CALCULO DE LAS ECONOMIAS DE DIVERSIDAD ESPACIAL PROVOCADAS POR LA EXPANSION DE REDES DE TRANSPORTE

Leonardo J. Basso, Sergio R. Jara-Díaz
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile
Casilla 228-3, Santiago, Chile
e-mail: lbasso@ing.uchile.cl, jaradiaz@ing.uchile.cl

RESUMEN

El efecto en los costos de las firmas de transporte, producido por la expansión de las redes servidas, ha sido analizado, usualmente, a través del cálculo de economías de escala con red variable (*RTS*) a partir de funciones de costo estimadas econométricamente. Sin embargo, se ha mostrado que *RTS* adolece de severos problemas que invalidan su uso para este análisis y en general para el estudio de estructura industrial en transporte, provocados por la forma en que se usan los agregados que describen el producto para calcularlo. Al reconocer que el producto real de una firma de transporte es un vector de flujos origen destino, se hace evidente que lo que *RTS* intenta capturar como un fenómeno de escala en realidad está relacionado con diversidad (*scope*), esto es, con la incorporación de nuevos productos asociada a la expansión de una red de transporte. En este artículo desarrollamos un método para calcular economías de diversidad espacial a partir de funciones de costo con producto agregado. Este método permitirá un correcto análisis econométrico del efecto en costos tras una expansión o contracción de la red servida, rescatando así la intención original tras el análisis con *RTS*. A modo de ilustración, aplicamos el método a un artículo publicado sobre la industria aérea. Concluimos que el método funciona bien y que, usado en conjunto con un cálculo estricto de economías de escala en actividades de transporte (economías de densidad corregida), permite una mejor explicación del comportamiento observado en la industria.

1. INTRODUCCION

Cuando una variable de red es incluida en la estimación de una función de costo de transporte, los estudios empíricos sobre estructura industrial distinguen entre retornos a densidad (*RTD*) y retornos a escala (*RTS*). En el primero se asume la red fija cuando el producto crece (aumento de densidad), mientras que en el segundo la red crece también (incremento del producto y aumento de la red, a densidad constante). Consecuentemente, *RTD* es calculado como el inverso de la suma de las elasticidades costo-producto, mientras que en *RTS* la elasticidad de la red es incorporada a la suma. Varios estudios empíricos sobre la industria aérea (donde el número de puntos servidos, *PS*, es usualmente el descriptor de red) han reportado la existencia de retornos crecientes a densidad y retornos constantes a escala[1]. Esto indicaría que existen ventajas en costos por aumentar la densidad de tráfico en las redes pero no por operar redes más grandes. El comportamiento observado en la industria, sin embargo, ha sido diferente: tras la desregulación, primero en EE.UU. y luego en el resto del mundo, la concentración de la industria y los tamaños de las redes servidas se han incrementado a través de fusiones, alianzas y adquisiciones. Los esfuerzos de las firmas por aumentar sus redes –en aparente contradicción con los retornos constantes a escala– provocó que algunos autores reexaminaran los métodos usados para calcular economías de escala (e.g. Gagné, 1990; Ying, 1992; Xu *et al*., 1994 y Oum y Zhang, 1997).

Jara-Díaz y Cortés (JDC, 1996) propusieron una mirada diferente a economías de escala. Hicieron notar que, por necesidad, las funciones de costo estimadas son especificadas en términos de agregados $\widetilde{Y} = \{\widetilde{y}_h\}$ que representan productos y atributos como toneladas kilómetro, asientos kilómetro, distancia media o factor de carga. Tras estos agregados, sin embargo, yace el producto real de una firma de transporte, el vector $Y = \{y_{ij}^{kt}\}$ de flujos de tipo de carga *k* entre orígenes *i* y destinos *j* en períodos *t*. JDC hacen notar que no poder usar *Y* en el trabajo empírico debido a su tamaño, no significa que uno deba abandonar esta definición cuando se usa una función de costo estimada para hacer inferencias económicas. Dado que con economías de escala se analiza el comportamiento de los costos ante expansiones proporcionales del vector de producto, un cálculo correcto de economías de escala en transporte estará relacionado con un incremento proporcional de todos los flujos en *Y*. Esto podrá ser analizado con una función de costo estimada $\widetilde{C}(\widetilde{Y})$, examinando el comportamiento de los agregados $\widetilde{y}_h$ cuando *Y* varía. Si los agregados pueden ser descritos como funciones de *Y*, i.e. $\widetilde{y}_h \equiv \widetilde{y}_h(Y)$, entonces $\widetilde{C}(\widetilde{Y}) \equiv \widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y)\right)$. Calculando escala en términos de las elasticidades del costo con respecto a *Y*, Jara-Díaz y Cortés derivaron un método para un cálculo internamente consistente del grado de economías de escala.

