último punto; al parecer, una mayor concentración temporal de los vuelos incrementa el nivel de utilidad de los individuos en esta ruta, lo cual puede significar que la distribución de las preferencias de los pasajeros está mayormente concentrada en ciertas franjas del día en comparación con las preferencias de quienes vuelan en las otras

¹Es importante revisar los comentarios de McCloskey (1996) acerca de las diferencias entre la significancia económica y la significancia estadística.

dos rutas analizadas. Dicho de otro modo, es posible que las preferencias de los pasajeros de esta ruta tengan preferencias que no siguen ningún tipo de distribución uniforme.

Por otra parte, es importante incorporar dentro de futuras investigaciones dirigidas al análisis de heterogeneidad del producto en el sector aéreo un estudio completo de las implicaciones del *Revenue Management* sobre la fijación de precios, pues a menudo el *mark-up* responde positivamente a las presiones de demanda generadas por los ciclos socio-demográficos de migración entre las ciudades origen-destino, que son anticipadas a través del sistema de *Revenue Management*. De esta manera, el *mark-up* suele presentar movimientos en forma de campana a lo largo de la semana que coinciden con el ciclo de alta y baja demanda de cada ruta. Por tanto, es probable que esto implique agregar un sistema dinámico de fijación de precios basado en las respectivas condiciones de estacionariedad y punto fijo del equilibrio.

Adicionalmente, una definición de mercado más restrictiva, basada en un análisis de la sustitución de productos, podría agregar elementos interesantes en el estudio de la diferenciación, ya que, por ejemplo, algunos operadores se concentran en atender las necesidades de poblaciones distintas, bien sea fijando tipos de rutas diferentes (directas o por escala) o administrando precios con medias muy disímiles. En este último sentido, vale la pena preguntarse qué nivel de sustitución existe entre el transporte aéreo y el transporte terrestre (seguramente esta sustitución cambiará dependiendo de las condiciones de cada ruta).

Finalmente, es necesario señalar, siguiendo a autores como Borenstein (1990), que la diferenciación espacio-temporal y la concentración de operaciones dentro de un determinado aeropuerto puede llevar a que las aerolíneas ejerzan poder de mercado, fijando precios altos que no necesariamente están en sintonía con una mayor calidad (en Medellín-Bucaramanga se encontró este resultado al revisar la aerolínea con mayor nivel de *mark-up*). Es necesario, por tanto, realizar estudios que permitan identificar posibles problemas de posición dominante que puedan derivarse de la asignación de espacios en los aeropuertos, ya que puede suceder que la Aerocivil, sin darse cuenta, haya venido facilitando este tipo de comportamiento a partir de la asignación de *slots* por criterios históricos (lo que implica que las aerolíneas no puedan competir bajo igualdad de condiciones).

8 Bibliografía

Anderson, S. y De Palma, A. (1991). Multiproduct Firms: A Nested Logit Approach. Université Libre de Bruxelles, *Discussion Paper* No.973.

Aviv, N. (1998). Measuring Market Power in the Ready-to-Eat Cereal Industry. Cambridge, *NBER Working Paper* No. 6387.

Berry, S. (1990). Airport Presence as Product Differentiation. *American Economic Review*, 80, 394-399.

_____. (1994). Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation. *The RAND Journal of Economics*, 25, 242-262.

Berry, S., Carnall, M. y Spiller, P. (2006). Airline Hubs: Costs, Markups and the Implications of Customer Heterogeneity. Cambridge, *NBER Working Paper* No. 5561.

Berry, S., Levinsohn, J. y Pakes, A. (1995). Automobile Prices in Market Equilibrium. *Econometrica*, 63, 841-890.

Berry, S y Waldfogel, J. (2006). Product Quality and Market Size. *NBER Working Paper* No. 9675.

Borenstein S. (1989). Hubs and High Fares: Dominance and Market Power in the U.S. Airline Industry. *Rand Journal of Economics*, 20, 344-365.

_____. (1990). Airline Mergers, Airport Dominance, and Market Power. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 80, 400-404.

_____. (1991). The Dominant-Firm Advantage in Multiproduct Industries: Evidence from the U. S. Airlines. *The Quarterly Journal of Economics*, 106, 1237-1266.

Borenstein, S. y Netz, J. (1999). Why Do All the Flights Leave at 8 am? Competition and Departure-Time Differentiation in Airline Markets. *International Journal of Industrial Organization*, 17, 611-640.

Borenstein S. y Rose, N. (1994). Competition and Price Dispersion in the U.S. Airline Industry. *Journal of Political Economy*, 103, 653-683.

Bresnahan, T. (1982). The Oligopoly Solution is Identified. *Economics Letters*, 10, 87-92.

_____. (1987). Competition and Collusion in the American Automobile Industry: The 1955 Price War. *The Journal of Industrial Economics*, 35, 457-482.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2012-15). Cuentas Nacionales. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales>.

Fageda, X. (2003). ¿Hay competencia en el mercado europeo de transporte aéreo? el caso español. Universidad de Barcelona, División de Ciencias Jurídicas, Económicas y Sociales.

Gabzewicz, J. y Resende, J. (2011). Credence Goods and Product Differentiation. *CORE Discussion paper*, 48.

Gabzewicz, J. y Thisse, J. (1979). Price Competition, Quality and Income Disparities. *Journal of Economic Theory*, 20, 340-359.

Gallego, J. y Romano, G. (2005). Alianza Summa: una aproximación desde la teoría de la organización industrial. *Cuadernos de Economía*, 24, n. 42, 161-194.

Gayle, P. (2004). Does Price Matter? Price and Non-Price Competition in the Airline Industry. Kansas State University.

Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. *Economic Journal*, 39, 41-57.