Oum y Zhang (1997) señalaron correctamente que, dado que el método de JDC para economías de escala no considera variaciones de la red, este es, en rigor, un mejoramiento del indicador *RTD* usado en la literatura de economía de transporte. ¿Qué ocurre con *RTS*? La óptica de JDC –considerar $\widetilde{Y}$ en términos de *Y*– probó ser útil en este caso también. Por una parte Jara-Díaz, Cortés y Ponce (2001) muestran que un aumento en el tamaño de la red esta asociado con un aumento en el número de productos (flujos OD) y, por lo tanto, las variables de red están

[1] Por ejemplo, Caves, Christenesen y Tretheway (1984), Kirby (1986), Gillen, Oum y Tretheway (1990), Kumbhakar (1992), Keeler y Formby (1994) y Baltagi, Griffin y Rich (1995)

relacionadas con economías de diversidad. Por otro lado, Basso y Jara-Díaz (2002) muestran, analíticamente, que con *economías de escala con red variable*, *RTS*, no se puede identificar correctamente los efectos en costos de la expansión de redes. Esto se debe, en parte, a la definición de densidad usada en el supuesto de densidad constante, que luce razonable en términos de $\widetilde{Y}$, pero que no lo es al considerar Y. Por lo tanto, es necesario un método para analizar la conveniencia de expansiones (o reducciones) de las redes a partir de funciones de costo estimadas. Creemos que el modo correcto es calculando economías de diversidad espacial.

En este artículo, proponemos un método basado en combinar el enfoque de función implícita de JDC con una nueva definición de densidad que, por una parte, es consistente con el vector real de producto Y, y que, por otra, puede ser asumida constante cuando se analice la expansión de las redes. Rescatamos así la intención original del análisis con *RTS*: ¿es conveniente para una firma incrementar su producción a través de una expansión de su red, manteniendo la densidad constante? Mostramos la aplicabilidad del método y su potencial para explicar la estructura de las industrias de transporte usando información de un artículo de la literatura.

2. EL METODO

En la teoría multiproductiva (Baumol, Panzar y Willig, 1982), el grado de economías de escala S refleja el efecto en los costos de una expansión proporcional de todos los productos. Las economías de diversidad, por su parte, se relacionan con la conveniencia (o inconveniencia) de producir conjuntamente dos grupos de productos. Si $C(Y)$ representa una función de costos donde los precios de insumos son omitidos por simplicidad, el grado de economías de diversidad, *ED,* se calcula como

$$ED_A = ED_B = \frac{C(Y^A) + C(Y^B) - C(Y^D)}{C(Y^D)} \tag{1}$$

donde D es el conjunto de todos los productos, $A \cup B = D$ y $A \cap B = \emptyset$ (i.e. A y B conforman una partición ortogonal de D). Y^A es el vector Y^D pero con $y_i = 0$, $\forall\ i \notin A \subset D$; Y^B es definido análogamente. Luego, un valor negativo para ED_A indica que es mas barato que una segunda firma produzca Y^B a expandir la línea de producción de una firma que ya esta produciendo Y^A. Si ED_A es positivo entonces resulta mas barato que una sola firma produzca todo (Y^D). Es fácil ver que ED_A debe pertenecer al intervalo [-1;1].

Enfatizando la dimensión espacial del producto en el caso de transporte, con S se analiza el comportamiento de los costos ante expansiones proporcionales de los flujos OD manteniendo el numero de pares OD constante, mientras que con ED se analizan los costos cuando se incorpora nuevos pares OD (Basso y Jara-Díaz, 2002). Así, en el contexto de redes variables, diversidad espacial permite analizar si es conveniente que una cierta firma A, que sirve PS^A nodos y potencialmente $PS^A \cdot (PS^A - 1)$ flujos OD, expanda su red a PS^D nodos –sirviendo $PS^D \cdot (PS^D - 1) - PS^A \cdot (PS^A - 1)$ nuevos flujos– o si es más conveniente que otra firma lo haga. Un ejemplo con la firma A sirviendo dos nodos (Fig. 1) es analizado en Jara-Díaz y Basso (2003) desde una perspectiva tecnológica, quienes obtienen una expresión explícita para la fórmula (1).

[A] $Y^A = \{y_{12}; y_{21}; 0;0;0;0\}$ **[B]** $Y^B = \{0;0; y_{13}; y_{31}; y_{23}; y_{32}\}$ **[D]** $Y^D = \{y_{12}; y_{21}; y_{13}; y_{31}; y_{23}; y_{32}\}$

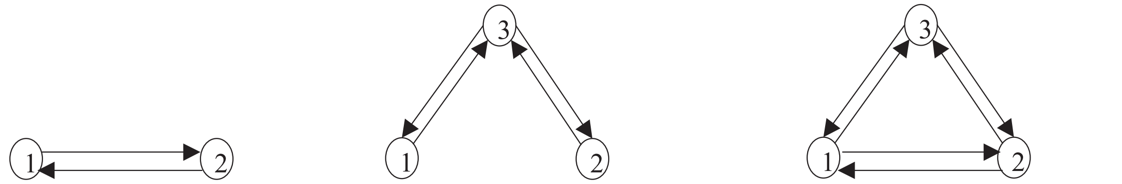

Figura 1: Tamaño de Red Variable y Diversidad Espacial

Para la estimación empírica de funciones de costo de transporte, el uso de descripciones agregadas del producto es una necesidad, lo que implica que la magnitud de los flujos en cada par OD no es conocida. Por esto, sólo en contadas ocasiones un cálculo de *ED* usando directamente la fórmula (1) será factible (un ejemplo es Jara-Díaz, 1988). Sin embargo, muchos agregados $\widetilde{y}_h$ son funciones implícitas de *Y* (JDC, 1996); en este caso, aun cuando los vectores de producto (desagregado) Y^A, Y^B e Y^D no fuesen conocidos, *ED* podría ser calculado correctamente si los agregados correspondientes, i.e. $\widetilde{Y}(Y^A)$, $\widetilde{Y}(Y^B)$ e $\widetilde{Y}(Y^D)$, fuesen conocidos y una función de costo $\widetilde{C}(\widetilde{Y}, PS)$ estuviese disponible (Jara-Díaz, Cortés y Ponce, 2001). Analíticamente

$$ED_A = ED_B = \frac{\widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y^A), PS^A\right) + \widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y^B), PS^B\right) - \widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y^D), PS^D\right)}{\widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y^D), PS^D\right)} \tag{2}$$

donde $PS^D = PS^B > PS^A$ (ver figura 1). Nótese que los argumentos de $\widetilde{C}(\widetilde{Y}, PS)$ en (2) no están evaluados en cero, contrariamente a lo que ocurría con $C(\cdot)$ en (1). Esto ocurre porque los agregados (como pasajeros totales o toneladas kilómetro) no se anulan cuando algunos flujos OD son cero como en Y^A o Y^B. Aun más, pese a que Y^B e Y^D estén asociados al mismo número de puntos servidos, el número de flujos OD es diferente por lo que las descripciones agregadas del producto serán diferentes, i.e. $\widetilde{Y}(Y^B) \neq \widetilde{Y}(Y^D)$ y $\widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y^B), PS^B\right) < \widetilde{C}\left(\widetilde{Y}(Y^D), PS^D\right)$ (Jara-Díaz, Cortés y Ponce, 2001).

Para calcular economías de diversidad espacial a partir de una función de costos agregada usando (2), se debe notar que *ED* será evaluado en algún punto $(\widetilde{Y}^A; PS^A)$, el que puede o no coincidir con una firma real. Como se muestra explícitamente en (2), el vector de agregados $\widetilde{Y}^A$ es generado por un vector de flujos Y^A. Por ejemplo, si en $\widetilde{Y}$ se considera toneladas (*T*), toneladas kilómetro (*TK*) y/o distancia media (*DM*), se tiene que

$$T^A = \sum_{ij} y_{ij}^A \qquad TK^A = \sum_{ij} y_{ij}^A \cdot d_{ij} \qquad DM^A = \sum_{ij} y_{ij}^A \cdot d_{ij} \Big/ \sum_{ij} y_{ij}^A \tag{3}$$

donde d_{ij} es la distancia recorrida por el flujo y_{ij} entre el origen *i* y el destino *j*. Luego, aunque el valor de cada y_{ij} permanezca oculto tras los agregados (conocidos), sabemos que las ecuaciones en (3) son satisfechas. PS^D es conocido puesto que estamos analizando una expansión de la red de PS^A a PS^D, mientras que PS^B es igual a PS^D por construcción. Lo que no es conocido en (2) es $\widetilde{Y}(Y^B)$ –representación agregada del vector de productos que contiene los flujos que se incorporan con la expansión de la red– e $\widetilde{Y}(Y^D)$ –representación agregada del vector de productos que contiene tanto los flujos originalmente servidos, y_{ij}^A, como los incorporados. Algún supuesto razonable debe realizarse respecto de la magnitud de los flujos agregados tras la expansión de la red de modo de asignar valores a los agregados en $\widetilde{Y}(Y^B)$ e $\widetilde{Y}(Y^D)$, dado $(\widetilde{Y}^A; PS^A)$. Aquí es donde la intención tras *RTS* puede ser rescatada.

El supuesto tras el cálculo de economías de escala con red variable, *RTS*, es que la *densidad* no cambia. *Densidad* es entendida como la razón entre aquellos agregados cuya elasticidad fue considerada en el cálculo y la variable de red (*PS* en este caso). Es claro que el supuesto de *RTS* es hecho sobre el producto agregado y no sobre el producto real *Y*. Basso y Jara-Díaz (2002) muestran que lo que parece ser un supuesto razonable en $\widetilde{Y}$ induce restricciones analíticas poco razonables en los nuevos flujos (i.e. aquellos en Y^B), que impiden un correcto análisis de estructura industrial. Para evitar estos problemas, los supuestos necesarios para estudiar el impacto en costos de una expansión de red debiesen ser hechos sobre el vector de producto real. Por esto, proponemos redefinir densidad en forma consistente con una descripción rigurosa del producto y que permite superar los problemas tras *RTS*, **realizando el cálculo de economías de diversidad espacial mediante la ecuación (2), suponiendo que el flujo origen destino promedio de cada tipo de carga se mantiene constante tras la expansión de la red.** De este modo, la intención original de *RTS* –aumento de la producción con red variable y densidad constante– es rescatada, pero la nueva definición de densidad es aplicada al indicador más adecuado para estudiar la conveniencia de incorporar nuevos productos: economías de diversidad. Definimos el indicador agregado de densidad para el tipo de carga *k* (IAD_k) como