Kruszewski, G. (2011). Revenue Management bajo comportamiento selectivo de clientes en la industria hotelera. Tesis para optar al título de Licenciado en Ciencias de la Computación. Universidad de Buenos Aires.

Lau, L. (1982). On identifying the Degree of Competitiveness from Industry Price and Output Data. *Economics Letters*, 10, 93-99.

Mas-Collel, A., Whinston, M. y Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford: University Press.

McCloskey, D. y Ziliak, S. (1996). The Standard Error of Regressions. *Journal of Economic*

Literature, 34, 97-114.

Myerson, R. (1979). Incentive-Compatibility and the Bargaining Problem. *Econometrica*, 47, 61-73.

Nauffal, S. (2007). Organización Industrial y Competencia Estratégica de las Aerolíneas en Colombia. Trabajo de Grado para optar al título de Economista de la Pontificia Universidad Javeriana.

Neven, N. y Thisse, J-F. (1989). On Quality and Variety Competition. *CORE Discussion paper*, 1989020.

Olivera, M., *et al.* (2011). El impacto del transporte aéreo en la economía colombiana y las políticas públicas. *Cuadernos de Fedesarrollo*, 34.

Peña, J. (2001). ¿Qué tan poderosas son las aerolíneas colombianas? Estimación de poder de mercado en las rutas nacionales. *Archivos de Economía*, 155.

Salop, S. (1979). Monopolistic Competition with Outside Goods. *The Bell Journal of Economics*, 10, 141-156.

Shaked, A. y Sutton, J. (1982). Relaxing Price Competition Through Product Differentiation. *Review of Economic Studies*, 69, 3-13.

Singh, N. y Vives, X. (1984). Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly. *The RAND Journal of Economics*, 15(4), 546-554.

Tirole, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC). Parte Tercera.

_____. (1994). Resolución 0291 de 1994. Diario Oficial No. 50.560 de 3 de marzo de 1994.

_____. (2007). Resolución 3299 de 2007. Diario Oficial No. 46.692 de 17 de julio de 2007.

_____. (2012-15). Estadísticas: Operacionales, Financieras y de Calidad del Servicio. Recuperado de <https://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Estadisticas/Paginas/Inicio2.aspx>.

9 Anexos

Anexo A: Resultados de la estimación modelo logit para la ruta Bogotá-Barrancabermeja

```
gmm (delta - {b1}*ldemora-{b2}*lsillas-{b3}*lnpreciomiles-{b4}*lindice), instruments(empresarial marketshareaero lf mean_
> t trm gasol nmerodevuelos ava lun mar mie jue vie) wmatrix(robust)
```

Step 1

Iteration 0: GMM criterion Q(b) = 10.118726

Iteration 1: GMM criterion Q(b) = .12052187

Iteration 2: GMM criterion Q(b) = .12052187

Step 2

Iteration 0: GMM criterion Q(b) = .1452703

Iteration 1: GMM criterion Q(b) = .13799955

Iteration 2: GMM criterion Q(b) = .13799955

GMM estimation

Number of parameters = 4

Number of moments = 14

Initial weight matrix: Unadjusted

Number of obs = 1304

GMM weight matrix: Robust

	Robust					
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
{b1}	-.0651543	.0557134	-1.17	0.242	-.1743504	.0440419
{b2}	1.088795	.0521188	20.89	0.000	.9866436	1.190946
{b3}	-1.245132	.0609747	-20.42	0.000	-1.36464	-1.125624
{b4}	.4121424	.1526372	2.70	0.007	.1129789	.7113059

Instruments for equation 1: empresarial marketshareaero lf mean_t trm gasol nmerodevuelos ava lun mar mie jue vie _cons

Anexo B: Resultados de la estimación modelo logit para la ruta Medellín-Bucaramanga

ivregress gmm delta lindice ldemora lsillas (ltarifa=lf mean_t efy nmerodevuelos empresarial), nocons

Instrumental variables (GMM) regression Number of obs = 978
 Wald chi2(4) = .
 Prob > chi2 = .
 R-squared = .
 GMM weight matrix: Robust Root MSE = .56938

```
-----+-----
      |           Robust
delta |   Coef. Std. Err.   z   P>|z|   [95% Conf. Interval]
-----+-----
ltarifa | -0.4377194 0.0094993 -46.08 0.000  -0.4563378 -0.4191011
lindice | 0.224134 0.0450533 4.97 0.000  0.1358311 0.3124369
ldemora | -0.1158827 0.0163354 -7.09 0.000  -0.1478995 -0.0838659
lsillas | 0.4982277 0.0231891 21.49 0.000  0.4527779 0.5436776
-----+-----
```

Instrumented: ltarifa

Instruments: lindice ldemora lsillas lf mean_t efy nmerodevuelos
 empresarial

Anexo C: Resultados de la estimación modelo logit para la ruta Bogotá-Cartagena

ivregress gmm delta lindice ldemora (ltarifa lsillas=lf empresarial vie lun lmeant ava COPA nmerodevuelos), nocons

Instrumental variables (GMM) regression Number of obs = 3734

Wald chi2(4) = .

Prob > chi2 = .

R-squared = .

GMM weight matrix: Robust Root MSE = .57279

	Robust					
delta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ltarifa	-.5947747	.0346302	-17.18	0.000	-.6626486	-.5269008
lsillas	.7731554	.0863005	8.96	0.000	.6040096	.9423013
lindice	.184215	.04837	3.81	0.000	.0894116	.2790183
ldemora	.025641	.0085771	2.99	0.003	.0088301	.0424519

Instrumented: ltarifa lsillas

Instruments: lindice ldemora lf empresarial vie lun lmeant ava COPA
nmerodevuelos