$$IAD_k = \frac{\sum_i \sum_j y_{ij}^k}{NOD} \tag{4}$$

donde y_{ij}^k es el flujo del tipo de carga *k* entre el origen *i* y el destino *j* y *NOD* es el número total de pares origen destino servidos. El mantener *IAD* constante cuando calculemos economías de diversidad espacial usando (2), nos permitirá derivar analíticamente valores para los componentes de $\widetilde{Y}^B$ e $\widetilde{Y}^D$. Nótese que el numerador de (4) es toneladas totales *T* o total de pasajeros *P*, según *k* denote carga o personas respectivamente. Nótese también que un incremento equiproporcional de todos los flujos en todos los pares OD (que es lo que está tras la noción estricta de escala), genera un aumento, en la misma proporción, de IAD_k. Luego, bajo esta definición de densidad, la equivalencia entre escala desagregada y economías de densidad es evidente y transparente.

¿Cómo se aplica esto a una función de costo estimada? Aunque este es un enfoque general, es mejor ilustrarlo con un ejemplo específico. Consideramos una función de costos agregada $\widetilde{C}(TK, DM, PS)$. Quisiéramos estudiar si una cierta firma *A*, cuyos costos están dados por $\widetilde{C}(TK^A, DM^A, PS^A)$, tiene incentivos para aumentar el tamaño de su red servida a densidad (*IAD*) constante. En otras palabras, si es conveniente para la firma *A* conectar nuevos nodos (aeropuertos), suponiendo que los flujos origen destino incorporados tienen, en promedio, la misma magnitud que los que ya sirve. El nuevo tamaño de red es PS^D, el costo incremental de servir estos nuevos flujos es $\widetilde{C}(TK^D, DM^D, PS^D) - \widetilde{C}(TK^A, DM^A, PS^A)$, y el costo de producir los nuevos flujos con otra firma es $\widetilde{C}(TK^B, DM^B, PS^B)$. Entonces, lo que debe calcularse es

$$ED_A = \frac{\widetilde{C}(TK^A, DM^A, PS^A) + \widetilde{C}(TK^B, DM^B, PS^B) - \widetilde{C}(TK^D, DM^D, PS^D)}{\widetilde{C}(TK^D, DM^D, PS^D)} \tag{5}$$

En (5) sólo conocemos TK^A, DM^A y PS^A, que indican el punto donde se evaluará el grado de economías de diversidad espacial. El valor de PS^D dependerá del incremento de la red que se quiera estudiar, e.g. uno o cinco nodos. Dado que el análisis de *RTS* es marginal, consideraremos un incremento de la red en un nodo, por lo que $PS^D = PS^A + 1$. Otras expansiones pueden analizarse incrementalmente. Supondremos que las firmas *A* y *D* sirven todos sus pares OD, i.e.

$$NOD^A = PS^A \cdot (PS^A - 1) \qquad NOD^D = PS^D \cdot (PS^D - 1) = PS^A \cdot (PS^A + 1) \tag{6}$$

Como *DM* es el cuociente entre *TK* y *T* (ecuaciones 3), el *IAD* antes de la expansión de la red es

$$IAD^A = \frac{T^A}{NOD^A} = \frac{TK^A}{DM^A \cdot NOD^A} \tag{7}$$

mientras que el indicador agregado de densidad después de la expansión está dado por una expresión similar a (7), pero considerando los valores de *D* en vez de los de *A*. Densidad constante implica igualar IAD^A con IAD^D. Haciendo esto y reemplazando (6) obtenemos

$$TK^D = TK^A \cdot \frac{DM^D}{DM^A} \cdot \frac{PS^A + 1}{PS^A - 1} \tag{8}$$

La ecuación (8) muestra que asignar un valor a TK^D requiere una estimación de la (eventual) variación de la distancia media tras la incorporación de un nuevo nodo (DM^D). Nótese que, la condición de densidad constante (*IAD*) no tiene implicancias sobre las distancias recorridas. Esto es consistente con una visión desagregada del producto puesto que la estructura de rutas –y por lo tanto la distancia media– son el resultado de decisiones operacionales endógenas que dependen no sólo de la magnitud de los flujos sino también de la topología de la red (Jara-Díaz y Basso, 2003). De hecho, la literatura en funciones de costo con producto agregado ofrece alternativas explícitas para la forma de la variación de *DM* ante cambios en la red. Una de ellas es que no cambia, que es un supuesto fuerte explícita o implícitamente hecho en varios artículos donde *RTS* es calculado (e.g. Kumbhakar, 1992), pero también es posible estimar empíricamente una función $DM = h(PS)$ si la información lo permite (Oum y Zhang, 1997). Obviamente, ambas alternativas para DM^D pueden ser exploradas.

El próxima paso es obtener los valores de TK^B y DM^B. El primero puede calcularse como

$$TK^B = \sum_{ij} y_{ij}^B \cdot d_{ij} = \sum_{ij} y_{ij}^D \cdot d_{ij} - \sum_{ij} y_{ij}^A \cdot d_{ij} = TK^D - TK^A \tag{9}$$

lo que implica que las distancias recorridas por los flujos originales (servidos por *A*) no cambian tras la incorporación del nuevo nodo. Dado que la estructura de rutas es una decisión endógena, estas distancias podrían variar. Por supuesto la igualdad $T^B = T^D - T^A$ es no ambigua. Una vez calculado TK^B, la distancia media respectiva se obtiene como

$$DM^B = \frac{TK^B}{T^B} = \frac{TK^B}{T^D - T^A} \quad \Rightarrow \quad DM^B = \frac{TK^B}{\dfrac{TK^D}{DM^D} - \dfrac{TK^A}{DM^A}} \tag{10}$$

Nótese que la ecuación (10) para DM^B es válida en general, independientemente de cómo se obtenga DM^D. Evidentemente, $DM^D = DM^A \Rightarrow DM^B = DM^A$.

En resumen, el método puede ser descrito como una secuencia que descansa en la disponibilidad de una función de costos estimada, en este caso $\widetilde{C}(TK, ALH, PS)$. Para calcular el grado de economías de diversidad espacial para una firma *A* que produce TK^A toneladas kilómetro, conectando PS^A nodos, con una distancia media DM^A, se debe realizar los siguientes cálculos

(a) $$PS^D = PS^A + 1$$

(b) $$PS^B = PS^A + 1$$

(c) $$DM^D = h(PS^D) \text{ o } DM^D = DM^A$$

(d) $$TK^D = TK^A \cdot \frac{DM^D}{DM^A} \cdot \frac{PS^A + 1}{PS^A - 1}$$

(e) $$TK^B = TK^D - TK^A$$

(f) $$ALH^B = \frac{TK^B}{\dfrac{TK^D}{DM^D} - \dfrac{TK^A}{DM^A}}$$

y luego evaluar la ecuación (5). Evidentemente, otros agregados requerirían otra secuencia y cálculos específicos, e.g. el uso de pasajeros kilómetro implicaría que PK^D y PK^B debiesen ser calculados a partir de PK^A, considerando la distancia media del servicio de pasajeros en vez de la de carga. Aunque un análisis caso a caso es necesario para diferentes agregados y atributos, la clave consiste en estudiar, analíticamente, su comportamiento bajo el supuesto de *IAD* constante.

El grado de economías de diversidad espacial calculadas con el método propuesto tiene un objetivo central: investigar si una firma tiene incentivos en costos para expandir el tamaño de su red. Esto, en conjunto con el grado de economías de escala desagregada –equivalente a *RTD*– permitirá realizar un correcto análisis de la estructura óptima de la industria, considerando tanto densidad (nivel de producción) como tamaño de red. En la siguiente sección presentamos, sintéticamente, la aplicación del método a un estudio publicado sobre la industria aérea canadiense, a modo de ilustración.

3. APLICACION METODOLOGICA

El artículo que seleccionamos para ilustrar la metodología propuesta es el trabajo de Gillen *et al.* (1990). Escogimos este trabajo por cuatro razones: primero, uno de los objetivos declarados por los autores es, precisamente, analizar economías de escala con red variable (*RTS*) en un caso con grandes diferencias en los tamaños de las aerolíneas, para comparar las pequeñas con las mayores. Segundo, la función de costos estimada considera agregados y atributos que permitirán una aplicación bastante directa del método presentado. Tercero, el trabajo econométrico es sólido, lo que facilita el análisis. Por ultimo, el cálculo de *RTD* es una correcta estimación del grado de economías de escala desagregado, de acuerdo con el método Jara-Díaz y Cortés (1996).

Gillen *et al.* estiman una función de costos de largo plazo –usando una especificación *translog* desviada en torno a la media– a partir de un pool de datos con información anual de seis aerolíneas regionales y transcontinentales de Canadá, entre 1964 y 1980. El vector de producto agregado incluye pasajeros kilómetro, *PK*, toneladas kilómetro, *TK* y toneladas kilómetro en servicios de chárter incluyendo pasajeros y carga, *AGR* (nuestra notación). El único atributo considerado es la distancia media para pasajeros, *DM*, mientras que el descriptor de red es *PS*. [2]

Por simpleza, aplicamos nuestro método sólo a tres de las seis firmas: Air Canada, la más grande, y las relativamente pequeñas Nordair y Quebecair. La tabla 1 contiene los valores reportados de agregados, atributo y red, así como los resultados para *RTD* y *RTS* (calculado a *DM* constante).

Tabla 1
Producciones, Retornos a Densidad y Retornos a Escala en 1980

	Air Canada	Nordair	Quebecair	Mean 1980
PS	59	21	23	32.667
PK (millones)	23767	703	290	6028.167
TK (millones)	559	23.84	3.42	142.373
AGR (millones)	83.85	61.09	27.36	59.947
DM	1114	528	273	1133.632
RTD	1.147	1.263	1.209	1.211
RTS	0.881	1.147	0.993	0.971

Fuente: Gillen *et al.* (1990)

Las conclusiones de los autores son las siguientes:
1) Se observa importantes retornos crecientes a densidad *(RTD*) en todo punto. Las economías de densidad de tráfico son mayores para las firmas pequeñas (Nordair y Quebecair) que para las grandes (Air Canada).
2) Retornos constantes a tamaño de red (*RTS*) dominan la industria, excepto en los casos de Air Canada y Nordair, que exhiben retornos decrecientes y crecientes respectivamente (que es la principal razón por la cual estas firmas en particular fueron seleccionadas para la aplicación).
3) Las firmas pequeñas tienen un costo unitario mayor que Air Canada, lo que es consistente con la consolidación observada de firmas regionales en una sola.
4) El resultado de retornos constantes a tamaño de red/firma sugiere que firmas con redes pequeñas no debiesen tener desventajas en costos si, sin expandir sus redes, alcanzan densidades de trafico similares a las de las firmas mas grandes (Air Canada).

Para tener una visión clara de las firmas que analizaremos mediante *ED*, calculamos el índice agregado de densidad *IAD* para cada firma y para cada tipo de servicio. Para hacer esto, los agregados *PK, TK* y *AGR* deben ser transformados a unidades físicas, lo que requiere

[2] Inicialmente consideraron también el factor de carga de pasajeros y el número de asientos por vuelo, pero resultaron ser estadísticamente insignificantes. *PK* y *DM* son usados en un indicador hedónico de producto (Spady y Friedlaender, 1978), lo que complica levemente los cálculos pero no cambia lo esencial de la aplicación.

información acerca de las distancias medias respectivas (como en la ecuación 7). Como estas no son conocidas para carga ni para servicios de chárter, la distancia media del servicio de pasajeros fue usada como proxy en todo los casos. Los resultados son reportados en la tabla 2. Puede observarse que Air Canada no sólo tiene un mayor tamaño de red (casi tres veces mas puntos servidos) sino que además posee una mayor densidad en sus servicios de pasajeros y carga (no así en el servicio de chárter que aparece como una actividad menor de esta aerolínea, en contraste con lo que ocurre con las aerolíneas pequeñas).

Como se explicó en la sección 2, al aplicar el método se puede asumir que la distancia media permanece constante ante aumentos de la red o se puede examinar su variación con *PS* empíricamente. Dado que no contamos con información detallada, estimamos una relación gruesa, basada en la información reportada para las seis firmas en 1980, obteniendo una elasticidad de la distancia media con respecto al numero de puntos servidos de 0.732 (Oum y Zhang reportan una elasticidad de 0.461). Usando una aproximación lineal de esta elasticidad y la secuencia de cálculos presentada en la sección anterior, calculamos el grado de economías de diversidad espacial. La tabla 2 contiene los resultados [3].

Tabla 2
Índices Agregados de Densidad y Economías de Diversidad Espacial

	Air Canada	Nordair	Quebecair
PS	59	21	23
IAD_Pax	6.23E-03	3.17E-03	2.10E-03
IAD_Carga	1.47E-04	1.08E-04	2.48E-05
IAD_Chárter	2.20E-05	2.75E-04	1.98E-04
ED	**-0.00445**	**0.25234**	**0.39851**

Fuente: propia

Los resultados obtenidos para *ED* son interesantes. Por una parte, todos se insertan en el rango teórico [-1;1]. Por otro lado, los resultados muestran que la firma grande (Air Canada) ya ha alcanzado su tamaño de red óptima (*ED* prácticamente 0), en tanto las firmas pequeñas presentan economías de diversidad, lo que significa que tienen incentivos para expandir sus redes a densidad constante. Esto, independientemente de que las tres firmas tengan, además, ventajas en costos por aumentar la escala (desagregada) de la producción en una red fija (conclusión derivada de los valores de *RTD* presentados en la tabla 1).

Para visualizar de mejor manera el fenómeno, calculamos *ED* con el método propuesto para incrementos unitarios de *PS* hasta llegar a 100. Los valores obtenidos están representados en la figura 2. Es evidente que Air Canada ha alcanzado un tamaño óptimo de red, en tanto, las otras firmas van agotando sus economías de diversidad espacial a medida que sus redes aumentan. Dado que los valores representados fueron obtenidos manteniendo la nueva densidad (flujo OD promedio) constante, podemos concluir que las firmas de menor densidad no debiesen tener

[3] Los coeficientes de la función de costo *translog* están reportados en Gillen *et al.* (1990). Esta función está desviada en torno a la media de las observaciones, pero lamentablemente estos valores no fueron reportados por los autores. Por ende, para los cálculos usamos como proxies los valores de la media para 1980 (tabla 1). Dado que no contamos con la matriz de varianzas-covarianzas, no nos resultó posible calcular t-estadísticos. Información más detallada respecto de cálculos intermedios para la obtención de *ED* puede ser solicitada a los autores.

desventajas con respecto a firmas de mayor densidad, siempre que alcancen tamaños de red suficientemente grandes; este es el principal resultado de nuestra aplicación. La presencia de economías de diversidad es importante en sí porque, como muestran Jara-Díaz (1982) y Jara-Díaz y Basso (2003) usando una perspectiva tecnológica, pueden existir incentivos para fusión de firmas debido a economías de diversidad aun bajo retornos constantes a escala (densidad). Esto requeriría *RTD* = 1 y *RTS* > 1, lo que es analíticamente imposible (Basso y Jara-Díaz, 2002).

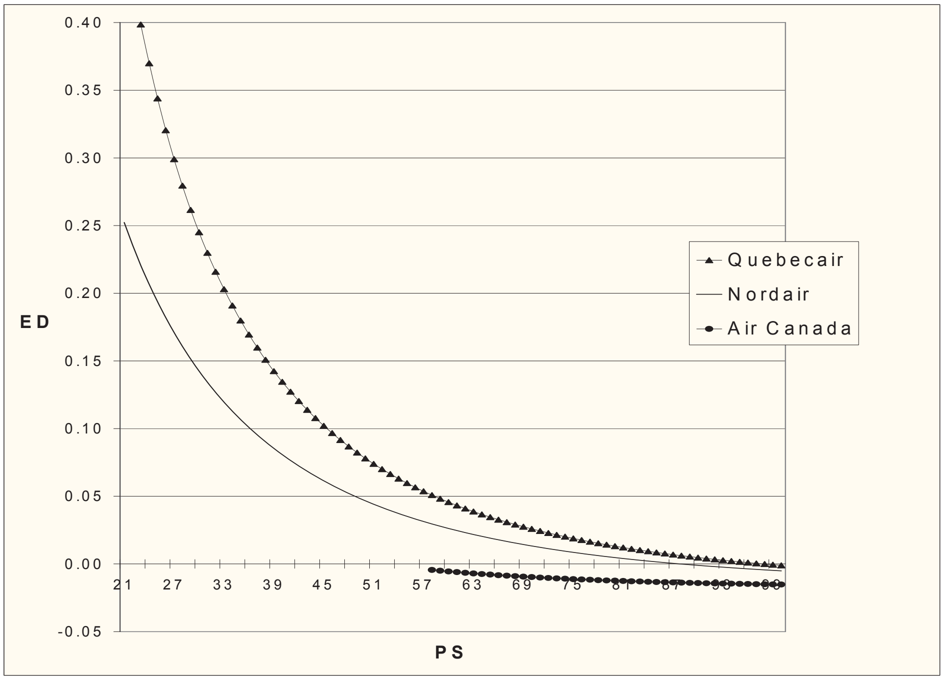

Figura 2: Economías de Diversidad Espacial en Función del Tamaño de Red.

Por ultimo, dos análisis aportan aun más claridad al resultado. Primero, aunque economías de escala y economías de diversidad representan dos maneras completamente diferentes de aumentar la producción, están relacionadas. En efecto la existencia de economías de diversidad favorece la de economías de escala y viceversa (Baumol, Panzar y Willig, 1982). Uno podría preguntarse entonces si los retornos crecientes a diversidad de las firmas de red pequeña no se deberán al hecho de que presentan retornos a densidad (escala) mayores que la firma de red más grande. Para explorar esto, comparamos las economías de diversidad espacial de firmas que tienen *IAD* similares pero diferentes *PS*. El procedimiento es sencillo: incrementamos los valores de *PK* y *TK* para Nordair y Quebecair de manera de alcanzar densidades similares a las de Air Canada en ambos servicios, manteniendo los niveles originales en los servicios de chárter dado que estos ya son mayores que los de Air Canada. En la tabla 3, se presentan los resultados para *ED* calculados de esto modo (ED_2). Puede observarse que, a densidades comparables, las firmas de redes mas pequeñas siguen mostrando retornos crecientes a diversidad espacial (tamaño de red), aunque menores que con las densidades originales (resultado consistente con la teoría). Esto reafirma la conclusión de que las firmas de redes pequeñas tienen incentivos a aumentar sus redes servidas, aún cuando tengan densidades comparables a firmas de redes más grandes. Finalmente, en esta aplicación se utilizó el enfoque de Oum y Zhang para la distancia media, esto es, el uso de una estimación econométrica para medir la variación de este atributo. Como se explicó, esta es una de las alternativas. Uno podría escoger calcular *ED* a distancia media constante, especialmente en casos como este en que la regresión puede no ser del todo sólida. En la tabla 3 presentamos este calculo (ED_3); el grado de economías de diversidad varia en 10% a lo sumo.

Tabla 3
Economías de Diversidad Espacial con Densidades Similares y *DM* Constante

	Air Canada	Nordair	Quebecair
ED	-0.00445	0.25234	0.39851
ED_2 (*IAD* similar)	-0,00445	0,17589	0,20295
ED_3 (*DM* constante)	-0,00466	0,23413	0,35667

Fuente: propia

En síntesis, la aplicación del método propuesto para calcular economías de diversidad espacial permite entregar una nueva interpretación a los procesos de fusión de firmas observados en esta industria: estos habrían ocurrido no sólo por la existencia de retornos crecientes a escala/densidad, sino además por la existencia de importantes retornos crecientes a diversidad espacial. Los procesos observados de consolidación de firmas regionales en una sola, serían una forma de aumentar no solo la densidad sino también los tamaños de las redes servidas. Esta explicación es particularmente atractiva en este caso, por cuanto, en el período en estudio, las redes de las firmas regionales no se superponían por decisión del órgano regulador.

4. COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

En el trabajo empírico con funciones de costo con producto agregado, los flujos OD son desconocidos. Por esto, el método planteado requirió un supuesto respecto de la magnitud de los nuevos flujos agregados tras la expansión de la red, i.e., el flujo OD promedio por tipo de carga (índice agregado de densidad *IAD*) se mantiene constante. Así, el método para economías de diversidad espacial rescata la idea tras *RTS* (expansión de producto y red a densidad constante), pero usando el indicador teóricamente correcto. Adicionalmente, la nueva definición de densidad hace aun más evidente la relación entre retornos a densidad en transporte y economías de escala.

La aplicación presentada cumplió el objetivo de ilustrar el potencial del método: conociendo información que va sólo un poco más allá de lo que es necesario para calcular *RTS*, el grado de economías de diversidad espacial puede ser estimado y conclusiones respecto del tamaño óptimo de las redes pueden ser obtenidas sin ambigüedad. Aunque las conclusiones específicas respecto de la estructura de la industria aérea Canadiense deben ser consideradas con cuidado por las aproximaciones realizadas y la falta de analisis estadístico –aspecto facilmente mejorable en trabajo futuro–, los resultados obtenidos son importantes pues permiten una explicación complementaria para los procesos de consolidación de firmas observados en las industria de transporte: explotación de retornos crecientes a diversidad espacial a través de la consolidación de redes. El método propuesto resalta la importancia y utilidad de ver los procesos de transporte en términos del producto real, aun cuando no se pueda trabajar empíricamente con esta noción.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por Fondecyt, proyecto 1010687 y el Núcleo Milenio "Sistemas Complejos de Ingeniería".

REFERENCIAS

Baltagi, B.H., Griffin, J.M. y Rich, D.P. (1995) Airline Deregulation: The Cost Pieces of the Puzzle, **International Economic Review, 36(1), p. 245-258**.

Basso, L.J. y Jara-Díaz, S.R. (2002) Requiem for Returns to Scale with Variable Network Size. **Working Paper, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile**.

Baumol, W.J., Panzar, J.C. y Willig, R.D. (1982) **Contestable Markets and the theory of Industry Structure**, Harcourt, Brace and Jovanovich, Nueva York.

Caves, D.W., Christensen, L.R. y Tretheway, M.W. (1984) Economies of Density versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Airline Costs Differ, **Rand Journal of Economics, 15, p. 471-489**.

Gagné, R. (1990) On the Relevant Elasticity Estimates for Cost Structure Analysis of the trucking Industry, **The Review of Economics and Statistics**, **72, p. 160-164**.

Gillen, D., Oum, T.H. y Tretheway, M. (1990) Airlines Cost Structure and Policy Implications, **Journal of Transports Economics and Policy, 24, p. 9-34**.

Jara-Díaz, S.R. (1988) Multioutput Analysis of Trucking Operations using Spatially Disagregated Flows, **Transportation Research B, 22, p. 159-171**.

Jara-Diaz, S.R. y Cortés, C. (1996) On the Calculation of Scale Economies from Transport Cost Functions, **Journal of Transport Economics and Policy, 30, p. 157-170**.

Jara-Díaz, S.R., Cortés, C. y Ponce F. (2001) Number of Points Served and Economies of Spatial Scope in Transport Cost Functions, **Journal of Transport Economics and Policy**, **35(2), p. 327-341**.

Jara-Díaz, S.R. y Basso, L.J. (2003) Transport Cost Functions, Network Expansion and Economies of Scope. **Transportation Research E, 39(4), p. 271-288**.

Keeler, J.P. y Formby, J.P. (1994) Cost Economies and Consolidation in the U.S. Airline Industry, **International Journal of Transport Economics, 21(1), p. 21-45**.

Kirby, M.G. (1986) Airline Economies of 'Scale' and the Australian Domestic Air Transport Policy, **Journal of Transport Economics and Policy**, **20(3), p. 339-352**.

Kumbhakar, S.C (1992) Allocative Distortions, Technical Progress and Input Demand in U.S. Airlines: 1970:1984, **International Economic Review**, **33(3), p. 723-737**.

Oum, T.H. y Zhang, Y. (1997) A Note on Scale Economies in Transport, **Journal of Transport Economics and Policy**, **31, p. 309-315**.

Spady, R. y Friedlaender, A.F. (1978) Hedonic Cost Functions For the Regulated Trucking Industry, **Bell Journal of Economics**, **9, p. 159-179**.

Xu, K., Windle, C. Grimm, C. y Corsi, T. (1994) Re-evaluating Returns to Scale in Transport, **Journal of Transport Economics and Policy**, **Septiembre, p. 275-286**.

Ying, J.S. (1992) On Calculating Cost Elasticities, **The Logistics and Transportation Review**, **28(3), p. 231-235**.